

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU
WYDAWNICTWA ROK SZEŚCZDZIESIĄTY

Przedpłata kwartalna 15 zł. przyjmuje Administracja i Pocztowa Kasa Oszczęd- ności na konto Nr. 515.	<p>Jednorazowych:</p> <p>Za jedną stronicę zł. 300.— „ pół strony „ 165.— „ ćwierć strony „ 90.— „ jedną ósmą „ 45.— „ jedną szesnastą „ 25.—</p>	<p>Ceny ogłoszeń:</p> <p>Ceny ogłoszeń w zeszytach specjalnych ustalane są każdorazowo.</p>
Przedpłata zagranicą 75 zł. rocznie „ „ 20 zł. kwart.		Dopłaty: za 1 str. okładki 100 proc., za IV str. okł. 50 proc., za zamówione miejsce na innych stronach 20 proc.
Cena zeszytu „ zł. 2.50 (Ceny zeszytów specjalnych są ustalane każdorazowo)		Ogłoszenia dla poszukujących pracy, nada- ne w Administracji, zł. 8 za 1/16 str.
Za zmianę adresu (znakami poczt.) 1 zł.		

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, ul. Czackiego Nr. 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników). Telefon Nr. 657-04.
Redakcja otwarta we wtorki, czwartki i piątki od godz. 8 do 8 i pół wieczorem. Administracja otwarta codziennie od godz. 9 rano do 7 wiecz.
Wejście do Redakcji i do działu prenumerat Administracji: — przez sieć główną budynku.

ŻĄDAJCIE
TRANSFORMATORÓW
24-WOLTOWYCH
120/24 V lub 220/24 V



FABRYKA APARATÓW
ELEKTRYCZNYCH
K. SZPOTAŃSKI i S^{KA}
WARSZAWA
Kałuszyńska Nr. 4.
Telefon 10-02-43.

W. BUDZIŃSKI **PORADY W ZAKRESIE:**
INŻYNIER - DORADCA
WARSZAWA, Smolna 25, Tel. 639-32. Od 2¹/₂ do 4¹/₂ popołudniu.

kotłów parowych i urządzeń kotłowych,
budowy kominów, obmurowań kotłów,
budowy pieców przemysłowych.

FARBY
NAJWIĘKSZA W POLSCE ZAŁ. W R. 1880 FABRYKA FARB I LAKIERÓW
W. KARPIŃSKI & W. LEPPERT.
WARSZAWA — JEROZOLIMSKA 30. OFERTY NA ŻĄDANIE.
LAKIERY

„WĘGIERSKA GÓRKA”

GÓRNICZA I HUTNICZA SPÓŁKA AKCYJNA

W WĘGIERSKIEJ GÓRCIE

POCZTA, TELEFON I STACJA KOLEJOWA WĘGIERSKA GÓRKA, POWIAT ŻYWIEC, MAŁOPOLSKA

Telefon: Nr. 2 i 5.

Telegramy: Odlewnia

wy r a b i a :

Rury i kształtki żeliwne

wodociągowe i gazowe, kielichowe i kołnierzowe o średnicy 40 mm do 1200 mm i długości użytecznej 2,5 do 5 m, według norm polskich i niemieckich.

Odlewy handlowe

jak płyty, ruszty, ramy, drzwiczki, piecyki i t. p.

Odlewy

budowlane i kanalizacyjne

Odlewy maszynowe wszelkiego rodzaju do 15 ton wagi.

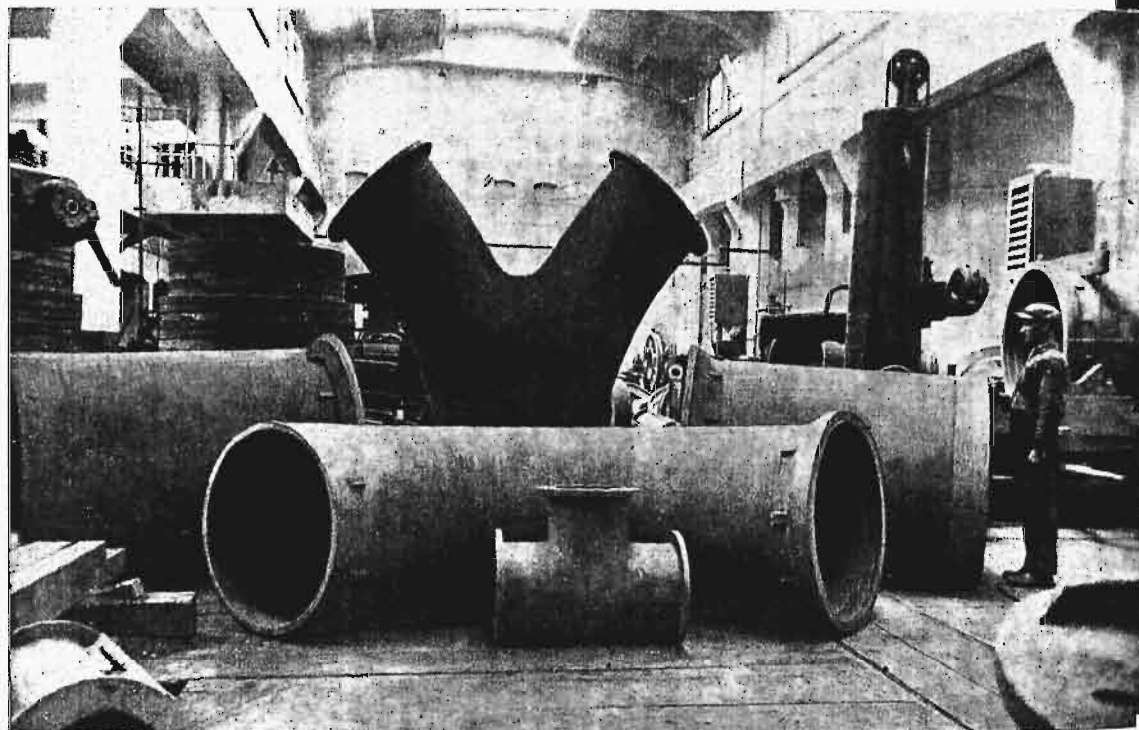
Odlewy kwasoodporne

Wlewnice (kokile) dla stalowni

Rury do ekonomizerów

Roczna sprawność produkcyjna Odlewni 24.000 ton rur i 8.000 ton innych odlewów.

J A K O Ś Ć O D L E W Ń W P I E R W S Z O R Z E D N A



Jedyna w Polsce odlewnia rur do pionowego odlewania urządzeń według najnowszych wymagań techniki

CASTOR

HYDROFUGE



PRZEDSIĘBIORSTWO BUDOWLANE
MAURYCJ KARSTENS

Warszawa, Koszykowa 7. Tel. 8-27-95.

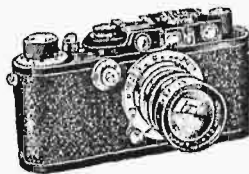
Kraków, Biuro „Kastor”. Rynek Kleparski Nr. 5. Tel. 102-18.

Wilno, Biuro Handl. M. Jankowski, S-to Jańska Nr. 9.

Katowice, inż. Stanisław Nitsch, Matejki Nr. 5.

Poznań, M. Czubek i S-ka, Gwarna Nr. 8. Tel. 32-12.

Lwów, Fabryka Gipsu Józefa Franz i Synowie Listopada Nr. 97. 5



Leica

miniaturowa kamera fotograficzna o niedoścignionej precyzji i najwyższej gotowości do zdjęć

Leica

dzięki wymiennym obiektywom o najwyższej korekcyi, wielkiej jasności (1:2) i dużym kącie (65°) umożliwia najtrudniejsze zdjęcia warsztatów i maszyn w ruchu, prac na budowach i t. p.

Leica

przy pomocy bardzo prostych przyborów pomocniczych umożliwia niezwykle tanie, masowe i produkcyjne rysunków, tablic, wykresów, planów i in.

Leica

to niezawodny dzienniczek, idealne narzędzie zarówno dla naukowca, jak i technika lub reportera.

Do nabycia w składnicach fotograficznych!

Obszerne katalogi T-34 na żądanie bezpłatnie!

ERNST LEITZ ZAKŁADY OPTYCZNE w WETZLAR

JENERALNA REPREZENTACJA:

WARSZAWA, UL. CHMIELNA 47a 5

89

Jest do odstąpienia patent względnie licencja z patentu polskiego firmy **PILKINGTON BROTHERS LIMITED** Nr. 10351 na: „Urządzenie do wyrobienia szlifowanych i polerowanych tafli szklanych”.

Wiadomość: Biuro „Par”. Warszawa, ulica Bracka 17 dla „Prawo”.

163

INŻYNIER-MECHANIK

zechce zgłosić swoją kandydaturę wraz z krótkim życiorysem i fotografią do Redakcji niniejszego pisma pod szyfrą „Fabryka maszyn i odlewnia żelaza”

161

Jest do odstąpienia patent, względnie licencja z patentu polskiego firmy **SOCIÉTÉ D'ETUDES DES TEXTILES NOUVEAUX** Nr. 7855 na: „Sposób i urządzenie do wytwarzania wyrobów błonnikowych o wyglądzie wełny lub nitki wełnianej”.

Wiadomość lub oferty: Biuro „Par”, Warszawa, ul. Bracka 17 dla „Prawo”.

164

Wakują stanowiska

dla kilku konstruktorów przyrządów i narzędzi zaznajomionych dokładnie z precyzyjną obróbką seryjną.

Tylko kandydaci z przynajmniej dwuletnią praktyką w tym dziale mogą reflektować na objęcie stanowisk. Zgłoszenia zaopatrzone w życiorys i odpisy świadectw należy składać pod numer 162 w administracji Przeglądu Technicznego.

162

Są do odstąpienia patenty, względnie licencje z patentów polskich firmy **THE LIBBEY OWENS SHEET GLASS CO**

Nr. 9134 na: „Urządzenie do szlifowania i polerowania szkła lustrzanego”.

Nr. 7272 na: „Sposób i urządzenie do szlifowania oraz polerowania szkła zwierciadlanego lub podobnego”.

Nr. 6454 na: „Sposób i urządzenie do samoczynnego doprowadzania środków szlifierskich i do polerowania w szlifierkach do płyt szklanych”.

Wiadomość: Biuro „Par”, Warszawa, ulica Bracka 17 dla „Prawo”.

165

ST. ROSENBERG

Warszawa, Towarowa 68

Telefony: 2-32-26, 649-43. Telegr. „Rostan”

OBRABIARKI DO METALI I BLACH

Metale: miedź, aluminium, nikiel i in.
Półfabrykaty metalowe

Gen. Przedstawiciel firm:

ALFRED HERBERT Ltd., COVENTRY

CRAVEN BROS Ltd., MANCHESTER

COVENTRY GAUGE & TOOL Co. Ltd., COVENTRY

H. W. KEARNS & Co Ltd., BROADHEATH

L. SCHULER A. - G., GÖPPINGEN

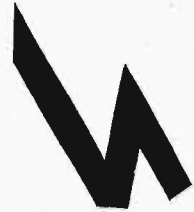
THE FELLOWS GEAR SHAPER Co., SPRINGFIELD (U. S. A.)

STOPY MATERJAŁÓW ELEKTRYCZNYCH OPOROWYCH



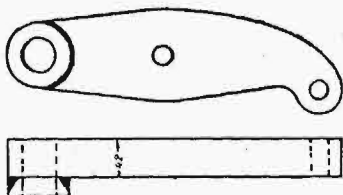
Przez wiele lat zajęci byliśmy produkcją drutów i taśm oporowych. Z naszego doświadczenia nabyliśmy znaczną ilość danych, które obecnie zostały zebrane i wydrukowane w naszej broszurze. Takie sprawy jak zwijanie w zwoje, mechanizm ogrzewania oporowego i t.d. są tam obszernie podane i szczegóły naszych materiałów oporowych BRIGTHRAY, GLOWRAY i DULLRAY są w niej również pomieszczone.

Bezpłatne egzemplarze tego wydawnictwa w języku angielskim, francuskim i niemieckim rozsyła



INŻ. WALERJAN WIŚNIEWSKI - WARECKA 15 - WARSZAWA - TEL. 5.02 30

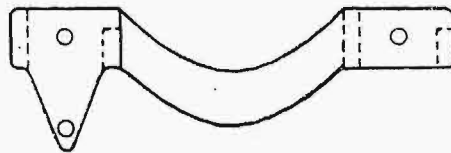
PRZEDSTAWICIEL NA POLSKĘ FIRMY HENRY WIGGIN & Co LTD. LONDYN



36 i 38%

oszczędności

uzyskano przy obróbce tych części na maszynie do cięcia płomieniem acetylenowo-tlenowym.

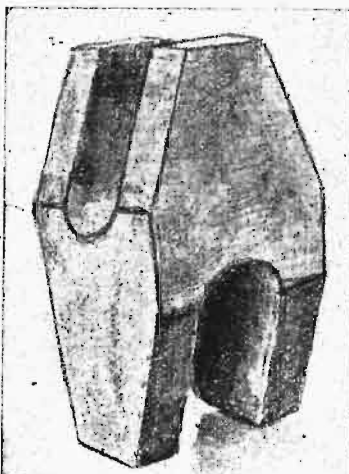


**SP. AKC.
PERUN**

Warszawa, Mazowiecka 7

MASZyny
PALNIKI

do cięcia tlenem



Maksymalna grubość cięcia—110 mm.
Czas całkowitej obróbki—15 minut.

PRZY

PLANOWANIU OBRÓBK

PAMIĘTAJCIE O ZALETACH

MASZYNOWEGO CIĘCIA TLENEM

DOKŁADNE WYKONANIE
MNIJSZY KOSZT.
KRÓTSZE TERMINY FABRYKACJI

DEMONSTRACJE NA ŻĄDANIE

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

Nr. 14

WARSZAWA, 11 LIPCA 1934 R.

Tom LXXIII

Od Redakcji

Zeszyt niniejszy poświęcamy, w znacznej jego części, obszernym i głęboko ujętym pracom nad zagadnieniami skrawania metali, które to prace zapoczątkował i częściowo wykonał ś. p. Profesor Henryk Mierzejewski, lecz których nie dane Mu było ani ukończyć, ani choć we fragmentach opublikować.

Na wstępie winniśmy tedy wyjaśnić, jak i dlaczego te prace dochodzą obecnie do druku.

Dnia 28 czerwca r. b. minęło 5 lat od chwili, gdy przedwczesna śmierć nieoczekiwanie przecięła piękną nić życia ś. p. Henryka Mierzejewskiego, gdy odszedł od nas w pełni sił duchowych, oderwany nagle od prowadzonej z całym właściwym Mu zapalem rozległej pracy twórczej, ogarniającej zarówno dziedzinę nauki i jej zastosowań w życiu przemysłem, jak również kształcenie młodych sił inżynierskich i obszerne pole działalności społecznej.

Żegnający Go przed 5-ciu laty wiedzieli, iż ostatnie lata pracowitego życia poświęcił wspomnianym wyżej obszernym badaniom i że pozostawił materiały o dużej wartości, gdyż stanowiące pracę pionierską. To też najbliżsi współpracownicy i przyjaciele zgasłego badacza pragnęli, by cenne te prace nie poszły w niepamięć, tembardziej, że — jako pionierskie w tym dziale — dawały świadectwo, iż udział Polski w wyścigu prac naukowo-badawczych przynosi plony o wartości wybitnej, że młode nasze placówki doświadczalne potrafią wyprzedzić, i to znacznie, swe starsze siostryzycie cudzoziemskie. Myśl skompletowania pozostałych materiałów i wydania ich drukiem podjęło chętnie Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich, przekazując tę sprawę osobnej komisji. Atoli, po szczegółowym zbadaniu wszystkich tych materiałów, stwierdzono, że przeważna ich część nie może być wyzyskana do druku, gdyż stanowią ją bardzo liczne notatki, fragmenty opracowań i przyczynki, będące w stanie jeszcze niewykończonym. Brak zaś sformułowanych przez Autora wniosków, które zamykałyby dokonane badania i wiązały je w jednolitą całość, uniemożliwiał ich odtworzenie bez poważnych obaw o zniekształcenie, w punktach najbardziej istotnych, podstawowych poglądów ś. p. Prof. Mierzejewskiego na zagadnienie odkształceń plastycznych w szczególnym przypadku skrawania metali.

Niezrażone temi trudnościami grono b. współpracowników ś. p. Prof. Mierzejewskiego postanowiło wszakże zebrać choć tę część materiałów, którą odtworzyć było można, mianowicie opracować część doświadczalną przeprowadzonych badań. Ta właśnie część, uzupełniona dwoma przyczynkami — fragmentami wielkiej całości, — pozostałymi w tece pośmiertnej ś. p. Prof. Mierzejewskiego, zostaje dziś zreferowana na naszych łamach. Część odtworzoną przez ówczesnych najbliższych współpracowników zmarłego badacza opracowali: adjunkt katedry obróbki metali inż. E. Oska, starsi asystenci: inż. J. Buchholtz i inż. A. Stulgiński oraz asystenci: inż. W. Biernawski, inż. O. Bobrowski i inż. J. Skowroński. Pieczę nad całością tych prac złożył w ręce inż. W. Moszyńskiego, który dał nadto rzut oka na analogiczne badania, wykonane do r. 1929 zagranicą.

W ten sposób powstał szereg artykułów, powiązanych wspólną myślą i utrwalających obraz dokonanych prac, choć nie zastępujących — naturalnie — tego, ku czemu ich Inicjator i Autor zmierzał. Wynik badań ś. p. Prof. Mierzejewskiego, w razie ich całkowitego doprowadzenia do końca, dałby bowiem niezawodnie materiał na obszerny tom druku, a jego wnioski rzuciłyby napewno niezwykle dużo światła na badane zagadnienie, zarówno ze strony teoretycznej, jak i doświadczalnej, i wysunęłyby także wskazówki, cenne dla praktyki.

Ś. p. Prof. Mierzejewski szedł bowiem w swych pracach naukowych dwiema równoległymi drogami: drogą dociekań ściśle teoretycznych, którym oddawał się z niezwykłym zamiłowaniem, dzięki czemu opanował całkowicie z tej strony przedmiot swych badań, oraz drogą doświadczalną, która niemniej Go pochłaniała, i w której wykazywał niewyczerpane zasoby inwencji urodzonego eksperymentatora. Równocześnie poszukiwał zawsze przeniesienia wyników naukowo-badawczych na grunt praktyki technicznej.

Ogłaszając zebrane w zeszycie niniejszym fragmenty rozległej Jego pracy i wyrażając szczerzy żal, że niema możliwości zestawienia jej całości, chcemy zarazem dać dowód, iż ś. p. Prof. Mierzejewski był pierwszym, który zastosował metodę kinematograficzną do badań nad istotą skrawania. Liczny zastęp inżynierów polskich był obecny na pierwszych publicznych wyświetleniach wykonanego przez ś. p. Prof. Mierzejewskiego i Jego współpracowników filmu naukowego, pozwalającego prześledzić i zbadać szczegółowo przebieg skrawania różnych tworzyw w różnych warunkach: po raz pierwszy film ten demonstrowany był na Konferencji SIMP w Radomiu w r. 1926, następnie na takiejże konferencji w Poznaniu w 1927 r., na Zjeździe Fizyków Polskich w r. 1928 i wreszcie (choć poza programem) na jednym z Kongresów międzynarodowych w r. 1928. Mimo demonstracji zagranicą, film ten pozostał jednak nieznanym w szeregu krajów obcych. I oto naprz. Prof. M. Kurrein, w artykule, drukowanym w czasopiśmie „Werkstattstechnik“ w r. 1932, pisze, że po raz pierwszy demonstrowano film kinematograficzny, odtwarzający przebieg skrawania, wykonany przez japońskiego badacza Sadamu Ishii, na Światowym Kongresie Inżynierów w Tokio w r. 1929. Jak wykazują dołączone do tego artykułu liczne reprodukcje zdjęć filmowych, badania te ustępują znacznie pod względem przejrzystości i technicznej strony wykonania o wiele wcześniej przeprowadzonym badaniom ś. p. Prof. Mierzejewskiego, o których jednak nie wiedział tak dobrze zwykle poinformowany niemiecki świat naukowy.

Spodziewamy się, że publikacja niniejsza — w pięciolecie zgonu ś. p. Prof. Mierzejewskiego — przyczyni się do właściwego zarejestrowania omówionych w niej badań w literaturze światowej i zapobiegnie dalszym przeoczeniom tych prac teoretyczno-doświadczalnych.

Résumé

En commémoration du cinquième anniversaire de la mort de M. H. Mierzejewski, professeur à l'École Polytechnique de Varsovie, on a préparé les résumés des vastes travaux expérimentaux et théoriques que le feu professeur avait exécutés pendant les 5 dernières années de sa vie et qui malheureusement n'étaient pas achevés de façon à rendre possible leur publication.

Étant donné, toutefois, que ces travaux suscitent un grand intérêt et qu'ils étaient exécutés au moyen d'une méthode que M. Mierzejewski introduisit le premier dans ce domaine, savoir au moyen de la méthode cinématographique d'enregistrement de la formation des copeaux, — leur présentation actuelle, quoique retardée de 5 ans, a une importance considérable.

Summary

In commemoration of the fifth anniversary of the death of Mr. H. Mierzejewski, professor at the Technical University of Warsaw, summaries were made of the vast experimental and theoretical researches carried out by the deceased professor during the last 5 years of his life and which, unfortunately, had not been achieved in a way to enable their publication.

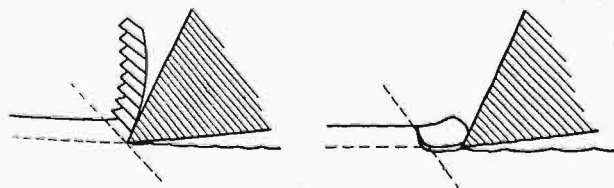
Considering however the great interest with which those researches met, as well as the fact that they were carried out by a method which Mr. Mierzejewski first applied in this field, i. e. by the cinematographic method of registration of the formation of a chip, the publication at least of their summaries, although with a 5 years' retard, has a considerable importance.

Inż. W. MOSZYŃSKI

Ogólny rzut oka na badania nad skrawaniem metali, prowadzone przez obcych przed 1929 r.

Badania nad skrawaniem metali dotyczyły przeważnie trzech różnych zagadnień: mechanizmu tworzenia się wióra, wielkości oporów skrawania i wielkości dopuszczalnych szybkości skrawania. Częstokroć prace poszczególnych badaczy obejmowały albo jednocześnie dwa pierwsze, albo dwa ostatnie z wymienionych zagadnień. Sposób podejścia do nich był bardzo różny: od wybitnie doświadczalnego, stosującego bardziej lub mniej doskonałe środki badawcze, do wyłącznie teoretycznego. Również cel badań różnych badaczy przedstawiał się rozmaicie: jedni z nich, nie wyłączając dalszych, pośrednich korzyści praktycznych, jakie można byłoby wysunąć z badań, traktowali je wyłącznie z punktu widzenia naukowego, inni zamierzali najkrótszą drogą osiągnąć te lub inne cele najzupełniej użytkowe. Jeżeli uwzględnimy wypadki, w których badania posiadały do pewnego stopnia charakter pośredni, które więc w większym lub mniejszym stopniu łączyły w sobie teorię i praktykę zarówno w metodzie, jak i w ostatecznym celu badań, zrozumieć olbrzymią różnorodność, cechującą całokształt badań, przeprowadzonych przez liczny zastęp badaczy nad tem kapitalnym zagadnieniem.

Zajmijmy się najpierw pierwszą stroną zagadnienia, mechanizmem tworzenia się wióra, pomijając ilościową stronę zjawiska, t. j. siły w niem występujące. Badania nad tworzeniem się wióra od początków swych opierały się na zagadnieniu dwuwymiarowym, zachodzącym przy skrawaniu wąskiej płyty lub krążka nożem o nieco szerszej od nich krawędzi tnącej. Już w r. 1870



Rys. 1.

Rys. 2.

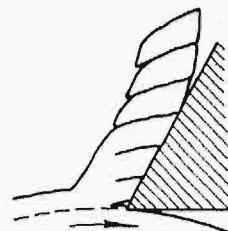
Thime¹⁾, na podstawie obserwacji tworzenia się wióra przy struganiu, zupełnie prawidłowo odtworzył jego mechanizm, rozróżniając wióry ściśnane i wióry odrywane (rys. 1 i 2). Badania jego, dokonywane przy małych szybkościach skrawania, przywiązywały owe postacie wyłącznie do cech metalu skrawanego, wyrażających się jego ciągliwością lub kruchością.

Podczas swych długotrwałych badań (1880 — 1906) F. W. Taylor²⁾ stwierdził obecność pęknięć, występujących w metalu skrawanym w sąsiedztwie ostrza narzędzia skrawającego (rys. 3), oraz

¹⁾ Mémoire sur le rabotage des métaux. J. Thime, Petersbourg 1877. Oryginał rosyjski wydano w 1870 r.
²⁾ Amer. Mach. 1902, str. 1705, oraz F. W. Taylor „On the art of cutting metals”, 2-e wyd. A. S. M. E. New York 1906; niemiecki przekład A. Wallichs — 2-e wyd. Berlin 1913.

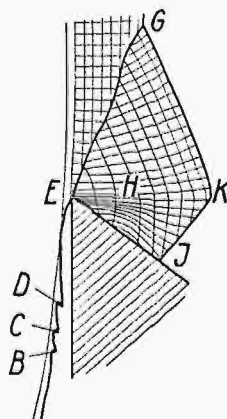
obecność „sztucznej krawędzi”, jakgdyby narastającej na pierśi ostrza skrawającego tuż przy jego krawędzi. Taylor uważa tę sztuczną krawędź za utworzoną ze sproszkowanego metalu, scalonego dzięki wielkiemu ciśnieniu, panującemu u ostrza narzędzia skrawającego.

Nicolson i Smith³⁾ obserwują plastyczne odkształcenie się metalu skrawanego dzięki pokryciu bocznej powierzchni wąskiego toczzonego krążka drobną siatką naniesionych na nią rys, pokazujących w sposób doskonale widoczny wielkość odkształceń w poszczególnych punktach wióra (rys. 4). Stosowane przez nich niezwykle małe szybkości skrawania, wielkości



Rys. 3.

rzędu paru mm/min, pozwoliły im zaobserwować wyłącznie wióry odrywane, nawet przy metalach wybitnie ciągliwych; jednocześnie dokonywane pomiary oporów skrawania pozwalają stwierdzić wybitnie okresowy charakter zmienności sił, ściśle odpowiadającej odpryskiwaniu kolejnych płytek wióra. W badaniach tych zaobserwowano nadto, że pęknięcie, z chwilą jego zjawienia się, nie postępuje nieprzerwanie, lecz jakgdyby zasklepiało się początkowo pod naciskiem spęczającej się w jego sąsiedztwie masy wióra, po-



Rys. 4.

czem tworzy się drugie, nowe pęknięcie, które osiąga nieco większą już długość, lecz również może ulec zasklepieniu⁴⁾, i t. d. aż do chwili, gdy zgniot metalu i wywołane przez to jego stwardnienie o tyle zwiększą opory skrawania, że następuje ścięcie, czyli oderwanie ostatecznej płytki, w wyniku znacznego wzajemnego poślizgu cząstek metalu w płaszczyźnie EG (rys. 4). Trudno powiedzieć, czy te same zjawienia się i zasklepiania kolejno tworzących się rys mają również miejsce przy większych, stosowanych w praktyce, szybkościach skrawania, gdyż nie zdołano przy nich tego zaobserwować. Rys. 4 wykazuje wyraźnie obszar najsilniejszego zgniotu, odgraniczony od reszty wióra linią krzywą EHHJ; najmniejszy zaś zgniot występuje w wewnętrznym obszarze wióra EGKH.

W r. 1905 Kurrein poddał wióry badaniom metalograficznym⁵⁾ i na tej podstawie odtworzył

³⁾ Engineer 1907.

⁴⁾ Na rys. 4 widoczne są ślady owych pęknięć w punktach B, C, D.

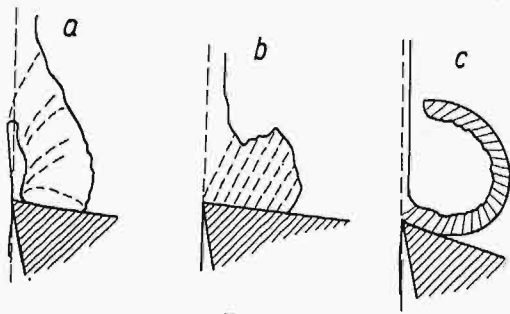
⁵⁾ Oesterr. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst 1905.

schemat zgniotu wióra, dość dobrze odpowiadający rys. 4.

Następuje potem dość długa przerwa, w której badania zwracają się raczej w kierunku ilościowego określenia oporów skrawania i dopuszczalnych szybkości skrawania. Nowe badania nad mechanizmem tworzenia się wióra rozpoczynają w r. 1922 Coker⁶⁾, badając rozkład naprężeń w przezroczystym krążku celuloidowym, skrawanym przy pomocy szklanego pryzmatu; metoda ta, zapoczątkowana przez Hönigsberga⁷⁾, polegająca na obserwacji smug w świetle spolaryzowanym, znalazła zastosowanie przy badaniu rozkładu naprężeń w kołach zębatych, w belkach o złożonym kształcie i t. p.

W r. 1923 Klopstock przeprowadza badania nad skrawaniem wióra przy pomocy noża szczególnej postaci, posiadającego bardzo duży kąt natarcia na całej powierzchni piersiowej noża z wyjątkiem najbliższego sąsiedztwa krawędzi tnącej⁸⁾. Obserwowana przy nożu tym „sztuczna krawędź tnąca”, tworząca jakgdyby przedłużenie tępo ściętego klina, tworzącego narzędzie skrawające, jak również badania metalograficzne obszaru „sztucznej krawędzi tnącej” przy skrawaniu nożem o zwykłej postaci, pozwoliły stwierdzić, że nie jest ona utworzona z bardzo mocno sprasowanego, sproszkowanego metalu, lecz jest metalem wióra, poddanym silnemu zgniotowi pod działaniem niezwykle wielkiego ciśnienia; metal, tworzący ową „sztuczną krawędź tnącą”, ulega przytem szybkiemu „odnawianiu”, gdyż odpływa wraz z wiórem i na jego miejsce gromadzi się nowy materiał.

Ciekawe badania nad tworzeniem się wióra przeprowadzili w r. 1925 Rosenhain i Sturney⁹⁾, rozróżniając trzy odrębne postacie wióra (rys. 5):



Rys. 5.

odrywającego (a), ścinianego (b) i plastycznego (c). Wyniki tych doświadczeń, polegających na obserwacji zewnętrznej postaci wióra i badaniach metalograficznych ich struktury, pozostają w zupełnej zgodzie z badaniami Thimego, Taylora i Nicolsona, jeżeli uwzględnić w każdym wypadku warunki, w jakich były one dokonane, szybkości skrawania i kąty natarcia. W szczególności badania te pozwoliły stwierdzić, że między temi trzema postaciami wiórów nie zachodzą różnice zasadnicze, związane z naturą skrawanego metalu, gdyż jeden i ten sam metal tworzyć może wszyst-

kie trzy postacie wióra zależnie od wielkości kąta natarcia narzędzia skrawającego i od szybkości skrawania.

Wpływ tej ostatniej jest nawet dość uwikłany, gdyż, jako to wykazały późniejsze badania Schwerda¹⁰⁾, przy nieprzerwanie rosnącej szybkości skrawania można zaobserwować naprzemian kolejne przechodzenia od wióra odrywanego do ścinianego i naodwrot.

Zjawisko to blisko wiąże się z dawniej już zaobserwowanymi t. zw. pierścieniami Whitaker'a, które zaznaczają się w pewnych wypadkach toczenia płaskiego, dokonywanego przy niezmienniej szybkości obrotowej, a więc przy nieprzerwanie linjowo zmieniającej się szybkości skrawania i niezmiennych wymiarach wióra¹¹⁾. Przyczyna tego zjawiska leży we wpływie temperatury na stwardnienie metalu, wywołane naciskiem noża.

Również doświadczenia Herberta¹²⁾ wykazały, że wiór odrywany ulega zamianie na wiór ściniany i plastyczny przy właściwej zmianie szybkości, przyczem badania twardości wióra w tych różnych postaciach nie wykazały znaczniejszych różnic. Wskazywałoby to na przeważający czynnik czasu, stanowiącego o tem, że pęknięcia i odkształcenia plastyczne, dokonywane się z określoną szybkością, przy zbyt dużych szybkościach skrawania nie mogą doprowadzić do tworzenia się odrębnych płytek, t. zn. wióra odrywanego, gdyż zaczynające się pęknięcia nie mogą „zdażyć” dojść do zewnętrznej powierzchni wióra. Jest to w najzupełniejszej zgodzie ze spostrzeżeniami zarówno Taylora, jak i Rosenhaina.

Jakkolwiek badania dotyczyły przeważnie toczenia lub strugania, zostało doświadczalnie stwierdzone, że budowa wióra pozostaje w zasadzie niezmienną również w wypadku wiercenia i frezowania.

Metoda kinematograficzna badań nad skrawaniem znalazła zastosowanie zagranicą dopiero w r. 1929, i to nie w Europie lub w Ameryce, lecz w Japonii¹³⁾. W Polsce ś. p. Prof. H. Mierzejewski stosował ją już w r. 1925.

Przejdźmy obecnie do badań nad oporami skrawania. Klasyczne badania nad oporami skrawania przy toczeniu dokonane były przez F. W. Taylora²⁾. Nad oporami toczenia badania prowadzili również Nicolson³⁾ i niemiecki badacz Fischer¹⁴⁾. Zupełnie odrębnie prowadzone były wyczerpujące badania nad wierceniem: we Francji — przez Codrona¹⁵⁾, w Anglii przez Dempster-Smiths'a i Poliakowa¹⁶⁾, oraz w późniejszych czasach przez szereg badaczy niemieckich¹⁷⁾.

¹⁰⁾ Stahl u. Eisen. 1931.

¹¹⁾ Przegląd Techniczny 1926 r. str. 671.

¹²⁾ Transact. A. S. M. E. 1926; również Maschinenbau 1927 i Przegl. Techn. 1929, str. 36.

¹³⁾ Sadamu Ishii, Aeronautical Research Institute, Tokyo Imperial University; World Engineering Congress, Tokyo 1929, Paper Nr. 478.

¹⁴⁾ H. Fischer, Die Werkzeugmaschinen. Berlin. 1905.

¹⁵⁾ Codron, Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux. Paris 1906.

¹⁶⁾ Dempster Smith i R. Poliakoff, Experiments upon the Forces acting on Twist-Drills when operating on Cast-Iron and Steel. Proceedings of the Institution of Mech. Engineers III. 1909, również Werkstatstechnik 1911.

¹⁷⁾ Przegląd Techniczny 1930 r. str. 725.

⁶⁾ Engineer 1922, również Przegląd Techniczny 1924 r. str. 523 i 1930 r. str. 134.

⁷⁾ Berichte des Int. Verb. f. d. Mat. Prüf. d. Technik, 1906.

⁸⁾ Werkstattstechnik 1923.

⁹⁾ Engineering 1925, oraz „Przegląd Techniczny” 1926 r., str. 342.

We wszystkich tych pracach obchodzą nas tu przede wszystkim metody badawcze, które przeszły niezwykle ciekawą drogę rozwojową. Zaczynając od określenia oporów skrawania przez wyznaczenie obciążenia silnika elektrycznego, uprzednio dokładnie wytarowanego przy pomocy zwykłego wędzidła, poprzez dynamometry mechaniczne różnej postaci, badacze przechodzą szybko do coraz doskonalszych konstrukcji suportów pomiarowych najróżniejszych postaci, pozwalających mierzyć dwie i trzy składowe nacisku wióra na nóż tokarski, wzgl. moment obrotowy i nacisk wiertła, występujące przy wierceniu (również przy gwintowaniu), oraz naciski występujące przy frezowaniu.

Dynamometry hydrauliczno-membranowe znajdują w nich najczęstsze zastosowanie¹⁸⁾. Zamiast nich znajdują również zastosowanie dynamometry piezoelektryczne¹⁹⁾ lub elektrostatyczne, w postaci płytowych kondensatorów, których pojemność ulega zmianom pod działaniem nacisku²⁰⁾. Ostatnie rozwiązania pozwalają stosować oscylografię o niezwykle małym okresie drgań własnych i uwolnić się przez to od zacierania rzeczywistego przebiegu zmienności oporów skrawania przez ujawnianie się drgań własnych całości aparatury pomiarowej.

Supporty i stoły pomiarowe, które w krótkim czasie wyszły z ram pracowni badawczych i, jako produkt rynkowy, seryjnie wytwarzany przez wytwórnię specjalną, stały się powszechnie stosowanym przyrządem pomiarowym w laboratoriach fabrycznych, umożliwiły podjęcie na szeroką skalę prowadzonych badań nad oporami skrawania w różnych szczególnych wypadkach skrawania metali.

Wspomnieć tu warto o przyrządzie Kessnera, który, mając postać lekkiej wiertarki, pozwala określać obrabialność metali jako wielkość zagłębiania się wiertła określonych rozmiarów i kształtu, poddanego określonemu naciskowi, przypadającą na 1 jego obrót²¹⁾.

Posiadając potrzebną aparaturę badawczą i dokonawszy za jej pomocą szeregu pomiarów, należało ująć je, dla umożliwienia stosowania ich wyników do celów praktycznych, w odpowiednie wzory. Już Taylor nadał im postać szczególnie wygodną do logarytmowania. Po pewnych usiłowaniach wprowadzenia do tych wzorów dwu składników, odpowiadających przekrojowi wióra i obwodowi skrawania (*Friedrich*), oraz dążeniach do znalezienia wzorów szczególnie prostych, choćby tylko przybliżonych (*Hippler*), przychodzimy do zadowolenia się wzorami o mniejszym zasięgu zastosowań, jednak prostymi w budowie i dostatecznie dokładnymi (*Kronenberg*, A. W. F.), aby mogły znaleźć praktyczne zastosowanie w wykresach, nomogramach i suwakach warsztatowych²²⁾. Objęto niemi wszystkie ważniejsze wypadki skrawania, nie wyłączając frezowania, które, ze względu na wielką ilość

wchodzących w grę czynników, nastęcało więcej trudności, niż pozostałe postacie skrawania²³⁾.

Przejdźmy z kolei do badań nad szybkościami skrawania, które naogół przedstawiały większe trudności, niż badania nad oporami skrawania.

Pierwsze badania nad szybkościami skrawania noży ze stali węglistej prowadził w Anglii prof. *Ripper*, stosując jako kryterjum — ścieranie się ostrza skrawającego, mierzone zapomocą umyślnie przystosowanego mikroskopu.

Bardzo wyczerpujące badania nad szybkościami skrawania prowadził *Taylor*, biorąc jako podstawę określenie szybkości typowej, przy której nóż ze stali szybko tnącej, skrawając wiór o określonym przekroju, ulegał stępieniu po 20 minutach pracy na sucho. Wyznaczanie typowej szybkości skrawania jest jednak w praktyce o tyle kłopotliwe, że metoda Taylora nie znalazła szerszego rozpowszechnienia.

Herbert w badaniach swych opierał się na szybkości skrawania optymalnej, przy której nóż między dwoma kolejnymi ostrzeniami potrafi zdjąć największą ilość metalu. Nie można odmówić słuszności, że ten punkt widzenia może mieć istotnie wielkie znaczenie w obróbce wielkoseryjnej na rewolwerówkach i automatach; podobnie rzecz mogłaby się mieć w odniesieniu do bardziej kosztownych narzędzi, jakimi są np. frezy lub rozwiertaki, byłoby to jednak niewłaściwe kryterjum doboru szybkości skrawania w odniesieniu do wiercenia, a zwłaszcza toczenia zdzierającego.

Jest rzeczą najzupełniej zrozumiałą, że najwłaściwszą metodą badania byłoby bezpośrednie mierzenie temperatury samego ostrza, gdyż jest ona czynnikiem rozstrzygającym dla trwałości narzędzia, oczywiście przy uwzględnieniu natury materiału skrawającego i jego obróbki termicznej. Próby pomiaru temperatury ostrza przez termoparę, umieszczoną w małym otworze, wykonanym w narzędziu w najbliższym sąsiedztwie krawędzi tnącej, nie dały dodatnich wyników. Oczywiście, że chodzić tu musi o ustalenie temperatury samej krawędzi tnącej, a nie ostrza w jej pobliżu, temperatura ta zaś bardzo szybko maleje, jeżeli oddalimy się od owej krawędzi. Narzucało się samo przez się rozwiązanie bezpośrednie: mierzyć temperaturę krawędzi tnącej przy pomocy termopary, utworzonej przez narzędzie skrawające i przedmiot skrawany. Określenie sił termoelektrycznych tej niezwykłej pary nie stanowiło żadnych trudności; oscylograf o dostatecznie małym okresie drgań własnych dopełnił tę bardzo prostą aparaturę. Jest rzeczą charakterystyczną, że na pomysł ów wpadło niezależnie od siebie szereg badaczy. W roku 1926 niemal jednocześnie ukazują się prace *Herberta*²³⁾ w „Engineering” i *Gottweina* w „Maschinenbau”. Metoda ta została również zastosowana w laboratorium obróbki metali zakładów Ludw. Loewe w Berlinie²⁴⁾. Jakkolwiek jest ona niewątpliwie

¹⁸⁾ Por. np. Przegląd Techn. 1926 r. str. 329.

¹⁹⁾ Por. Przegl. Techn. 1926, str. 493.

²⁰⁾ Por. Przegl. Techn. 1930, str. 131.

²¹⁾ Przegl. Techn. 1922 r. str. 71.

²²⁾ Przegl. Techn. 1925 r., str. 216 i str. 464, oraz 1928 r. str. 66.

²³⁾ Engineering 1926 r., również Przegl. Techn. 1926 r. str. 614.

²⁴⁾ Loewe Notizen 1929 r. XL, również Przegl. Techn. 1930 r. str. 131.

najlepszą ze wszystkich metod dotychczas znanych, ma i ona swe wady, gdyż mimo wszystko nie pozwala wyznaczyć temperatury samej krawędzi tnącej; wiór bowiem opiera się na pewnym obszarze powierzchni piersi narzędzia, przyczem w różnych punktach zetknięcia istnieją temperatury różne, z konieczności więc muszą się zjawiać prądy lokalne, w krótkich obiegach zamkniętych, w obrębie obszaru zetknięcia się wióra i narzędzia, które ostatecznie obniżają siłę termoelektryczną, mierzoną przez oscylograf. Temperatura przezeń określona jest więc w istocie niższa od rzeczywistej temperatury ostrza, przyczem różnica jest tem większa, im grubszy jest wiór, im bardziej ciągliwy jest metal skrawany i im mniejszy jest kąt natarcia, — innymi słowy, im większy jest obszar przylegania wióra do piersi narzędzia, mierząc go w kierunku spływania wióra. Zjawisko owych lokalnych prądów zamkniętych występować musi szczególnie wyraźnie w wypadku frezów śrubowych, w których jednocześnie pracuje szereg krawędzi tnących, skrawając wióry o różniące się zawsze między sobą grubości, co wywołuje znaczniejsze różnice temperatur między poszczególnymi krawędziami freza lub między poszczególnymi punktami jednej i tej samej śrubowej jego krawędzi tnącej²⁵⁾.

Inż. E. OSKA

Badania nad skrawaniem metali, prowadzone przez ś. p. Prof. H. Mierzejewskiego

Przystępując do opisu pracy, wykonanej przez ś. p. Prof. H. Mierzejewskiego, należy przede wszystkim podać te myśli przewodnie, które kierowały Nim przy organizacji i uruchomieniu Laboratorium Obróbki Metali Politechniki Warszawskiej. Oprócz działalności dydaktycznej i technicznej, jaką miało głównie do spełnienia Laboratorium, była bardzo silnie zaznaczona, od samego początku rozwoju Laboratorium, działalność naukowo-techniczna. W swojej pracy, referowanej na posiedzeniu naukowym Warszawskiego Towarzystwa Politechnicznego w dn. 17.XI. 1921 r., ś. p. Prof. Mierzejewski, rozważając kierunki naukowo-techniczne, w jakich mogło pracować Laboratorium Obróbki Metali, dzieli je na następujące grupy:

1. Rozwiązywanie zagadnień z dziedziny metrologji technicznej;
2. Badanie obrabiarek w związku z pracą narzędzia i działaniem mechanizmów;
3. Badania nad własnościami obrabianych metali.

Wymienione grupy zagadnień początkowo były opracowywane jednocześnie. Jednak potrzeby przemysłu, a szczególnie przemysłu wojennego w latach 1919—1921, wysunęły na pierwszy plan zajęcie się zagadnieniami związanymi z metrologją techniczną i wyrobem sprawdzianów. Przy uruchomieniu produkcji sprawdzianów, których poprzednio w kraju nie wyrabiano, natrafiono na cały szereg trudności, wynikających z braku odpowiednich obrabiarek, przyrządów i specjalistów. Zawdzięczając jednak wielkiemu entuzjazmowi i pracy ś. p. Prof. Mierzejewskiego udało się ten, tak ważny dział dla całego przemysłu, uruchomić i postawić

Na tem możemy zakończyć nasz rzut okiem na tło, na którym ś. p. prof. Mierzejewski prowadził swe badania nad skrawaniem metali.

²⁵⁾ Ostatnio dokonane były badania, w których termoparę stanowią dwie płytki, tworzące narzędzie skrawające, wykonane z różnych gatunków stali, wzajemnie od siebie izolowane i stykające się jedynie w obrębie krawędzi tnącej.

Aperçu général des recherches sur la coupe des métaux exécutées hors de la Pologne jusqu'à 1929

R é s u m é

L'auteur rappelle brièvement les travaux expérimentaux sur la formation des copeaux, sur la résistance à la coupe et sur les vitesses admissibles de coupe des métaux. En partant des recherches de Thime (1870) il cite celles de F. W. Taylor (1880 — 1906), Nicolson et Smith (1907), Kurrein (1905), Codron (1906), Dempster Smith et Poliakoff (1909), Coker (1922), Klopstock (1923), Rosenhain et Sturney (1925), Herbert (1926).

Il s'occupe ensuite des résultats pratiques de ces recherches et caractérise les travaux relatifs de Friedrich, Rippler, Kronenberg et d'autres.

Parmi les essais concernant la vitesse de coupe, l'auteur énumère ceux de Rippler, Taylor et Herbert et donne quelques renseignements relatifs aux mesures de la température au bord de l'outil au moyen d'un thermocouple et d'un oscillographe (Herbert, Gottwein).

na odpowiednim poziomie naukowym. Z biegiem czasu, gdy z jednej strony zapotrzebowanie na sprawdziany znacznie wzrosło i urządzenia Laboratorium okazały się niewystarczające, z drugiej zaś strony metody pomiarów zostały opracowane i odpowiedni personel wyszkolony, produkcja sprawdzianów została przejęta przez Państwową Fabrykę Karabinów.

Śmiało można powiedzieć, że ś. p. Prof. Mierzejewski był twórcą przemysłu sprawdzianowego w odrodzonej Polsce. Zagadnienia zaś naukowe, związane z metrologją techniczną, były w dalszym ciągu opracowywane w Laboratorium Obr. Met. i wynikiem tych prac było opracowanie całego szeregu metod pomiarowych, konstrukcji różnych przyrządów i opracowanie podręcznika wydanego w 1924 r. p. t. „Metrologja techniczna”. Do końca życia ś. p. Prof. Mierzejewski nie przestawał się interesować wszystkimi zagadnieniami, związanymi z produkcją wymienną. Brał m. in. czynny udział w tworzeniu Komitetu Normalizacyjnego, a następnie Komisji Techniki Warsztatowej, która powstała przy SIMP do prac normalizacyjnych.

Badanie obrabiarek, w związku z pracą narzędzi i działaniem mechanizmów, było tematem licznych prac, wykonanych pod Jego osobistym kierunkiem w Laboratorium Obróbki Metali.

Jest rzeczą zbędną podkreślać, że ten bardzo pobieżny opis tych pierwszych dwóch grup zagadnień daleki jest od wyczerpania całokształtu działalności ś. p. Prof. Mierzejewskiego w tych dziedzinach. Będzie to musiało być tematem oddzielnych prac, które w przyszłości należy podać do wiadomości naszych techników. Tematem niniejsze-

go opisu będzie podanie, na podstawie dokumentów i notatek pozostawionych przez ś. p. Prof. Mierzejewskiego, jak również przez jego byłych współpracowników, tej wielkiej pracy, którą zapoczątkował i nad którą pracował do końca swojego życia. Jest to trzecia z wymienionych wyżej grup zagadnień, dotycząca badania własności mechanicznych metali podczas skrawania, przecinania lub wytłaczania.

Od samego początku tych prac ś. p. Prof. Mierzejewski zdawał sobie doskonale sprawę z wielkich trudności, związanych z rozwiązywaniem tych zagadnień.

Gruntowne przygotowanie matematyczno-mechaniczne, a w szczególności przestudjowanie teorii plastyczności, było podstawą prac teoretycznych i praktycznych nad obrabialnością metali. Celem badań, jakie prowadził ś. p. Prof. Mierzejewski, było ściśle matematyczno-fizyczne określenie „obrabialności” metali i powiązanie jej z klasyczną teorią plastyczności.

Wynikiem prac teoretycznych było opracowanie i wydanie w r. 1927 książki p. t. „Podstawy mechaniki ciał plastycznych” i całego szeregu artykułów drukowanych w „Przeglądzie Technicznym”. Niezależnie od prac teoretycznych, ś. p. Prof. Mierzejewski i jego byli współpracownicy prowadzili prace doświadczalne, zmierzające ku temuż celowi.

Całą tę pracę doświadczalną można podzielić na trzy okresy. W pierwszym okresie były prowadzone prace wstępne, w celu ogólnego zorientowania się w przebiegu procesu skrawania. Aparatura była stosunkowo prosta, jednak obserwacja zjawisk, zachodzących podczas skrawania, była dość uciążliwa. Szczególnie rejestrowanie mechanizmu tworzenia się wióra w czasie skrawania różnych metali przedstawiało duże trudności.

Pomimo to jednak udało się określić wpływ kąta natarcia na charakter tworzenia się wióra dla kilku gatunków stali. Korzystając z nabytego doświadczenia, skonstruowano nowy aparat i do rejestracji zjawiska tworzenia się wióra zastosowano po raz pierwszy w badaniach tego rodzaju technikę filmowania mikroskopowego. Zastosowanie aparatu kinematograficznego do rejestracji procesu skrawania przez ś. p. Prof. Mierzejewskiego jest jego niepomiarłą zasługą. Dopiero w kilka lat później, t. j. w r. 1929, był demonstrowany film przebiegu skrawania, wykonany przez japońskiego badacza Sadamu Ishii.

Filmowanie tworzenia się wiórów w czasie skrawania różnych metali trwało do połowy roku 1927. Był to koniec drugiego okresu pracy.

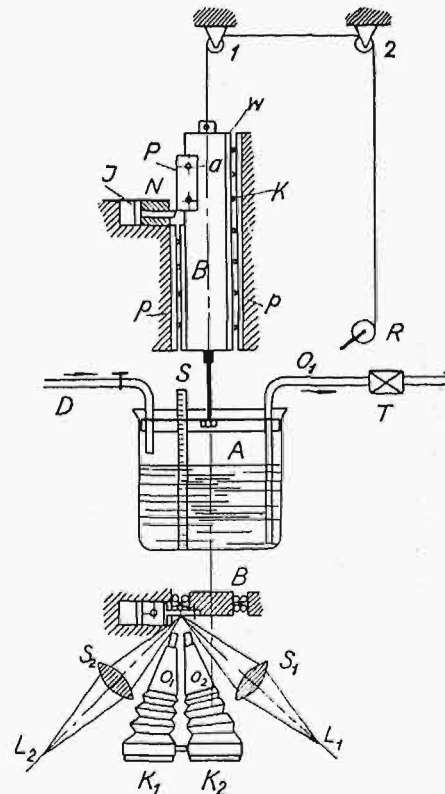
Wyniki tej pięknej pracy podane są niżej. Z chwilą otrzymania wyników dodatnich przystąpiono do całkowitej automatyzacji aparatury, t. j. do automatycznej rejestracji wielkości i zmian oporów skrawania, pomiaru temperatury w miejscu tworzenia się wióra i zdjęć kinematograficznych w czasie skrawania. Był to trzeci i ostatni okres pracy, który trwał do końca życia ś. p. Prof. Mierzejewskiego. Praca ta została prawie zakończona i częściowo opisana przez ś. p. Prof. Mierzejewskiego.

Niestety jednak ostateczne wnioski nie zostały utrwalone przez Autora.

Niżej podany został opis działania aparatury, przebieg doświadczeń i ta część rękopisu, którą zostawił ś. p. Prof. Mierzejewski.

Okres pierwszy (1922 — 1925).

Początkowo badania miały być przeprowadzane na specjalnie do tego celu skonstruowanym przyrządzie. Przyrząd był oparty na działaniu zwykłej dźwigni dwuramiennej, przy czym na jednym końcu mocowany był nóż skrawający, zaś drugi koniec był obciążony bezpośrednio ciężarami. Całość nosiła charakter przyrządu laboratoryjnego. Jed-

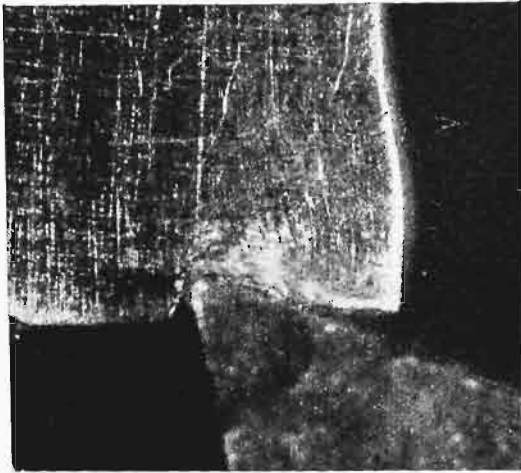


Rys. 1. Schemat aparatury do badań nad oporami skrawania i obserwacji tworzenia się wióra.

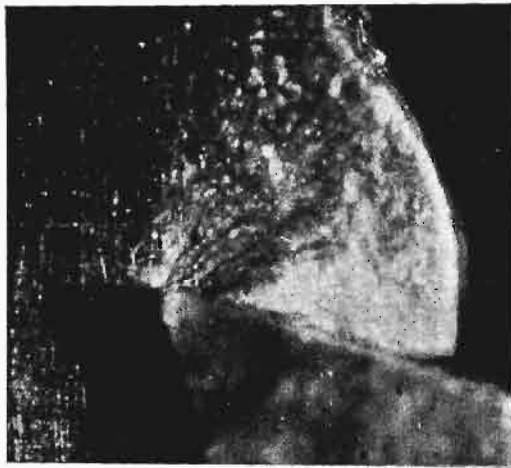
nak przy wykonywaniu, jak i przy zastosowaniu tego przyrządu natrafiono na cały szereg trudności tak, iż ostatecznie w roku 1923 przystąpiono do konstruowania dużego przyrządu, obliczonego już na działanie większych sił. Środki materialne, jakimi dysponowało w tym czasie Laboratorium Obróbki Metali, były więcej niż skromne. Ostatecznie przyrząd został skonstruowany i wykonany własnymi siłami Laboratorium.

Doświadczenia na tym przyrządzie rozpoczęte były w końcu roku 1923 i prowadzone do r. 1925. Schemat tego przyrządu pokazany jest na rys. 1. Działanie jego analogiczne do działania zwykłej strugarki pionowej.

Przyrząd składał się z części ruchomej - suportu B i części nieruchomej - imaka J, w którym był zamocowany nóż N. W suportie B była zamocowana próbka badana P śrubami α . Suport B, w kształcie długiej beleczki o przekroju prostokątnym, był prowadzony w starannie wykonanych prowadnicach kulkowych K. Kulki poruszały się w żłobkach, utworzonych przez dokładnie oszlifowane wałecz-



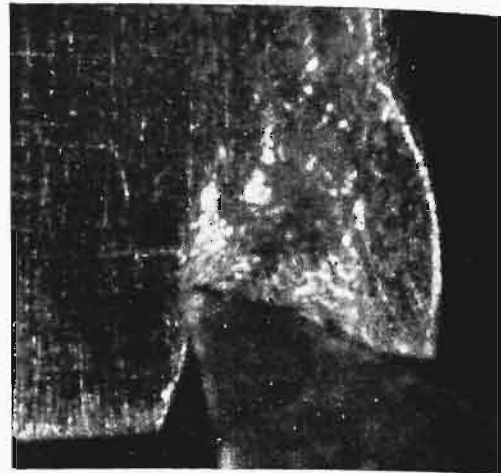
Rys. 2. Początkowy okres zagłębiania się noża o kątach natarcia 16° i odsadzenia 15° w materiał skrawany (stal 0,4% C). $\times 20$.



Rys. 4. Tworzenie się wióra i szeregu pęknięć przy ostrzu noża (stal 0,4% C). $\times 20$.

ki, przymocowane do ruchomej beleczki *B* i nieruchomej części ramy samego przyrządu. Luz pomiędzy kulkami a wałeczkami można było dokładnie wyregulować i beleczkę *B* ustawić zupełnie pionowo, co było niezmiernie ważne dla prawidłowego działania przyrządu. Do suportu *B* było przymocowane naczynie *A* o pojemności ok. 300 litrów, do którego zapomocą rury *D* nalewano wodę. Ilość wody była odczytywana na skali *S*. Opróżnianie naczynia odbywało się zapomocą pompki zębatkowej *T*. Podnoszenie suportu *B* wraz z naczyniem *A* uskuteczniane było zapomocą podnośnika *R* i stalowej linki, prowadzonej przez rolki 1—2, przymocowane do sufitu. Ustawianie noża *N* na żadaną grubość wióra odbywało się zapomocą płytek Johanssona. W celu obserwowania przebiegu skrawania prostopadłe do płaszczyzny bocznej próbki, zamocowane były nieruchomo mikroskop z kamerą fotograficzną zwykłą lub dwiema kamerami O_1 , O_2 , ustawionymi pod kątem do zdjęć stereoskopowych.

Miejsce skrawania było oświetlane dwiema lampami L_1 , L_2 i soczewkami skupiającymi S_1 i S_2 . Doświadczenie było prowadzone w następujący sposób. Po przymocowaniu dokładnie oszlifowanej i wypolerowanej próbki *P*, ustawionej pionowo we-



Rys. 3. Zagłębianie się noża w materiał skrawany (stal 0,4% C). $\times 20$.

dług czujnika, podnoszono suport *B* wraz z próbką. Po ustawieniu noża na wymaganą grubość wióra, opuszczano suport *B* i opierano próbkę na nożu. Po ustawieniu mikroskopu na miejsce zetknięcia się noża z próbką i obciążeniu suportu *B* wodą, następowało skrawanie próbki *P*. Do badań był użyty płaski nóż strugarski, a to w tym celu, aby przebieg skrawania odbywał się w jednej płaszczyźnie, co znakomicie upraszczało obserwację mechanizmu tworzenia się wióra. Badania przeprowadzane na tym przyrządzie miały na celu:

- określenie oporów skrawania dla różnych materiałów, grubości wióra i kształtu noża,
- odtworzenie zapomocą zdjęć fotograficznych, jak również stereoskopowych, mechanizmu tworzenia się wióra.

Niezależnie od zdjęć fotograficznych obserwowano przez mikroskop proces skrawania i odtwarzano rysunkowo cały mechanizm tworzenia i odrywania się wiórów. Ponieważ obciążenie wodą było uskuteczniane niewielkimi porcjami, można było dość dobrze obserwować powolne kształtowanie się wiórów i uchwycić odpowiedni moment do fotografowania lub szkicowania. Badania miały być przeprowadzone nad skrawaniem różnych gatunków stali, mosiądzu, aluminium i żeliwa.

W czasie badań przyrząd był kilka razy przerabiany i ulepszany.

Do początkowych badań użyto stali o zawar-



Rys. 5. Powierzchnia skrawana próbki (stal 0,4% C) $\times 15$.

tości ok. 0,4% C o bardzo drobnej budowie krystalicznej. Szerokość próbki wynosiła 2,6 mm, głębokość skrawania—1,2 mm, nóż płaski o kącie natarcia 16° i kącie odsadzenia 15° .

Na rys. 2 pokazana jest w 20-krotnym powiększeniu próbka w chwili zagłębiania się ostrza noża w materiał skrawany. Widoczny jest zupełnie wyraźnie zgniót materiału nad ostrzem noża.

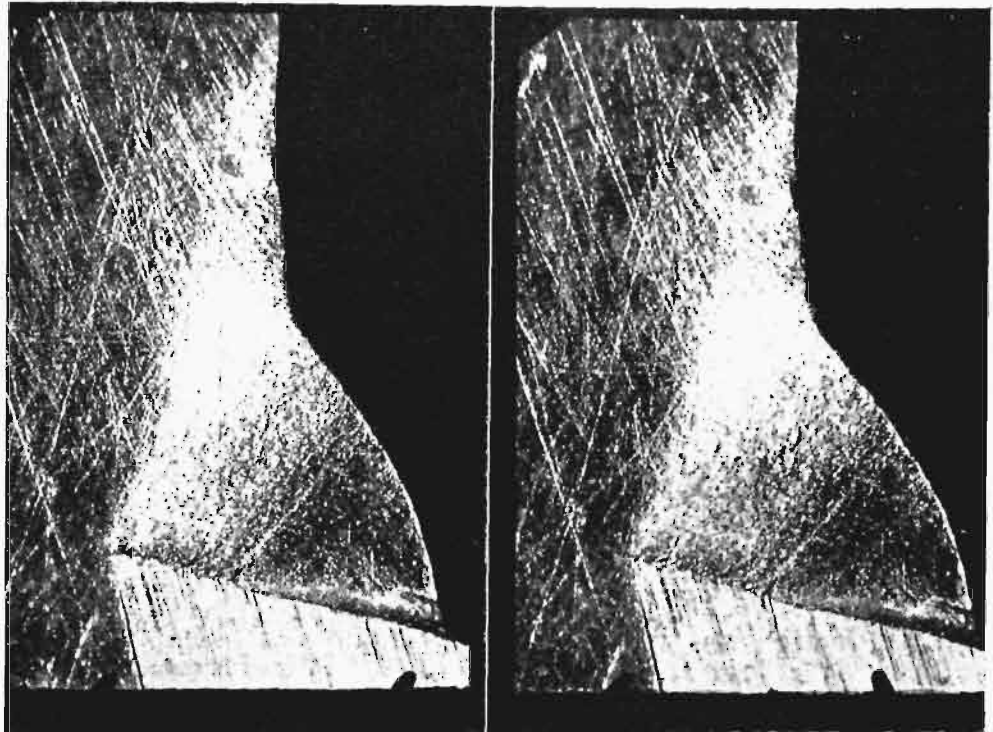
Rys. 3 i 4 przedstawia dalszy bieg skrawania tej samej stali. Rys. 4 podaje zdjęcie w chwili przesunięcia się próbki o 1,5 mm od położenia wyjściowego. Widoczne jest tworzenie się wióra i po-

wstanie szeregu pęknięć koło ostrza noża. Rysy na próbce, powstałe od polerowania, bardzo ułatwiały orjentowanie się w przebiegu skrawania.

Na rys. 5 pokazany jest wygląd powierzchni próbki po skrawaniu: na powierzchni widoczne są miejsca zgniecione, w których powstawały pęknięcia, t. j. odrywania się wióra od próbki.

Rys 6 obrazuje zdjęcie stereoskopowe skrawania tej samej stali przy zachowaniu tych samych warunków skrawania, jak poprzednio.

Fotografja umocowana w stereoskopie daje jasny



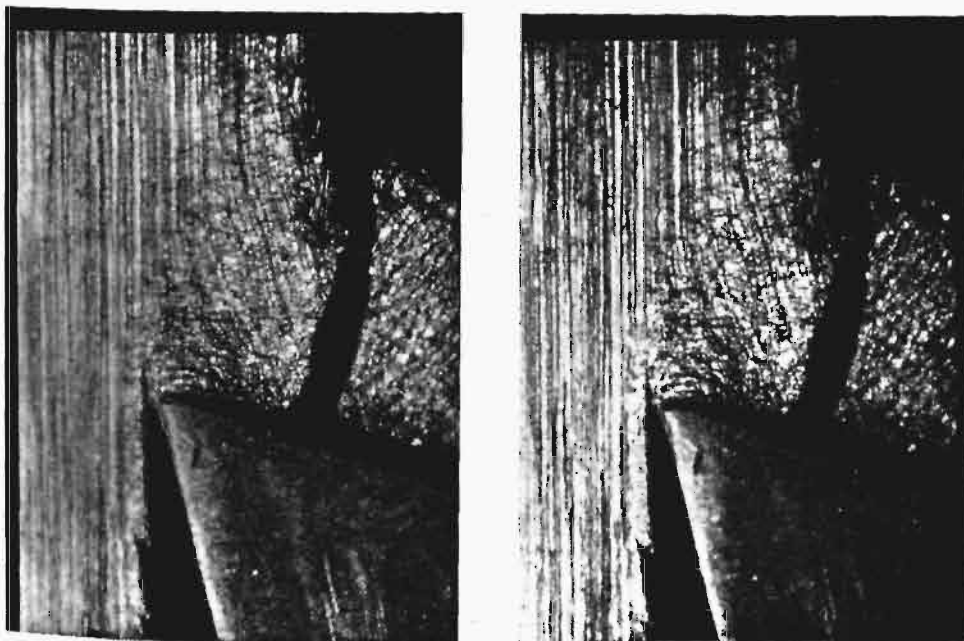
Rys. 6. Zdjęcie stereoskopowe skrawania stali 0,4% C. $\times 20$.

i plastyczny obraz formowania się wióra. Widoczny jest cały szereg drobniejszych i większych równoległych pęknięć, skierowanych pod kątem 20° — 30° do powierzchni natarcia noża. Przy dalszym formowaniu się wióra pęknięcia częściowo się zasklepiają, a niektóre z nich powiększają się, sięgając aż do zewnętrznej powierzchni wióra.

Przy materiale plastycznym i dużym kącie natarcia wiór się skręca i nie odpryskuje od próbki, t. j. pęknięcia nie dochodzą do zewnętrznej powierzchni wióra. W tem doświadczeniu skrawanie nie dało się doprowadzić do końca z powodu zbyt słabego przymocowania próbki.

Następna serja doświadczeń była przeprowadzona z temi samemi gatunkami stali, jak poprzednio, starano się tylko zbadać wpływ kąta odsadzenia i kąta natarcia na charakter tworzącego się wióra.

W celu zaobserwowania wpływu materiału na kształtowanie się wióra poddano próbie skrawania stal o zawartości 0,6—0,7% C, przy-

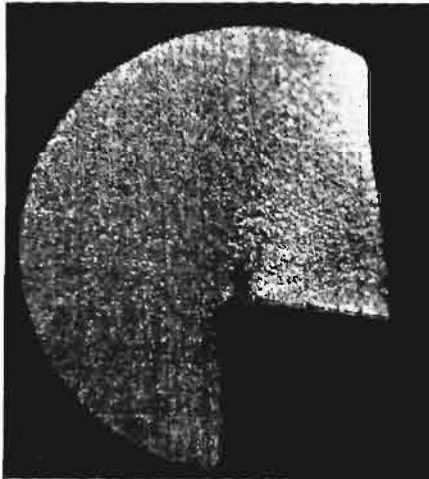


Rys. 7 (a, b). Zdjęcia stereoskopowe skrawania stali 0,6—0,7% C. $\times 20$.

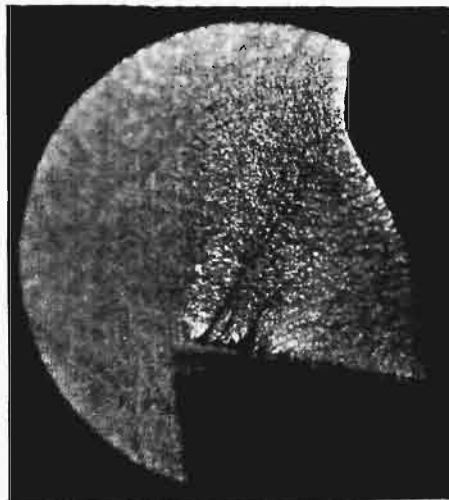
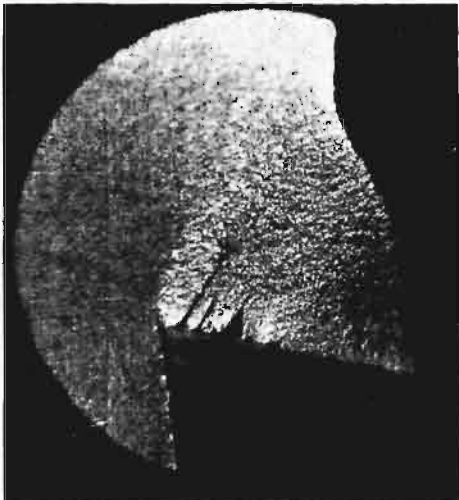
czem warunki skrawania były zachowane takie same, jak poprzednio.

Na rys. 7 a i b pokazane jest zdjęcie stereoskopowe skrawania tej stali w powiększeniu 25-krotnym. Widoczne jest oderwanie się wióra od materiału próbki, tworzenie się nowego wióra, początkowy zgniot materiału na ostrzu noża i szereg zadziórów na powierzchni próbki skrawanej, jak również zgniot materiału próbki. Są to te miejsca, w których następowało odrywanie się oddzielnych wiórów. Na podstawie szeregu obserwacji całego procesu skrawania tego materiału, można powiedzieć, że przy materiale twardszym (stali) otrzymujemy wiór łamany nawet przy dość dużym kącie natarcia.

Na rys. 8 i 9 pokazane są zdjęcia mikroskopowe skrawania, w powiększeniu 25-krotnym, stali 0,4% C, nożem płaskim o kącie natarcia 8° i kącie odsadzenia 8°. Szerokość próbki wynosiła 2,66 mm, głębokość skrawania 0,87 mm, przekrój wióra 2,314 mm². Siła skrawania, mierzona ilością wody, wynosiła 340 kg. Właściwy opór skrawania stali o zawartości 0,4% C wynosił $\frac{340}{2,314} = 147 \text{ kg/mm}^2$.



Rys. 8. Zdjęcie mikroskopowe skrawania stali 0,4% C nożem o kątach natarcia 8° i odsadzenia 8°, $\times 25$.



Rys. 9 (a, b). Zdjęcie stereoskopowe skrawania stali 0,4% C nożem o kątach natarcia 8° i odsadzenia 8°, $\times 25$.

noża dochodzą one prawie do powierzchni próbki. Materiał w tym miejscu jest najwięcej zgnieciony. Pęknięcia skierowane są pod kątem ok. 20° — 22° do powierzchni noża.

Na rys. 10 pokazana jest próbka w chwili zjawienia się pierwszego pęknięcia przy skrawaniu stali 0,6 — 0,7% C nożem o kącie natarcia 10°, odsadzenia 10°; grubość wióra 0,87 mm i szerokość 2,6 mm.

Rys. 11 przedstawia próbkę w dalszym okresie skrawania, t. j. kiedy nóż przesunął się o 0,25 mm. Początkowe pęknięcie, skierowane pod kątem ok. 10° do powierzchni natarcia noża, przesunęło się i pogłębiło znacznie. Przy dalszym ruchu próbki nastąpiło w tym miejscu oderwanie się wióra.

Na rys. 12, 13 i 14 pokazany jest szereg kolejnych faz skrawania stali o 0,4% C nożem płaskim o kątach odsadzenia 10° i natarcia 10°. Szerokość próbki skrawanej 2,6 mm, głębokość skrawania 1,2 mm. Na rys. 12 doskonale jest widoczne pole zgniotu nad nożem, zgniot zewnętrznej warstwy skrawanej próbki i pęknięcie przy ostrzu noża, skierowane prawie równoległe do powierzchni skrawanej. Obszar zgniotu stopniowo się rozszerza, dochodzi do zewnętrznej krawędzi próbki (rys. 13); jest to chwila, kiedy na ostrzu noża zaczyna się narastanie zgniecionego materiału. Przy dalszym ruchu próbki skrawanej przylepia się na ostrzu noża coraz więcej cząsteczek zgniecionego materiału i w rezultacie tworzy się jakby nowe ostrze (rys. 14) pod postacią klina. Klin ten w czasie skrawania pozostaje prawie nieruchomy. Zaobserwowano, że początek narastania zgniecionego materiału na ostrzu noża rozpoczyna się wówczas, kiedy tarcie między wiórem a płaszczyną natarcia noża jest tak duże, że wiór przestaje się ślizgać na płaszczynie noża. Z chwilą gdy utworzy się klin, wiór zaczyna w dalszym ciągu spływać po nożu. Właściwie przy dalszym skrawaniu ostrze noża nie bierze udziału w skrawaniu, a odgrywa tylko rolę podtrzymki właściwego, sztucznego noża-klina, o kącie wierzchołkowym ok. 30°, kątach natarcia ok. 35° — 40° i odsadzenia 20° — 25°.

Zastosowanie noża o zbyt małym kącie natarcia dla tego materiału było nieodpowiednie i wobec tego sama natura stali pomogła sobie w ten sposób, że utworzyła nóż o ostrzu, odpowiadającym jej własnościom. W dalszym ciągu, badania, przeprowadzone nad skrawaniem stali miękkiej nożem o małych kątach natarcia, potwierdziły każdorazowo powstawanie sztucznego ostrza, które właściwie skrawa materiał.

Na rys. 15 pokazane są zdjęcia stereoskopowe skrawania stali miękkiej nożem płaskim o kącie natarcia 5° i odsadzenia 10°. Na

początku skrawania (rys. 15) widoczny jest znaczny zgniot materiału i pierwsze małe pęknięcie przy ostrzu noża. Od chwili zjawienia się pierwszego pęknięcia w czasie dalszego skrawania za-

na było uchwycić moment nadający się do fotografowania. Precyzyjne przesuwanie próbki w czasie skrawania wymagało nadzwyczajnych ostrożności przy obciążeniu wodą. Często zdarzało się,



Rys. 10. Zdjęcie mikroskopowe skrawania stali 0,6 — 0,7% C nożem o kątach natarcia 10° i odsadzenia 10° . $\times 25$.



Rys. 11. Zdjęcie mikroskopowe skrawania stali 0,6 — 0,7% C nożem o kątach natarcia 10° i odsadzenia 10° . $\times 25$.

czyna na ostrzu noża narastać warstwa materiału i ostatecznie tworzy się sztuczna krawędź tnąca pod postacią klina, przylepionego do właściwego noża. Otrzymujemy takie samo zjawisko, jak przy poprzednim skrawaniu, t. j. wiór zaczyna spływać po utworzonej powierzchni natarcia. Kąt odsadzenia w tym wypadku nie zmienił się, a kąt natarcia wzrósł do ok. 20° . Powierzchnia skrawanej próbki jest dość znacznie zgnieciona i nierówna. Skrawanie idzie skokami, t. j. z chwilą zjawienia się pęknięcia szybkość skrawania, przy stałym obciążeniu, wzrasta, tworzą się wgłębienia, zarówno na wewnętrznej powierzchni wióra (rys. 16), jak i na powierzchni próbki.

Próby skrawania przeprowadzone z nożem o kącie natarcia 0° i kącie odsadzenia 10° potwierdziły jeszcze jaskrawiej przebieg skrawania nożem nieodpowiednim do danego materiału.

Na rys. 17 w powiększeniu 10-krotnym i na rys. 16 w powiększeniu 25-krotnym pokazane jest utworzenie się klina na powierzchni noża, który to klin pracuje dalej jako nowa krawędź tnąca noża o kącie natarcia około 40° . Do prób była użyta próbka, która była już przedtem skrawana i skutkiem tego na zewnętrznej stronie wióra widoczne są wgłębienia od poprzedniej obróbki. Wewnętrzna strona wióra jest dość jednostajna.

Okres drugi (1925 — 1927).

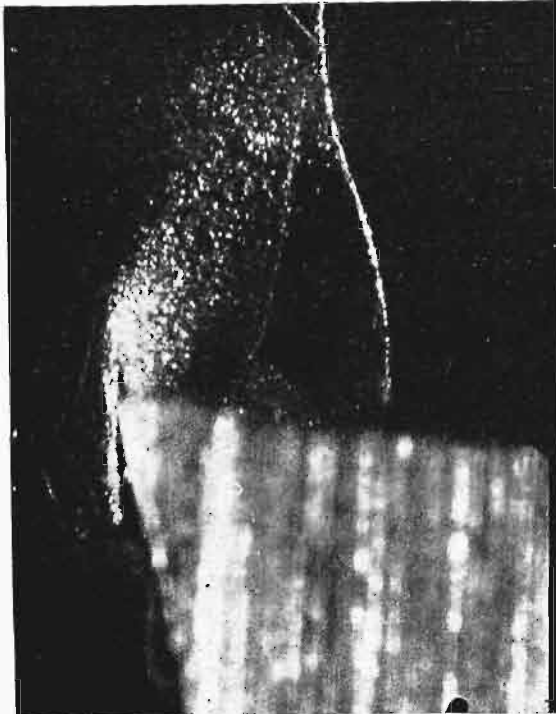
Doświadczenia prowadzone na tym aparacie trwały prawie do końca 1925 r. Był to koniec pierwszego okresu badań. W czasie pracy przyrząd był kilkakrotnie przerabiany i ulepszany. Jednak praca na tym przyrządzie była bardzo trudna i kłopotliwa. Sama obserwacja tworzenia się wióra trwała bardzo długo, i nie zawsze moż-

że próbka była skrawana zbyt raptownie, następowały wstrząsy, drgania i t. p. Wpływała na to jeszcze zbyt mała sztywność poszczególnych części przyrządu. Wszystkie te przyczyny skłoniły do skonstruowania nowego aparatu, bardziej sztywnego. Z drugiej strony pomiar oporów skrawania obciążeniem wodnym, choć okazał się dostatecznie dokładny, jednak w ruchu ciągłym bez jakiegokolwiek samoczynnej rejestracji nie dawał dostatecznie pewnych wyników. Zaszła konieczność mierzenia oporów bezpośrednio na nożu.

Wykonywanie całej masy zdjęć fotograficznych przebiegu tworzenia się wióra było bardzo uciążliwe i niepewne. Dopiero zastosowanie aparatu kinematograficznego rozwiązało sprawę w całej rozciągłości i dało wyniki pozytywne. Zastosowanie po raz pierwszy przez s. p. Prof. Mierzejewskiego aparatu kinematograficznego do zdjęć mikroskopowych przebiegu procesu skrawania posunęło od razu badania daleko naprzód.

Doświadczenia z nową aparaturą były rozpoczęte w końcu 1925 r., a w grudniu 1926 r. film był po raz pierwszy wyświetlany publicznie na Konferencji Warsztatowej SIMP w Radomiu, oraz w początku 1927 r. w Warszawie i Poznaniu (Konferencja Kolejowa SIMP 7—8.V.1927), jak również na Zjeździe Fizyków Polskich w r. 1928.

Prawie pół roku trwała praca nad opanowaniem techniki filmowania i nad próbami nowego aparatu. Filmowanie przebiegu skrawania stali zwykłej ukończono było w kwietniu 1926 r., a w maju tegoż roku wykonane zostały badania z nożem Klopstocka. Następnie były filmowane procesy skrawania stali bardzo miękkiej, cynku, żeliwa i aluminium.



Rys. 12. Zdjęcie mikroskopowe skrawania stali 0,4% C nożem o kątach natarcia 10° i odsadzenia 10° . $\times 25$.

Zasada przyrządu przedstawionego na rys. 18 była taka sama, jak pokazanego na rys. 1. Niektóre części tego przyrządu były bezpośrednio użyte do nowego aparatu, który był zbudowany znacznie mocniej niż poprzedni. Całość składała się z ramy *R*, umocowanej na stojaku *U*. Do ramy *R* były przymocowane prowadnice suportu ruchomego *B*. Suport *B* wraz z naczyniem *A* był zawieszony na śrubie *F*, opartej na górnej poprzeczce

ramy *R*. Pokręcając ręcznym kółkiem *D*, można było suport podnosić i opuszczać na żadaną wysokość. Wielkość przesuwu suportu *B* była mierzona czujnikiem lub też zapomocą taśmy i rolek ruch suportu był automatycznie rejestrowany na bębnie.

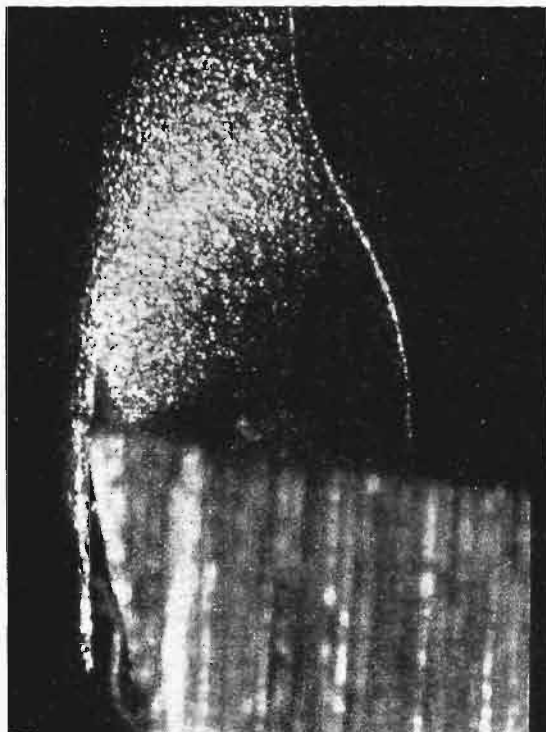
Płaski nóż *N* był mocno zaciśnięty w suporcie wahadłowym, przymocowanym do stołu *G*. Opór skrawania był mierzony bezpośrednio na nożu zapomocą dynamometru węglowego. Dynamometr ustawiony był bezpośrednio pod nożem tak, że naciski wióra na nóż wywoływały zmianę oporu elektrycznego, odczytywanego na galwanometrze. Obciążanie suportu *B* wodą odbywało się ściśle określonymi porcjami. Porcje wody były odmierzane w wywzorcowanym naczyniu i z tego naczynia zapomocą rury woda była przelewana do naczynia *A*. Szybkość napełniania wodą można było regulować zapomocą odpowiedniego ustawienia kurka.

Mikroskop *M* do obserwacji przebiegu skrawania był zamocowany w przesuwym uchwycie, przymocowanym do stołu *G*.

Urządzenie do filmowania było zbudowane oddzielnie, niezwiązane z całością aparatu. Kamera do zdjęć kinematograficznych *K* była przymocowana do krzyżowego suportu, suport zaś — do pionowego przesuwego wałka, zawieszono na wsporniku ściennym. W ten sposób kamerę fotograficzną można było ustawić zupełnie dokładnie i skierować obiektyw na miejsce skrawania.

W czasie filmowania miejsce to było oświetlane bardzo silnie dwiema lampami łukowymi *L₁*, *L₂* i soczewkami. Czas naświetlania wynosił od $\frac{1}{15}$ do $\frac{1}{30}$ sek.

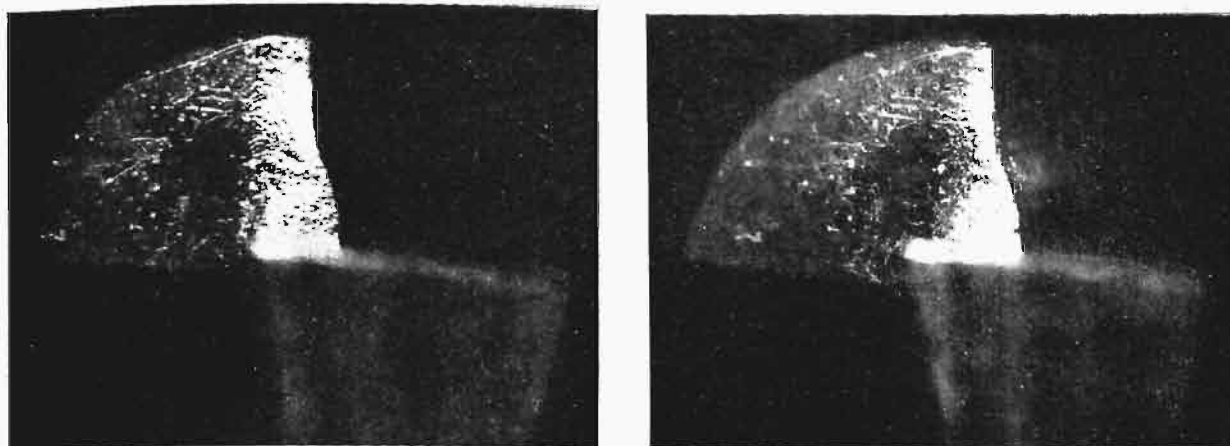
Doświadczenie odbywało się w ten sposób, że po zamocowaniu w szczękowym silnym uchwycie



Rys. 13. Zdjęcie mikroskopowe skrawania stali 0,4% C nożem o kątach natarcia 10° i odsadzenia 10° . $\times 25$.



Rys. 14. Tworzenie się klina na ostrzu noża przy skrawaniu stali 0,4% C nożem o kątach natarcia 10° i odsadzenia 10° . $\times 25$.



Rys. 15 (a, b). Zdjęcie stereoskopowe skrawania stali miękkiej nożem o kątach natarcia 5° i odsadzenia 10° . $\times 25$.

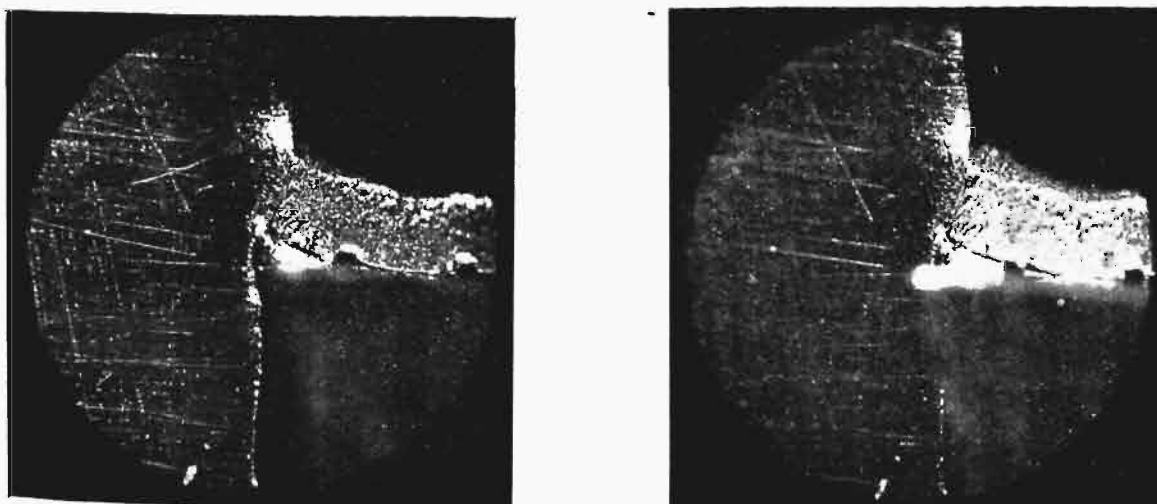
P próbki odpolerowanej, ustawionej dokładnie pionowo, suport *B* podnoszono do góry śrubą *F* i po ustawieniu noża na żądaną głębokość skrawania opuszczano go do zetknięcia się próbki z krawędzią tnącą noża. Po ustawieniu mikroskopu na ostrość napełniano naczynie *A* wodą ze zbiornika. Suport *B* przez cały czas był podtrzymywany śrubą *F*.

Po ustawieniu kamery kinematograficznej i skontrolowaniu obrazu na matówce wykonywano kilka zdjęć początkowych, kręcąc korbką aparatu kinematograficznego. Zwykle przed każdym doświadczeniem wykonywano zdjęcia próbne w celu określenia czasu naświetlania i wielkości przesłony dla danego powiększenia oraz rodzaju taśmy filmowej. Po ustaleniu praktycznych danych przystępowano do ustawienia całej aparatury i właściwych zdjęć. Po tych przedwstępnych czynnościach przystępowano do właściwego doświadczenia. Po nakręceniu kilku zdjęć, dających obraz początkowego położenia noża i próbki, opuszczano suport *B* pokręcając kółkiem *D* śrubą *F*, i opuszczano próbkę na noż. Wykonywano znów kilka zdjęć.

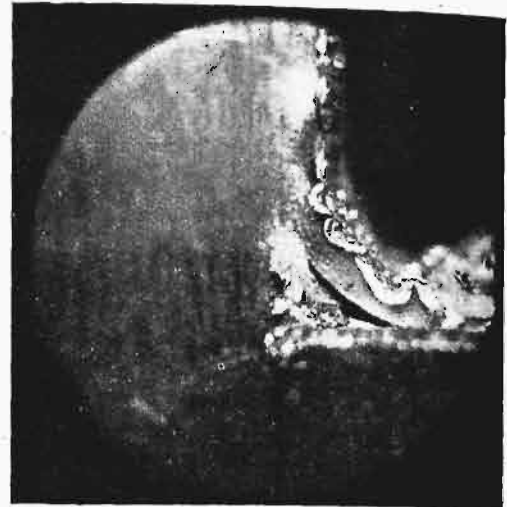
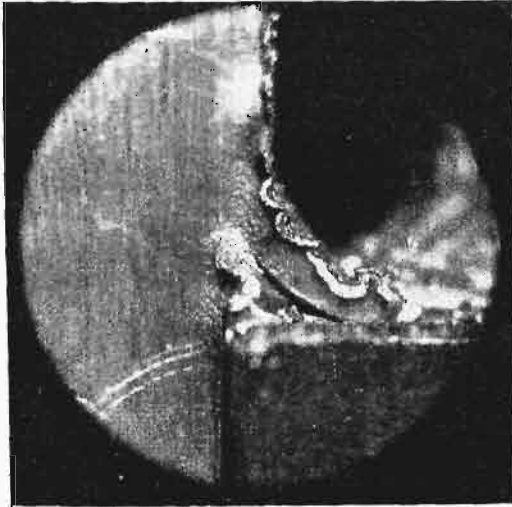
Po napełnieniu naczynia *A* nową porcją wody opuszczano suport i wykonywano zdjęcia następne i t. d.

Proces ten trwał tak długo, aż osiągnięto pełne obciążenie suportu *B*, t. j. do momentu, kiedy zaczynało się samoczynne skrawanie próbki nożem *N*. Od tej chwili ruch suportu był sterowany kółkiem *D*. Suport opuszczano o 0,01, 0,02 do 0,05 mm, zależnie od materiału i charakteru tworzącego się wióra. Po każdym przesunięciu suportu robiono odpowiednie zdjęcie. Przesunięcia suportu były mierzone czujnikiem, przymocowanym do nieruchomej ramy *R*. W ten sposób na długości 1 mm robiono na taśmie filmowej od 20 do 100 zdjęć migawkowych; filmowanie jednej próbki trwało bardzo długo i wymagało nadzwyczajnie systematycznej pracy. Należy zauważyć, że w czasie zdjęć trzeba było sprawdzać ostrość obrazu, co wymagało odsunięcia aparatu kinematograficznego, ustawienia na ostrość mikroskopu i ustawienia na matówkę. Czynności te należało powtarzać bardzo często z chwilą tworzenia się prawidłowego wióra i powstawania pęknięć.

Obraz wychodził wówczas z płaszczyzny obiektywu mikroskopu i należało go kilkakrotnie korygować. Nieraz wskutek złego zamocowania próbki lub noża całą robotę musiano powtarzać od początku. Niezależnie od filmowania notowano obciążenie wodą i wskazania galwanometru, włączy-



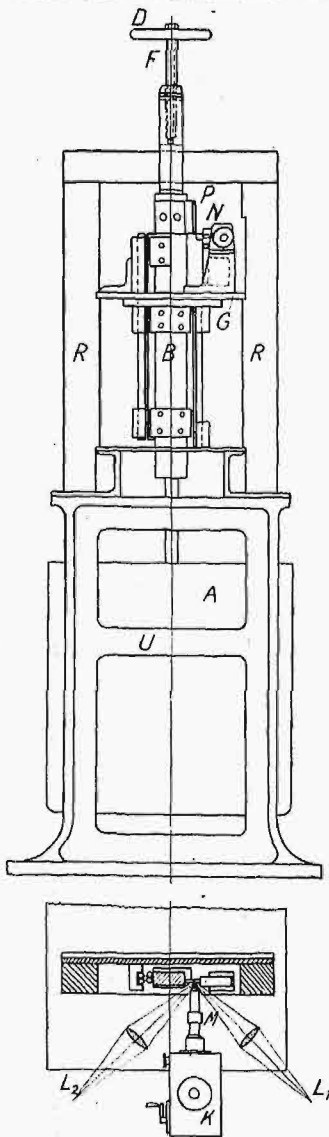
Rys. 16 (a, b). Tworzenie się klina na ostrzu noża przy skrawaniu stali miękkiej nożem o kątach natarcia 5° i odsadzenia 10° . $\times 25$.



Rys. 17 (a, b). Tworzenie się klina na ostrzu noża przy skrawaniu stali miękkiej nożem o kątach natarcia 0° i odsadzenia 10° . $\times 10$.

nego w obwód elektryczny dynamometru węglowego.

Jak już wspomniano wyżej, drugi okres pracy trwał od końca roku 1925 do połowy roku 1927. W tym czasie wykonano szereg doświadczeń nad skrawaniem różnych metali i sfilmowano przebieg tworzenia się wióra pod mikroskopem w powiększeniu 10-krotnym, skrawając nożami o różnych kątach odsadzenia i natarcia. Dla zobrazowania wyników doświadczeń tych prac podajemy fragmenty niektórych filmów, zaznaczając, że stanowią one tylko bardzo niewielką część całości wykonanych zdjęć filmowych.

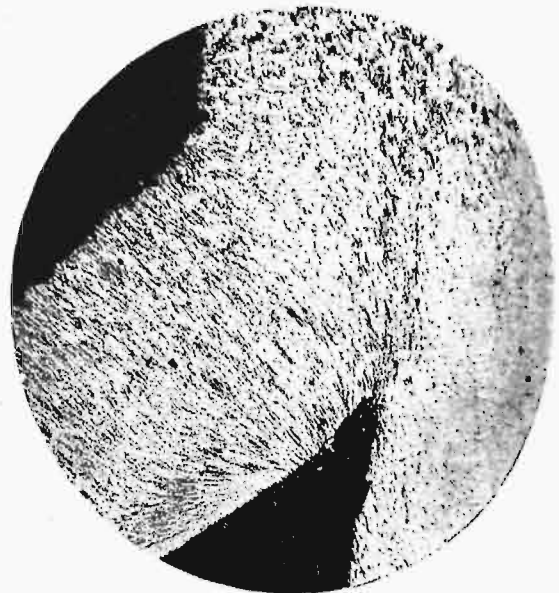


Rys. 18. Schemat aparatury do badań i filmowania przebiegu skrawania.

Na rys. 19 (tab. I) pokazano kilka fragmentów przebiegu skrawania stali maszynowej o twardości 263 kg/mm^2 , nożem płaskim o kątach odsadzenia 8° , natarcia 18° , przy grubości warstwy skrawanej $0,5 \text{ mm}$. Na filmie (a) widoczne jest początkowe położenie noża i moment, kiedy nóż zaczyna się zagłębiać w materiał; w dalszej części filmu (b) widoczne jest

zagłębianie się noża w materiał, początek tworzenia się wióra, początek zgniotu materiału, który stopniowo się rozszerza, wypełniając cały obszar nad nożem i dochodzi do brzegu próbki. W tym okresie wiór jest uformowany (c), zaczyna się spływanie wióra po nożu, pojawia się pierwsze pęknięcie przy czubku noża (d), które stopniowo dochodzi do zewnętrznej części próbki i wiór się oddziela (e).

Następnie zjawisko zaczyna się powtarzać (f), pojawia się nowe pęknięcie (g), oddzielenie wióra i t. d. W pewnej chwili obiektyw aparatu został przesunięty tak, żeby uchwycić miejsce tworzenia się wióra przy ostrzu noża. Na filmie (h) widoczna jest chwila oddzielenia się płytki wióra, wyraźny zgniot powierzchni materiału skrawanego i początkowe zagłębianie się krawędzi tnącej noża w materiał, powstanie nowego pęknięcia (i), oddzielenie płytki wióra i t. d. Jako wynik doświadczenia otrzymano przy skrawaniu stali maszynowej wiór ścinany, składający się z oddzielnych płytek.



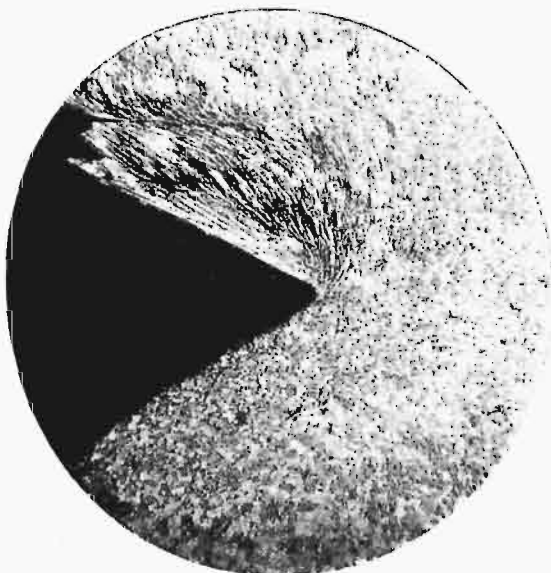
Rys. 21. Zdjęcie mikroskopowe miejsca tworzenia się wióra przy skrawaniu stali b. miękkiej. $\times 45$.



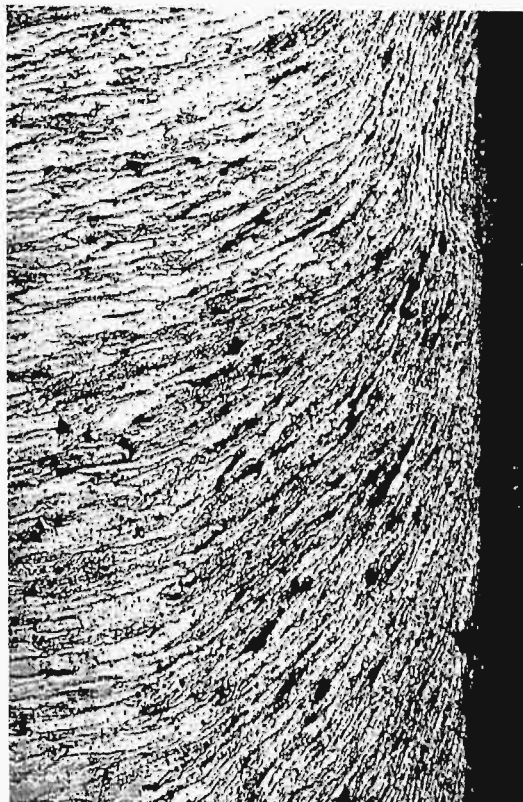
Rys. 22. Zdjęcie mikroskopowe miejsca tworzenia się wióra przy skrawaniu stali b. miękkiej. $\times 200$.

Na rys. 20 (tab. II) pokazano proces skrawania stali bardzo miękkiej (Krupp, Extra-weich) nożem płaskim o kątach odsadzenia 6° i natarcia 20° , przy grubości warstwy skrawanej 0,5 mm. Film (a) przedstawia moment kiedy nóż zagłębił się w materiał próbki. W dalszym ciągu filmu (b) widoczne jest tworzenie się wióra i następnie (c) — normalny przebieg skrawania.

W celu lepszego zorientowania się w ogólnym charakterze zgniotu próbki i wióra, skrawanie w pewnym momencie przerwano i wykonano mikrofotografie (rys. 21) w miejscu tworzenia się wióra.



Rys. 32. Zdjęcie mikroskopowe skrawania duraluminu — miejsce przy ostrzu noża. $\times 50$.

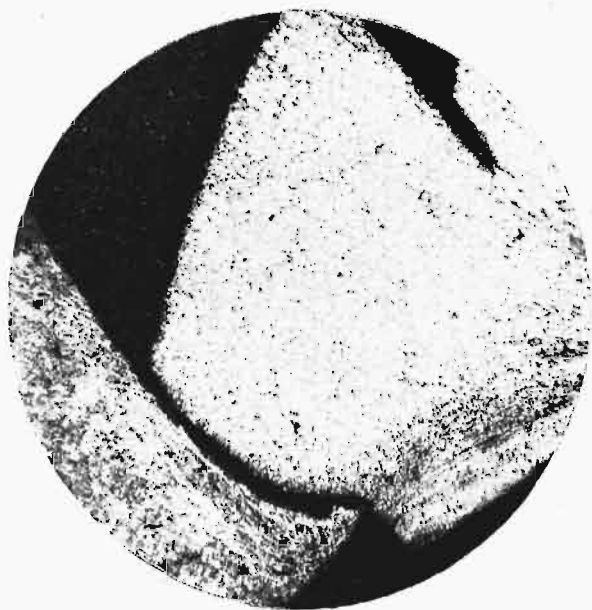


Rys. 23. Zdjęcie mikroskopowe wióra od strony wierzchu noża. $\times 200$.

Na rys. 22 uwidoczniono to samo miejsce, tylko w powiększeniu 200-krotnym. Widoczny jest doskonale zgniot, jaki nastąpił w bezpośrednim sąsiedztwie powierzchni skrawania próbki i w samym wiórze, co jeszcze lepiej uwidocznia mikrofotografia rys. 23 ($\times 200$) samego wióra. Poza ostrzem noża tworzy się pęknięcie, warstwy zgniecionego materiału oddzielają się od materiału próbki i nasuwają na nóż; linie zgniotu początkowo mają charakter krzywych, wygiętych w stronę noża, stopniowo się wyprostowują, przyczem warstwy, które trą się o powierzchnię natarcia noża, są prawie styczne do tej powierzchni.

Na rys. 24 (tab. II) uwidoczniiony jest przebieg skrawania stali bardzo miękkiej, innego pochodzenia niż poprzednia, nożem o kątach odsadzenia 12° i natarcia 18° ; grubość warstwy skrawanej 0,5 mm. Na szeregu zdjęć (a, b, c, d) pokazane są charakterystyczne obrazy filmowe, które w sposób jasny uwidoczniają przebieg skrawania i mechanizm tworzenia się wióra. Wiór z tego materiału przy użyciu danego noża otrzymujemy ciągly, bez pęknięć.

Następnie wykonano badanie, pokazane na filmie rys. 25 (tab. III) przebiegu skrawania tego samego materiału, którego powierzchnia czółowa była przedtem obrobiona grubym wiórem. wskutek czego została dość znacznie utwardzona. Skrawanie uskuteczniiono wiórem o grubości 0,5 mm, nożem płaskim o kątach odsadzenia 4° i natarcia 20° . Przy skrawaniu cienkim wiórem warstwy, utwardzonej przez uprzednią obróbkę wiórem grubym, otrzymujemy wiór pod postacią oddzielnych niezwiązanych ze sobą wiórków, bardzo nieregularnej formy; obrobiona powierzchnia posiada cały szereg zadziorów. Przebieg skrawania jest prawie



Rys. 34. Zdjęcie mikroskopowe skrawania duraluminu; rozdzielanie się wióra. $\times 50$.



Rys. 35. Zdjęcie mikroskopowe skrawania duraluminu; część wióra przy wierzchu noża. $\times 45$.

taki sam, jak przy skrawaniu materiałów kruchych. Z tego doświadczenia wynika wniosek, że po obrobieniu przedmiotów grubym wiórem należy, w celu otrzymania powierzchni gładkiej, skrawać jeszcze raz wiórem stosunkowo ciekim, a dopiero następnie wiórem zupełnie ciekim.

Bardzo ciekawe doświadczenia były przeprowadzone nad skrawaniem stali bardzo miękkiej nożem Klopstocka o kątach natarcia 37° , odsadzenia 12° ; szerokość ścina wynosiła 0,4 mm, grubość skrawanej warstwy 0,6 mm. Szereg zdjęć filmowych (rys. 26 a—f, tab. III) wskazuje całkowity przebieg skrawania w tym przypadku; widoczny jest początek zagłębienia się noża w materiał, następnie powstawanie narośli na ściętej części noża pod postacią klina o zaokrąglonym wierzchołku, którego przednia część wgłębia się w materiał skrawany. Przez cały czas skrawania klin jest przyklejony do ścian noża i jest jakby jego nierozdzieloną częścią. Klin składa się z drobnutkich płytek zgnieczonego materiału, które w czasie skrawania są odrywane z powierzchni klina i odnawiane. Materiał zgnieciony nad klinem spływa lekko po jego bocznej powierzchni, a następnie po powierzchni natarcia noża. Otrzymaliśmy zjawisko takie samo, jak omawiane poprzednio przy skrawaniu stali miękkiej nożem o nieodpowiednich kątach natarcia. Powierzchnia próbki jest nierówna i posiada cały szereg zadziurów.

Na rys. 27 (tab. II) pokazany jest w znacznym powiększeniu wierzchołek noża wraz z klinem zgnieczonego materiału.

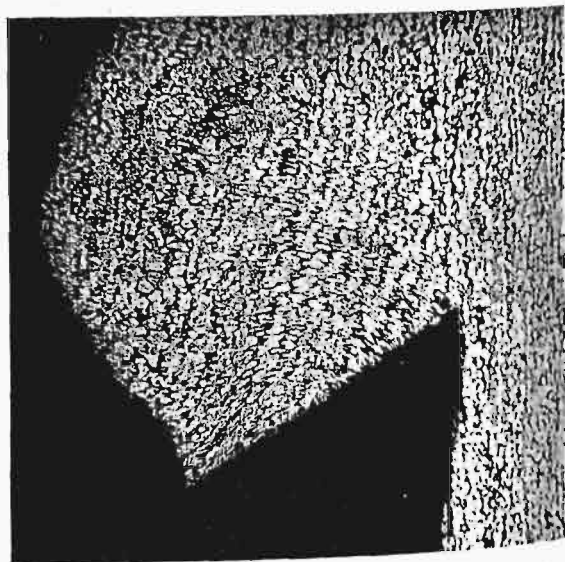
W dalszym ciągu na rys. 28 (tab. IV) pokazany jest szereg zdjęć filmowych przebiegu skrawania żeliwa nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 20° ; grubość warstwy skrawanej 0,5 mm. Na filmie (a) widoczny jest początkowy okres zagłębiania się noża w materiał próbki, tworzenie się i oddzielanie pierwszej płytki wióra, w kształcie prawidłowego trójkąta. Na następnych filmach (b, c) to samo zjawisko powtarza się, jednak wska-

tek niejednorodności materiału nosi charakter mniej prawidłowy, co zresztą potwierdzają dalsze zdjęcia (d) i (e).

Otrzymujemy wiór drobny, składający się z oddzielnych płytek, charakterystyczny dla materiałów kruchych.

Na rys. 29 (tab. V) widoczny jest szereg zdjęć filmowych przebiegu skrawania cynku nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 20° . Na odcinkach filmowych (a, b, c) pokazane jest początkowe tworzenie się wióra, który przez cały czas pozostaje niezmienny. Otrzymujemy wiór ciągły, typowy dla materiału plastycznego.

Proces skrawania aluminium nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 20° uwidoczniony jest na rys. 30. Powierzchnia czołowa próbki była uprzednio utwardzona przez zdjęcie grubej warstwy, co jest widoczne na poszczególnych zdjęciach. Na kolejnych filmach (a — f, tab. V) pokazane są



Rys. 36. Zdjęcie mikroskopowe skrawania mosiądzu; miejsce przy ostrzu noża. $\times 45$.



Rys. 38. Zdjęcie mikroskopowe skrawania magnezu; miejsce przy ostrzu noża. $\times 45$.

poszczególne momenty tworzenia się wióra. Nóż stopniowo zagłębia się w materiał, tworzy się zgniot, charakterystyczny dla materiałów plastycznych, następnie powstaje szereg drobnych pęknięć, które stopniowo się rozszerzają i dochodzą do powierzchni zewnętrznej. W tej chwili wiór się rozdziela i tworzy oddzielną płytkę, jak przy materiałach kruchych. Otrzymujemy wiór, składający się z oddzielnych płytek prawidłowej formy.

Rys. 31 (tabl. VIII) uwidocznia proces skrawania duraluminu nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 5° . Szereg kolejnych zdjęć (a, b, c) uwidocznia wyraźnie tworzenie się wióra, który składa się z oddzielnych płytek prawidłowego kształtu.

Na mikrofotografii rys. 32 (str. 467 w powiększeniu 50-krotnym i na rys. 33 (tab. VIII) w powiększeniu 200-krotnym pokazane jest miejsce przy ostrzu noża, przy skrawaniu duraluminu. Widoczne są linie zgniotu wióra i niewielki zgniot materiału próbki.

Mikrofotografia rys. 34 przedstawia miejsce rozdzielenia się wióra. Górna część wióra i stopień zgniotu są widoczne na mikrofotografii rys. 35.

Mikrofotografie rys. 36 i 37 (tab. VIII) uwidoczniają zgniot wióra i próbki przy skrawaniu m o s i ą d z u. Należy zaznaczyć, że zgniot jest tu znacznie mniej zakcentowany, niż w próbkach żelaznych.

Na rys. 38 pokazana jest mikrofotografia skrawania próbki m a g n e z u o budowie komórkowej, przyczem ziarna nie ujawniają widocznego zgniotu; widoczne są tylko naderwania materiału, zarówno wióra, jak i próbki, pochodzące od nacisku noża na powierzchnię obrabianą.

Poza wyszczególnionymi wyżej filmami był wykonany jeszcze cały szereg zdjęć procesu tworzenia się wióra. Jako wynik ogólny, przytaczamy poniżej przekład krótkiej notatki, napisanej w języku francuskim przez ś. p. Prof. Mierzejewskiego w roku 1927 w związku z przygotowaniem przez niego wyświetleniem filmu zagranicą *).

*) Dosłowny tekst oryginalny tej notatki podajemy na str. 470.

Tworzenie się wiórów różnych metali.

„Bezpośrednia obserwacja na obrabiarkach tworzenia się wiórów z metali plastycznych i kruchych nie wystarcza do określenia mechanizmu odbywających się w sposób ciągły odkształceń danego ośrodka podczas procesu skrawania. Obserwacja mikroskopowa drobnych wiórów jest dużo wygodniejsza, ze względu na możliwość obserwacji poślizgów w polu odkształceń na powierzchni dobrze odpolerowanej. Mniej lub więcej zaznaczone prążki dobrze uwydatniają przebieg odkształceń podczas powolnego ruchu noża.

Zdjęcie filmu miało na celu porównanie zbliska mechanizmu tworzenia się wiórów w zależności od kąta skrawania i rodzaju metalu. W szczególności chodziło o tworzenie się pęknięć i o znaczenie zgniotu metalu. Film ułatwia również stwierdzenie wpływu zmian konstrukcyjnych narzędzi (Klopstock).

Badania powyższe pozwoliły stwierdzić, że podczas skrawania metali, nawet jaknajbardziej ciągliwych, odkształcenie zachodzi naskutek poślizgów wzdłuż powierzchni oddzielenia wióra. Odkształcenia, zachodzące we wnętrzu obszaru, stanowiącego wiór, są bardzo małe. Można też powiedzieć, że obszar ten zachowuje się jak ciało sztywne.

Zgniot odgrywa ważną rolę w zjawisku skrawania metali. Metal, uprzednio zgnieciony na powierzchni, zachowuje się podczas skrawania jak inny metal. Niniejszy film jest doskonałą dokumentacją powyższego faktu. Filmy kinematograficzne powinny być punktem wyjścia do wyznaczania uproszczonych schematów, dotyczących odkształceń metali plastycznych, ponieważ dają nam możliwość porównywania z bardzo dużą dokładnością położenia linii charakterystycznych w polu odkształceń według kolejnych obrazów. W ten sposób można również otrzymywać pola szybkości odkształceń i sprawdzać wartość różnych hipotez, tyjących się zasad teorii plastyczności metali.

Praktycznym celem filmu jest poszukiwanie warunków, w których uzyskuje się zupełnie gładką powierzchnię obróbkową”.

Les recherches sur la coupe des métaux

R é s u m é

L'auteur donne une description détaillée des recherches sur les phénomènes de coupe des métaux exécutées par leu M. H. Mierzejewski, professeur à la Chaire du Travail des Métaux à l'École Polytechnique de Varsovie.

Après avoir rappelé que le programme des travaux du Laboratoire du Travail des Métaux englobait, outre les recherches sus-dites, aussi les problèmes de la métrologie technique et des essais des machines-outils, l'auteur passe en revue les méthodes et les appareils appliqués par le prof. Mierzejewski pour son étude sur la coupe des métaux.

L'auteur, qui était l'un des plus proches collaborateurs du dit professeur, divise les recherches décrites en 3 périodes suivant les méthodes employées. Pendant la première période M. Mierzejewski s'occupait de la résistance à la coupe de divers métaux pour diverses épaisseurs des copeaux et diverses formes de l'outil, ainsi que de l'étude du mécanisme de la formation du copeau au moyen de la photographie ordinaire et stéréoscopique. Les résultats de ces

recherches sont représentés par un grand nombre d'images photographiques (fig. 2—17) qui ont permis d'arriver à d'intéressantes conclusions.

La seconde période des recherches se caractérise par l'emploi — pour la première fois dans les travaux de ce genre — de la technique cinématographique pour l'enregistrement du procès de formation d'un copeau.

Ayant décrit la technique de ces recherches, l'auteur soumet à examen un grand nombre de fragments des films obtenus par M. Mierzejewski et en tire certaines conclusions. Malheureusement la mort du prof. Mierzejewski ne lui a pas permis d'achever ses vastes recherches et d'en tirer toutes les conclusions. C'est pourquoi l'auteur termine son article en citant le texte de la notice que M. Mierzejewski avait préparé pour le Congrès International en 1928, lorsque on démontra ses films scientifiques. Voici ce texte:

NOTICE SUR LE FILM:

LA FORMATION DES COPEAUX DES DIFFÉRENTS MÉTAUX

L'observation directe de la formation, sur les machines-outils, des copeaux plastiques et fragiles ne suffit pas pour déterminer le mécanisme de la déformation continue du milieu correspondant pendant la coupe. L'observation sous microscope des copeaux miniatures est beaucoup plus commode, comme nous avons la possibilité d'observer les glissements dans le champ de déformation sur la surface bien polie. Les stries plus ou moins prononcées accusent bien la déformation progressive pendant un lente avancement de l'outil.

La prise des films avait pour but de comparer de plus près le mécanisme de formation des copeaux en relation avec les angles de coupe et la nature du métal. Spéciale-

ment il s'agit de la formation des fissures et du rôle de l'écroutissage du métal. Le film facilite aussi de constater le rôle des changements dans la construction des outils (Klopstock).

Les recherches ont permis de constater, que pendant la coupe, même dans les métaux les plus ductiles, la déformation est due aux glissements suivant la surface de séparation du copeau. Les déformations à l'intérieur du fragment, constituant le copeau, sont très petites. On peut dire que ce fragment se comporte comme un corps rigide.

L'écroutissage joue un rôle important dans les phénomènes de coupe des métaux. Le métal préalablement écroui à la surface se comporte comme un autre métal pendant la coupe. Le film peut servir comme une bonne documentation de ce fait.

Les films cinématographiques doivent être le point de départ pour la détermination des schémas simplifiés concernant la déformation des métaux plastiques, comme ils donnent la possibilité de comparer avec beaucoup de précision la position des lignes caractéristiques dans le champ de déformation suivant les images consécutives. On peut obtenir aussi de cette manière les champs des vitesses de déformation et contrôler la valeur des différentes hypothèses sur les lois de la théorie de la plasticité des métaux.

Le but pratique est la recherche des conditions dans lesquelles on obtient la surface très lisse au moyen d'un outil de coupe.

nż. W. BIERNAWSKI i Inż. A. STULGIŃSKI

Pomiary oporów skrawania prowadzone przez ś. p. Prof. H. Mierzejewskiego

Okres trzeci (1927 — 1929).

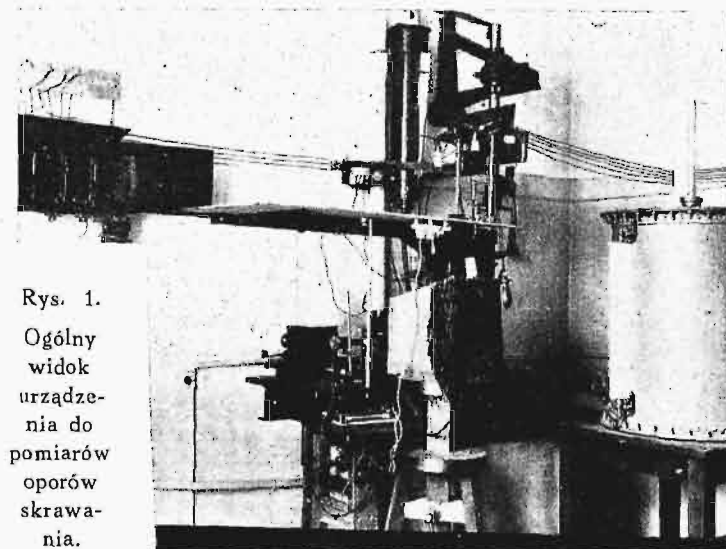
Badania nad oporami skrawania były prowadzone przez profesora H. Mierzejewskiego za pomocą urządzeń osobiście przez niego konstruowanych i wykonywanych w Zakładzie Obróbki Metali Politechniki Warszawskiej. Urządzenia te, jak omówiono w artykule poprzednim, ulegały pewnym udoskonaleniom i zostały doprowadzone w końcu do postaci opisanej niżej.

Schemat urządzenia.

Rys. 1 przedstawia ogólny widok urządzenia, zaś na rys. 2 i 3 są uwidocznione jego szczegóły. Próbka p zamocowana w ramie, przesuwającej się pionowo pod wpływem ciężaru q , zostaje skrawana nożem n , zamocowanym w dwuramiennym wahadłowym suporcie 5. Drugie ramie suportu, pod wpływem nacisku próbki na nóż, ścisła dynamometr węglowy 6. Wahania oporu elektrycznego dynamometru, wywołane zmianami nacisku próbki na nóż, zostają przekazane za pośrednictwem mostku m do pętli l_1 oscylografu Dudella 1. Zmiany prądowe w obwodzie pętli l_1 , znajdującej się w stałym polu elektromagnetycznym oscylografu, wywołują drgania tej pętli, rejestrowane na błonie światłoczułej, umieszczonej na bębnie aparatu Kippa 3.

Jednocześnie na tej samej błonie rejestrowano zmiany temperatur, zachodzące podczas skrawania, w ten sposób, że siły termoelektryczne, powstające podczas skrawania w miejscu styku noża z próbka, po odpowiednim wzmocnieniu we wzmacniaczu w , były przekazywane do drugiej pętli l_2 tego samego oscylografu Dudella.

Do zarejestrowania obu wyżej wspomnianych zjawisk w czasie, został użyty języczkowy oscylograf Dubois 2, który



Rys. 1.
Ogólny widok urządzenia do pomiarów oporów skrawania.

oscylując pod wpływem transformowanego 50-cio okresowego prądu zmiennego, kreślił sinusoidę na tej samej głonie światłoczułej.

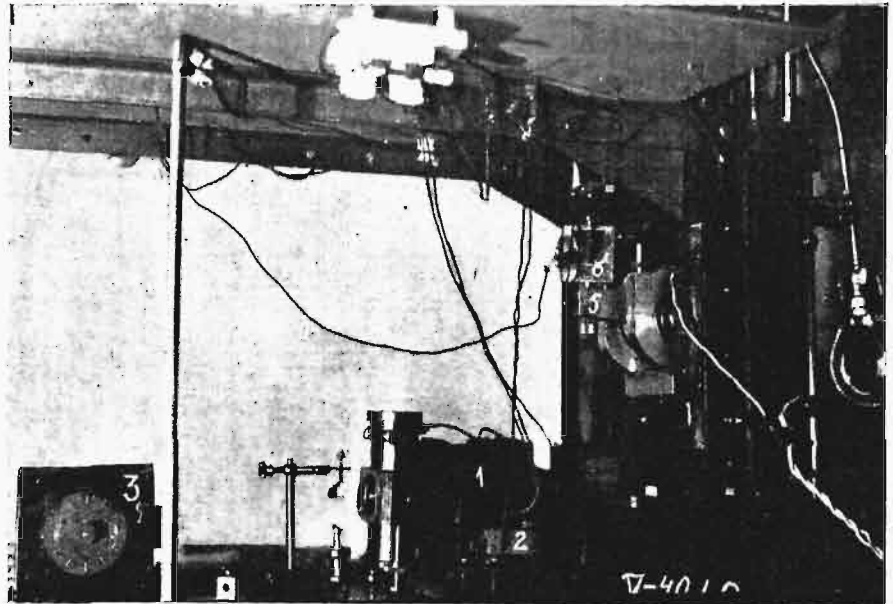
Opis składowych części urządzenia i przebiegu prób.

Próbka. Badania oporów i zmian temperatur podczas skrawania były dokonywane na następujących materiałach: stal, żeliwo, aluminium, duraluminium, cynk, cyna, miedź, mosiądz, bizmut, kadm, antymon, magnez i ołów.

W celu zbadania, w jak szerokich granicach możliwe były badania oporów skrawania na skonstruowanej aparaturze, użyto do prób, jak widać z powyższego zestawienia, materiałów o znacznie różniących się własnościach fizycznych.

Z materiałów tych wykonano próbki o kształcie zobrazowanym na rys. 4. Grubość tych próbek d , w zależności od wielkości oporu właściwego skrawania, wynosiła od 3 do 5 mm.

Rama. Rys. 5 i 6 uwidoczniają ramę, w której umocowywano próbkę p . Rama mogła się przesuwać w prowadnicach cylindrycznych ze pośrednictwem dwóch szeregów kulek. Konstrukcję prowadnic podaje rys. 7. Tego rodzaju prowadzenie próbki miało na celu zmniejszenie do minimum oporu tarcia podczas skrawania i zapewnienie prostoliniowego przesuwu próbki. Dla uzyskania stałego wióra ustawiało się próbkę według czujnika zegarowego.



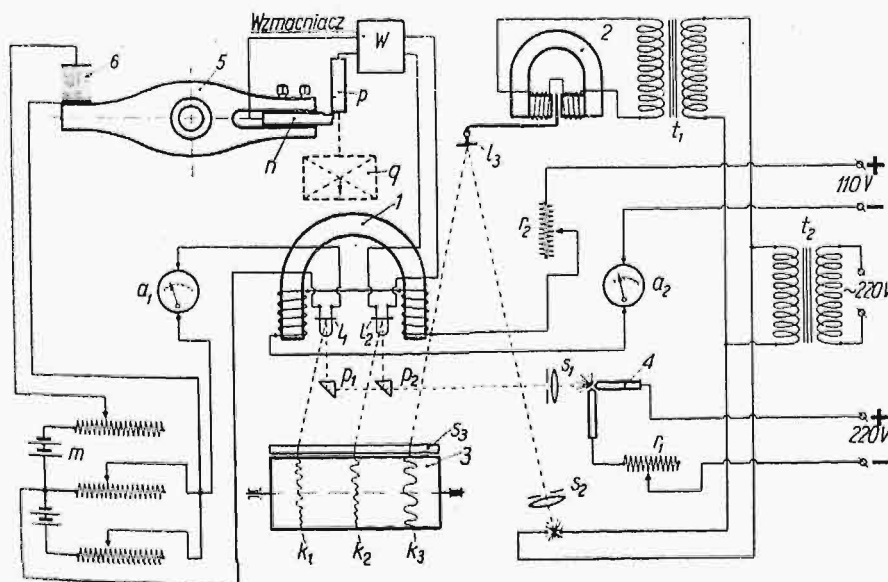
Rys. 2. Urządzenie do pomiarów oporów skrawania. 1 — oscylograf Dudell'a, 2 — oscylograf Dubois, 3 — aparat fotograficzny Kipp'a, 5 — suport wahadłowy, 6 — dynamometr węglowy.

Nóż. Głębokość skrawania można było regulować, przesuając nóż, zamocowany w suporcie wahadłowym, za pomocą śruby drobnozwojnej. Nóż posiadał kształt przedstawiony na rys. 8. Pro-



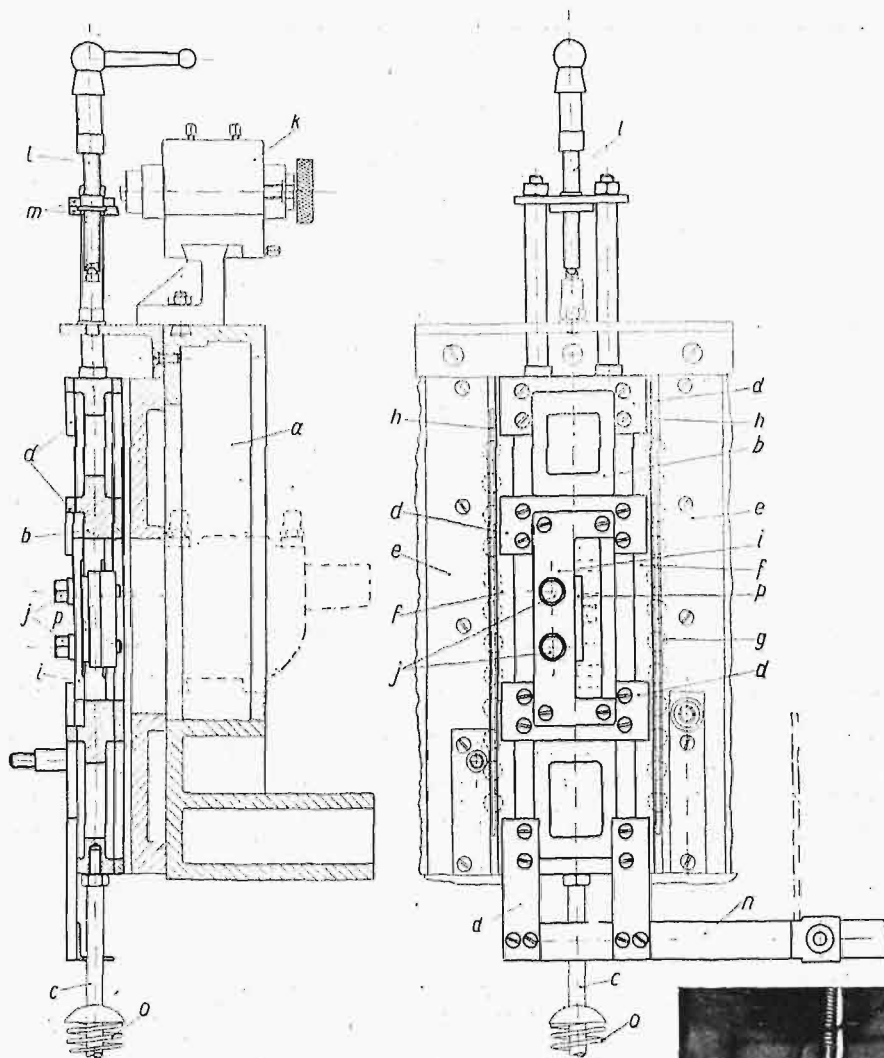
Rys. 4. Próbka. Grubość $d = 3$ lub 5 mm, w zależności od materiału badanego.

stolinjowa krawędź tnąca noża zdejmowała z próbki wiór o szerokości równej grubości próbki. W ten sposób, przez ustalenie głębokości skrawania, ustalało się jednoznacznie przekrój warstwy skrawanej.

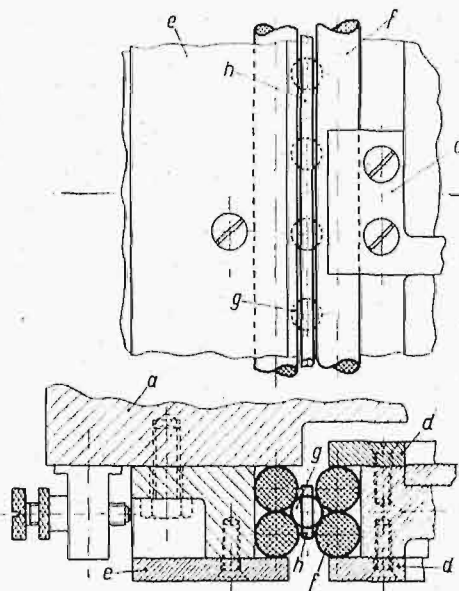


Rys. 3. Schemat urządzenia do pomiarów oporów skrawania. 1 — oscylograf Dudell'a, 2 — oscylograf Dubois, 3 — błonowy aparat fotograficzny Kipp'a, 4 — lampa łukowa, 5 — suport wahadłowy, 6 — dynamometr węglowy, a_1 — miliamperomierz od 0 — 20 Amp, a_2 — amperomierz od 0 — 20 Amp, k_1 — krzywa oporów skrawania kreślona na błonie światłoczułej, k_2 — krzywa temperatury, k_3 — krzywa czasu, l_1, l_2, l_3 — zwierciadła oscylografów, m — mostek, n — nóż, p — próbka, p_1 i p_2 — pryzmaty, r_1 i r_2 — opory, s_1 i s_2 — soczewki, s_3 — soczewka cylindryczna aparatu fotograficznego, w — wzmacniacz.

Sposób wahadłowy. Dla uzyskania możliwie wiernego odtworzenia zmian oporów skrawania, został głęboko przemyślany pod względem konstrukcyjnym, jak również doboru materiału, przyrząd, który z jednej strony musiał zapewnić silne uchwycenie noża, z drugiej zaś przekazać najsubtelniejsze zmiany oporu skrawania na dynamometr węglowy. W wyniku prób, dokonywanych z różnymi suportami do mocowania noża, zatrzymano się na typie suportu wahadłowego, wykonanego z duraluminu. Jego szczegóły konstrukcyjne i sposób zamocowania noża jest przedstawiony na rys. 9 i 10. Zastosowanie w suporcie łożysk stożkowo-rolkowych miało na celu zmniejszenie momentu oporu tarcia przy obrocie dźwigni oraz



Rys. 5.



Rys. 7.

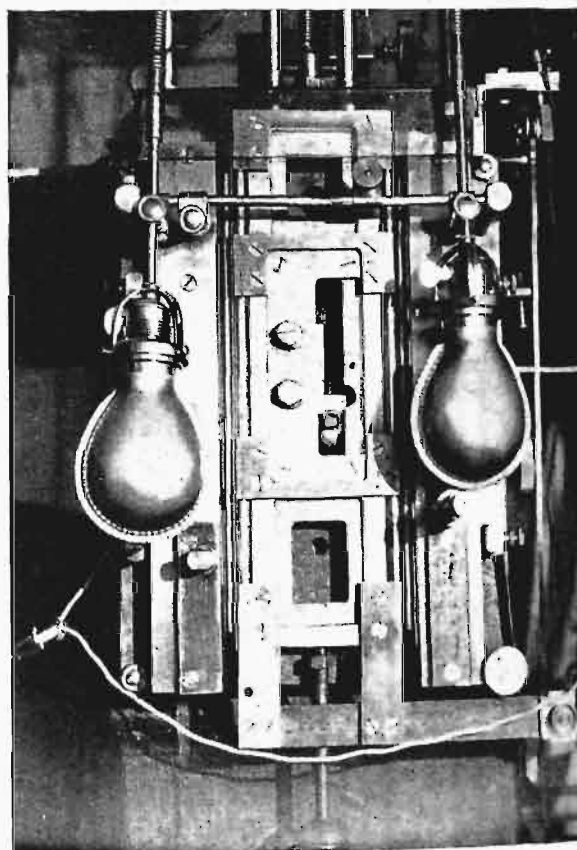
Rys. 5 i 7. Rama z zamocowaną próbką.

a — stojak, *b* — rama duraluminowa, *c* — ciągnio napędzające ramę, *d* — płytki, mocujące waleczki przewodnicowe na ramie, *e* — płytki mocujące waleczki przewodnicowe na stojaku, *f* — wálki przewodnicowe, *g* — kulki, *h* — płytka mosiężna z gniazdkami na kulki (kosz), *p* — próbka skrawana, *i* — uchwyty stalowy na próbkę, *j* — śruby mocujące próbkę, *k* — suport podtrzymujący ramę przed gilotynowaniem, *l* — śruba do podnoszenia ramy, *m* — płytki podtrzymkowe, *n* — ramię do zamocowania taśmy, służące do napędu bębna aparatu Kipp'a, *o* — amortyzator wstrząsów.

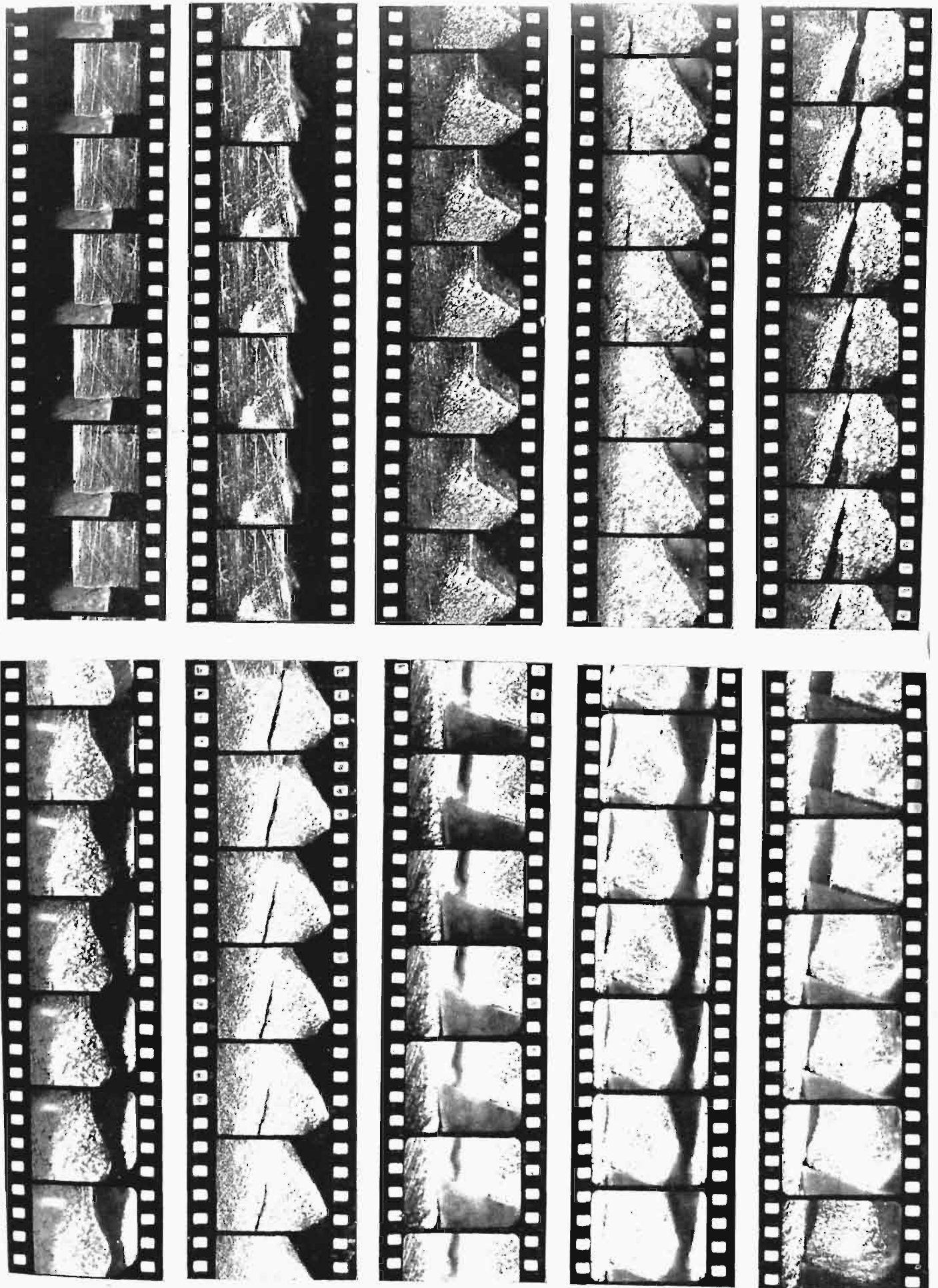
uniemożliwienie przesuwania się noża w kierunku głębokości skrawania.

Skrawanie. Po ustawieniu noża na pewną określoną głębokość skrawania i oparciu płytki o krawędź noża, stopniowo zwiększano nacisk próbki na nóż. Użycie wody, jako czynnika obciążającego próbkę i powodującego proces skrawania, było wywołane z jednej strony względami na uproszczenie, a głównie ułatwienie użycia aparatury, z drugiej zaś strony łatwego określenia użytego obciążenia drogą pomiarów objętościowych przez wlewanie wody, ściśle określonymi „porcjami”, do zbiornika, zawieszzonego u spodu ramy (rys. 11). Po osiągnięciu tą drogą pewnego nacisku, następowało skrawanie próbki.

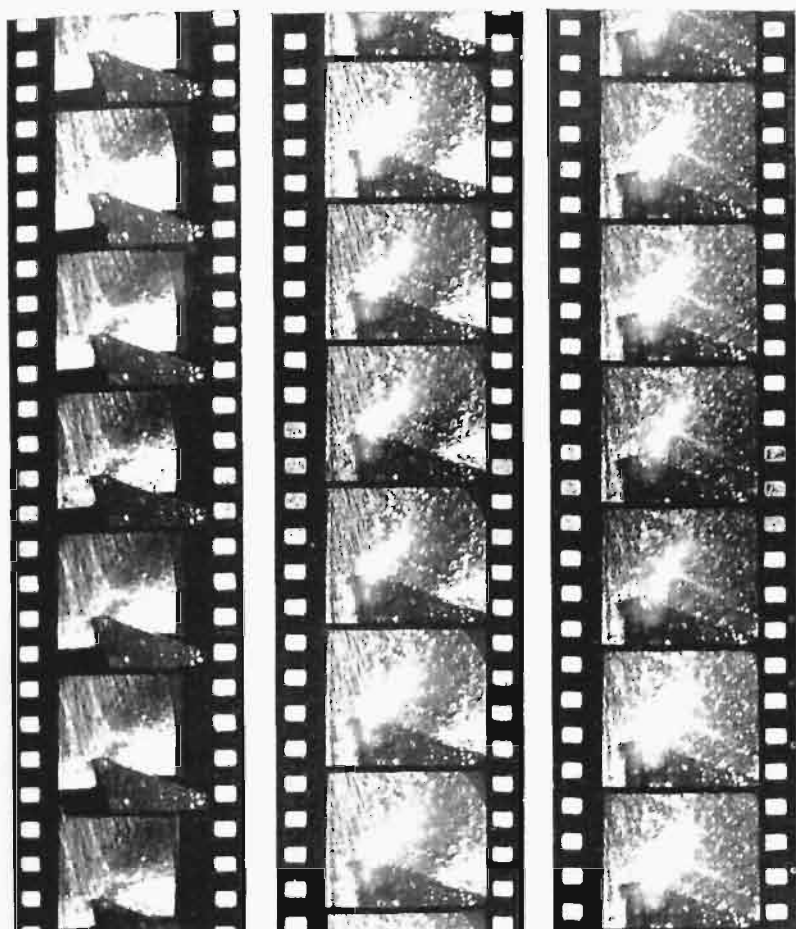
Poza wyżej wspomnianym „porcjowem” obciążeniem ramy, dla uzyskania równomiernie wzrastającego obciążenia próbki, posiłkowano się butlą Mariotte'a (rys. 12 i 13). Jak wiadomo, butla Ma-



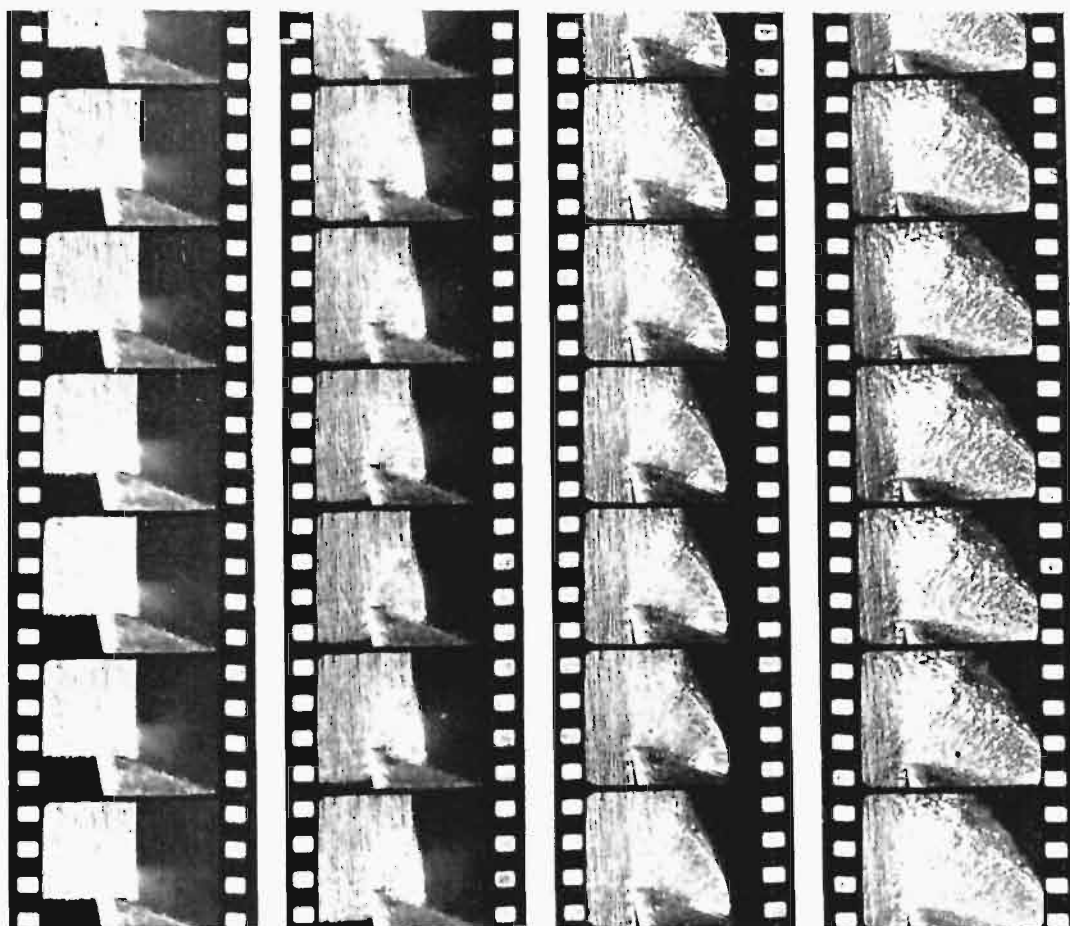
Rys. 6. Rama z założoną próbką i nożem. Z prawej strony widoczna taśma stalowa, służąca do przenoszenia ruchu ramy na bęben aparatu Kipp'a.



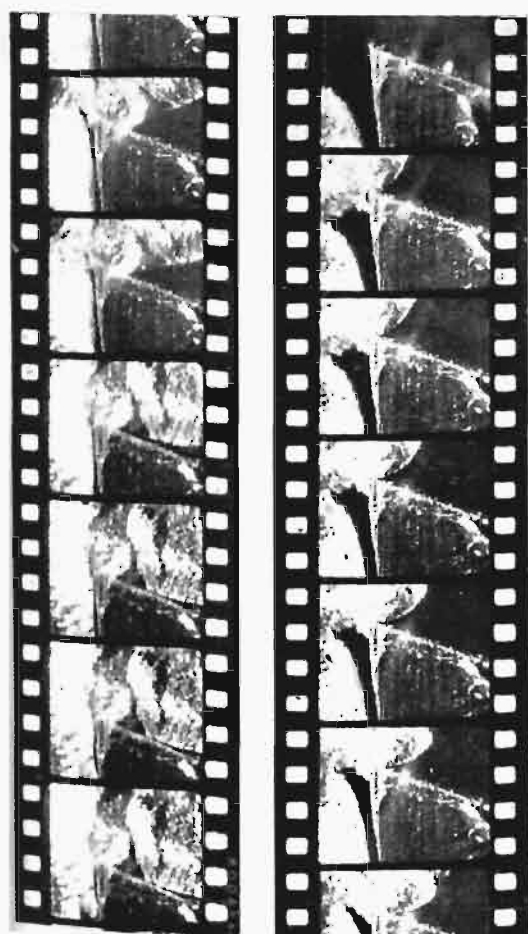
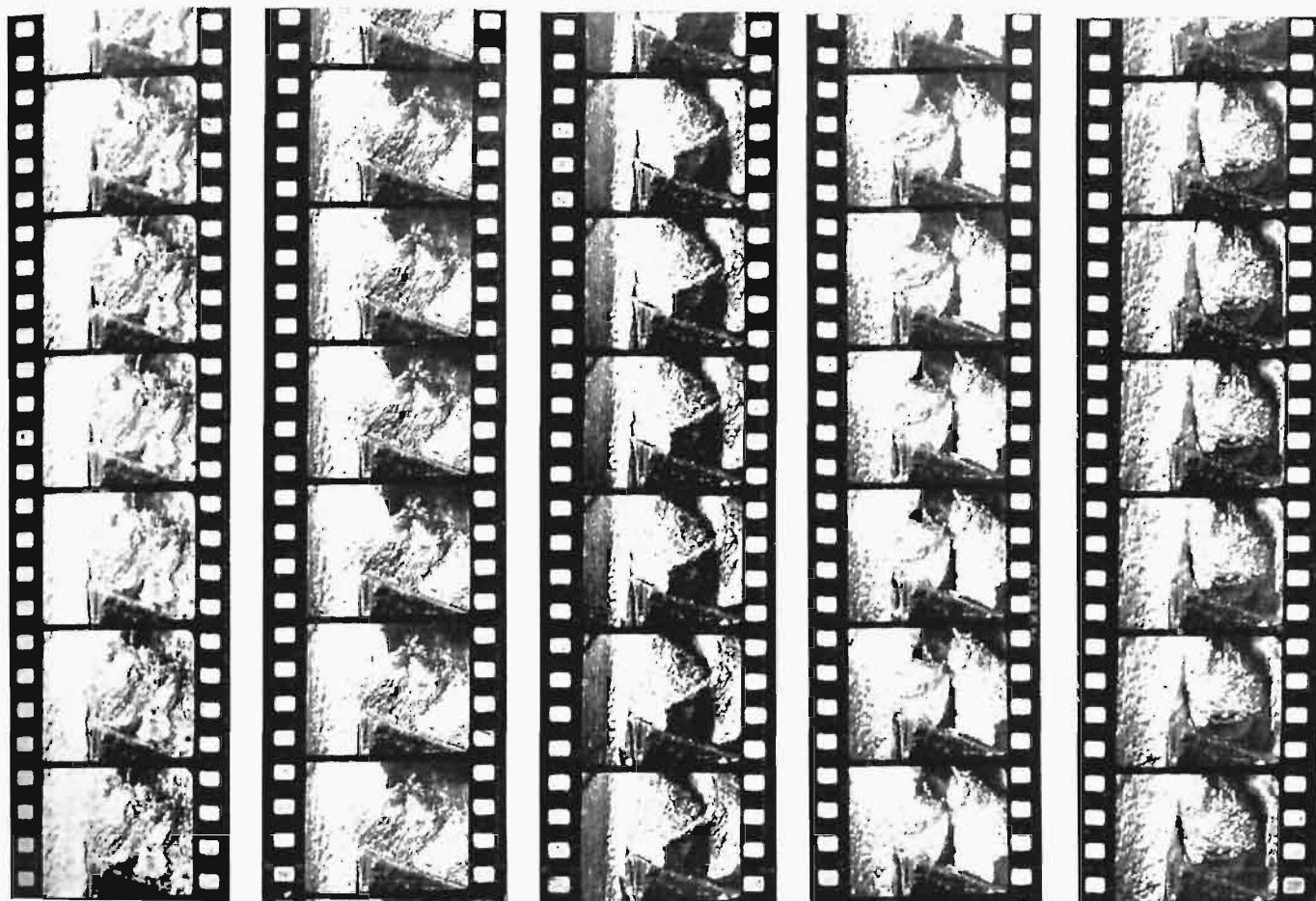
Rys. 19 (a — e oraz f — k). Fragmenty filmu przebiegu skrawania stali maszynowej o twardości 263 kg/mm^2 nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 18° przy grubości warstwy skrawanej $0,5 \text{ mm}$. $\times 10$.



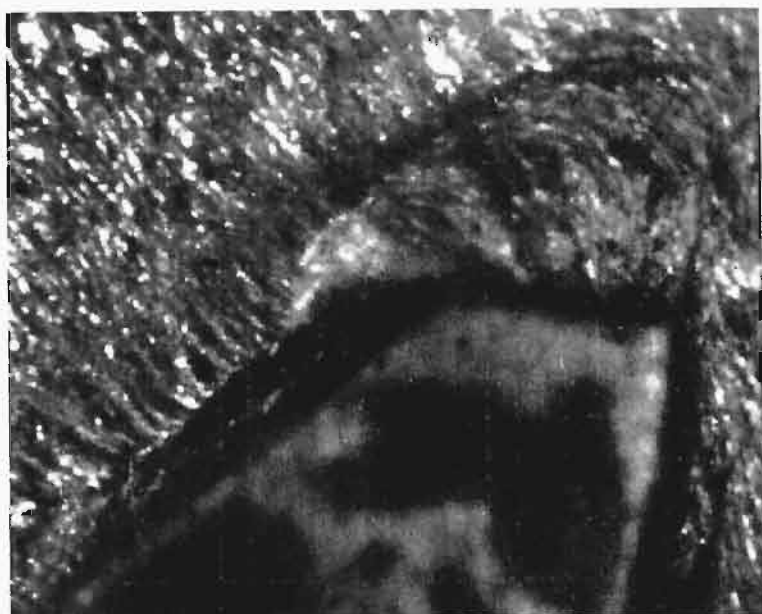
Rys. 20 (a, b, c). Fragmenty filmu przebiegu skrawania stali bardzo miękkiej nożem o kątach odsadzenia 6° i natarcia 20° ; grubość warstwy skrawanej 0,5 mm. $\times 10$.



Rys. 24 (a, b, c, d). Fragmenty filmu przebiegu skrawania stali bardzo miękkiej nożem o kątach odsadzenia 12° i natarcia 18° ; grubość wióra 0,5 mm. $\times 10$.



Rys. 25 a, b, c, d, e (u góry) oraz 25 f, g (z lewej strony).
 Fragmenty filmu przebiegu skrawania stali bardzo miękkiej
 nożem o kątach odsadzenia 4° i natarcia 20° ; grubość wióra
 $0,5 \text{ mm. } \times 10$.

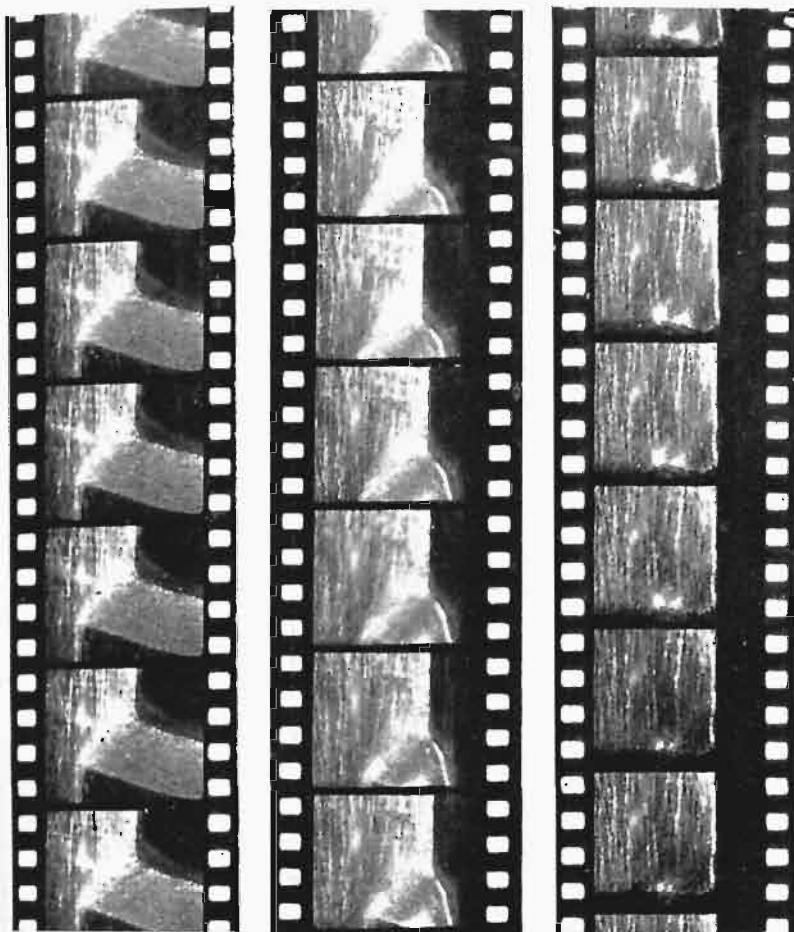


Rys. 27. Wierzchołek noża Klopstock'a wraz z klinem
 zgniecionego materiału w znacznym powiększeniu.



Rys. 26 a — f (u góry). Fragmenty filmu skrawania stali b. miękkiej nożem Klopstock'a (kąt nat. 37° , odsadz. 12° ; szer. ścina $0,4$ mm.; grub. warstwy skraw. $0,6$ mm.). $\times 10$.

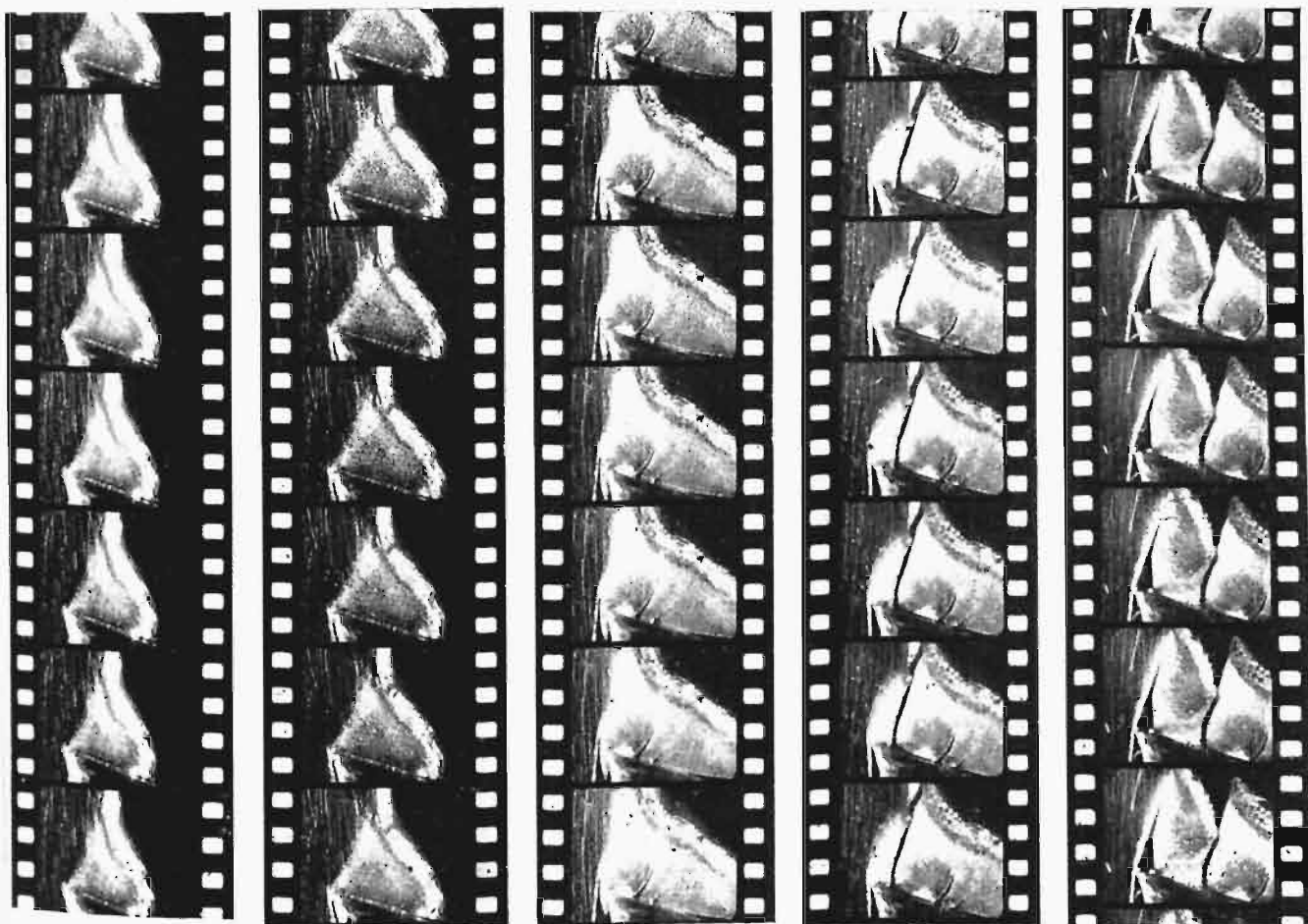
Rys. 28 a — e (u dołu). Fragmentu filmu skrawania żeliwa (kąt nat. 20° , odsadz. 8° ; grub. warstwy skraw. $0,5$ mm.). $\times 10$.



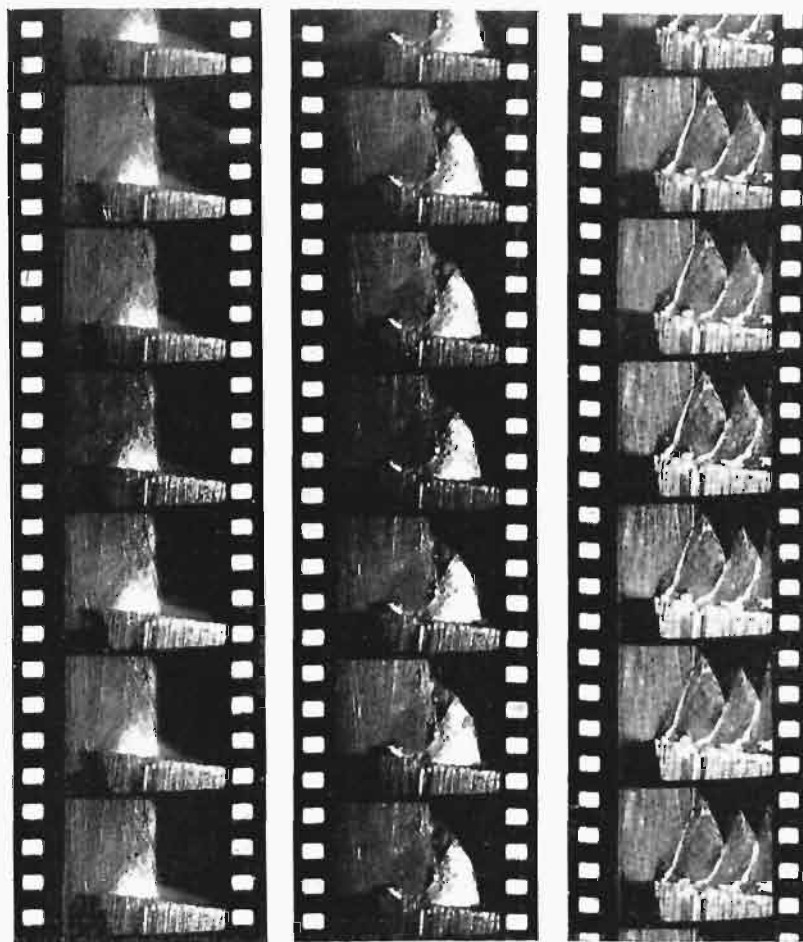
Rys. 29 a — c (na lewo).
Fragmenty filmu przebiegu skrawania cynku nożem o kątach odsadzenia 9° i natarcia 20° ; $\times 10$.



Rys. 30 a (na prawo).
Rys. 30 b — f (u dołu).



Rys. 30 a oraz b — f. Fragmenty filmu przebiegu skrawania aluminium nożem o kątach odsadzenia 8° i natarcia 20° ; grubość warstwy skrawanej 0,5 mm. $\times 10$.



Rys. 31 (a, b, c). Fragmenty filmu przebiegu skrawania duraluminu nożem o kątach osadzenia 8° i natarcia 5° ; grubość warstwy skrawanej 0,5 mm. $\times 10$.

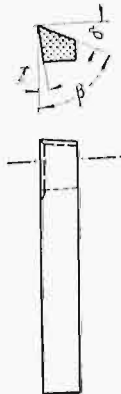


Rys. 33. Zdjęcie mikroskopowe skrawania duraluminu; miejsce przy ostrzu noża. $\times 200$.



Rys. 37. Zdjęcie mikroskopowe skrawania mosiądzu; miejsce przy ostrzu noża. $\times 150$.

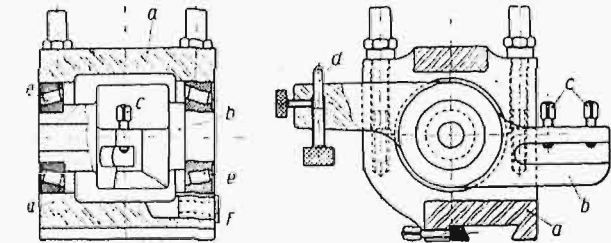
riotte'a zapewnia stałą ilość wody wypływającej w jednostce czasu, niezależnie od poziomu wody w naczyniu. Próbkę, które płynęły pod stopniowo zwiększającym się obciążeniem (np. próbki z magnezu, duraluminu i antymonu), oraz te, dla których siła skrawająca (przy grubości wióra około 1 mm) wynosiła mniej niż 80 kg (ciężar ramy plus ciężar zbiornika), były „gilotynowane”, czyli skrawane raptownie.



Rys. 8. Nóż.

Katy: δ — kąt skrawania, γ — kąt przybicia, ζ — kąt natarcia.

„Gilotynowanie” odbywało się w ten sposób, że ramę wraz z założoną próbką podnosiło się do góry i opierało na pręcie stalowym, osadzonym w małym suporcie (rys. 11). Suport znajdował się na takiej wysokości, że próbka zleka się opierała na nożu, natomiast prawie cały ciężar ramy i zbiornika spoczywał na pręcie stalowym. Na dany sygnał cofano pręt, i rama wraz z próbką spadała pod obciążeniem własnym i zbiornika.



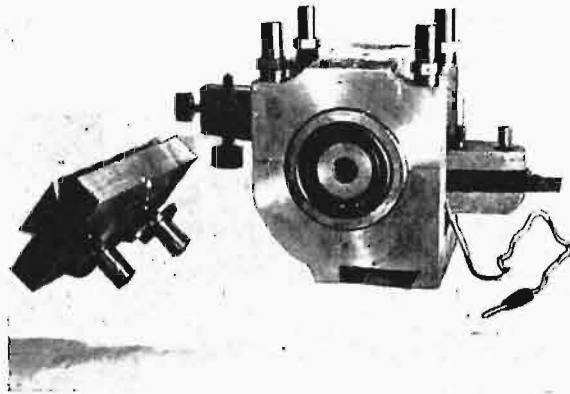
Rys. 9. Suport wahadłowy.

a — podstawa dwudzielna suportu, b — dźwignia dwuramienna, c — śruby mocujące nóż, d — śruba przenosząca nacisk na dynamometr, e — łożyska stożkowo-rolkowe, f — nakrętka śruby, przesuwającej suport przy nastawieniu na grubość wióra.

Dynamometr. Nacisk próbki na nóż, oraz jego zmiany podczas skrawania, były przekazywane za pośrednictwem wahadłowego suportu na dynamometr^{*)} węglowy, rys. 14. Odkształcenia sprężyste ramki dynamometru i umieszczonego wewnątrz słupka płytek grafitowych powodowały zmiany oporu elektrycznego tego słupka, które za pośrednictwem mostku elektrycznego powodowały zmiany prądowe w obwodzie oscylografu.

Oscylograf Dudell'a. Na rysunku 15 jest podany widok z przodu oscylografu Dudell'a, użytego do rejestracji zmian oporów skrawania. W silnym stałym polu elektromagnesów, zasilanych prądem akumulatorowym w celu uzyskania możliwie najbardziej stałego natężenia pola elektromagnetycznego, znajdowały się dwie pętle z

cienkich tasiemek metalowych z przytwierdzonymi do nich małymi lusterkami. Pod wpływem zmian prądu, przepływającego przez pętlę, powstawał

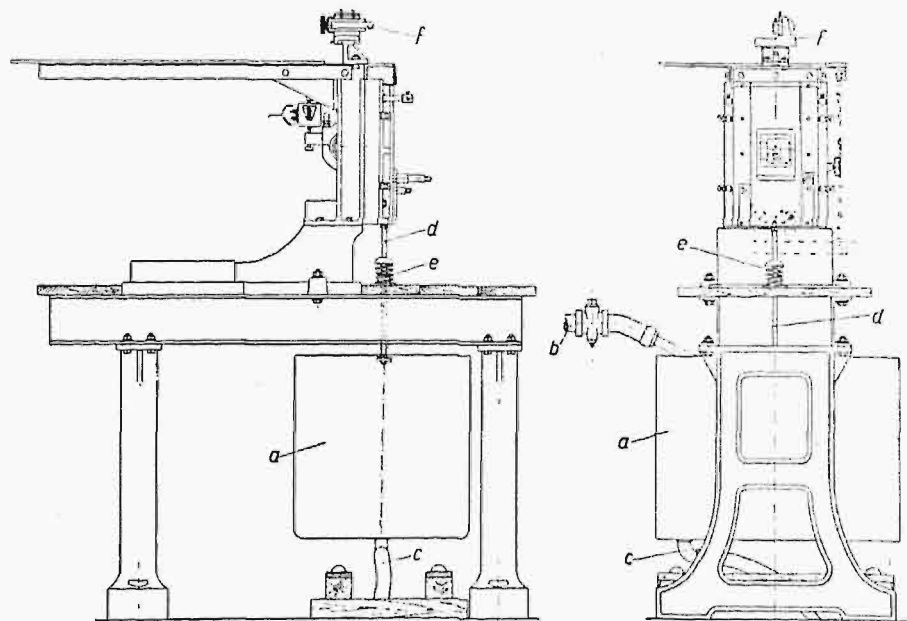


Rys. 10. Suport wahadłowy, duraluminowy z założonym nożem. Do noża, izolowanego miki, przylutowany przewodnik do połączenia z aparaturą rejestracji temperatur skrawania.

moment elektrodynamiczny, który powodował wychylenie się pętli wraz z lusterkami. Częstota drgań własnych tych pętli wynosiła ok. 1000 okr./sek. Dla tłumienia drgań własnych oscylografu, występujących pod wpływem silniejszych bodźców elektrycznych, przestrzeń, w której znajdowały się pętli oscylografu, była wypełniona olejem parafinowym. Na rys. 15 za szybką okrągłego okienka oscylografu widoczne są obie pętli, z których lewa była używana do rejestracji oporów, prawa zaś do rejestracji temperatur, występujących podczas skrawania.

Włączenie do badań nad skrawaniem zagadnienia wyznaczania i rejestracji temperatur występujących przy skrawaniu nastąpiło w końcu 1927 r.

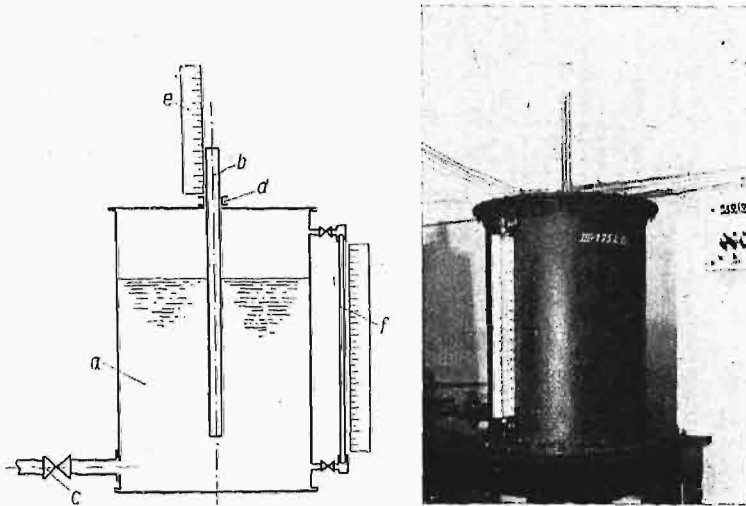
Rejestracja temperatur. Dotychczasowe wyznaczanie temperatur podczas skrawania odbywało się przez ujawnienie termoprądów, powstają-



Rys. 11. Zbiornik wody.

a — zbiornik, b — rura dopływowa, c — rura odpływowa, d — ciągnio, łączące zbiornik z ramą, e — amortyzator sprężynowy, f — suporek do gilotynowania.

*) H. Mierzejewski i S. Cegliński. Dynamometr węglowy. 1925.



Rys. 12 i 13. Butla Mariotte'a.

a — zbiornik wody, b rura wysuwana, regulująca szybkość wypływu wody, c — zawór spustowy, d — dławnica uszczelniająca, e — skala szybkości wypływu wody, f — skala objętościowa.

cych w termoparze, umieszczonej w pobliżu skrawanego wióra, pod wpływem wywiązującego się ciepła w miejscu skrawania. Wydzielane ciepło pochłaniały głównie masa obrabianego ciała i narzędzie. Część ciepła udzielała się wywzorcowanej termoparze o dużej sile termoelektrycznej; powstający prąd był odczytywany bezpośrednio lub notowany na aparatach samorejestrujących.

Zazwyczaj termopara była umieszczana w wydrażonym nożu, w którym rozprowadzane ciepło wywiązywało się nie tylko wskutek skrawania metalu, lecz również wskutek tarcia wióra o nóż. Zrozumiałą jest rzeczą, że tą metodą można było tylko w dużym przybliżeniu oznaczyć średnią temperaturę noża oraz jej średnie zmiany w czasie.

Na przeszkodzie do wyznaczenia rzeczywistych zmian temperatur w dostatecznie małych okresach czasu stały: bezwładność cieplna i bezwładność

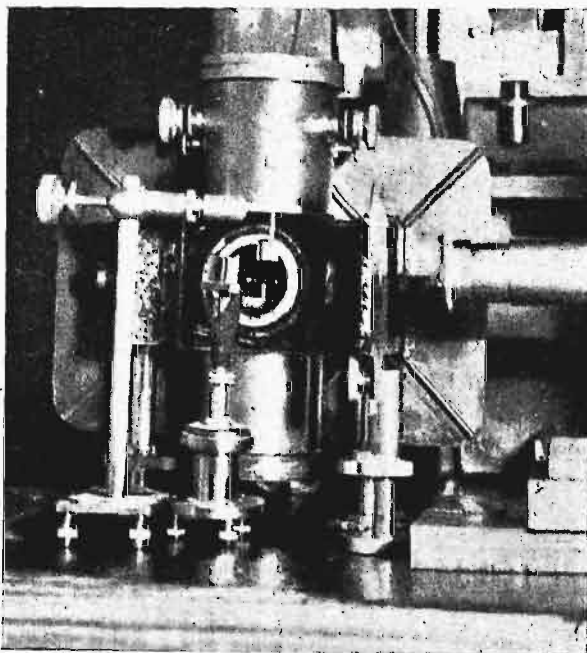
aparatów pomiarowych. W celu zredukowania do minimum bezwładności cieplnej oraz bezwładności mechanicznej przyrządów pomiarowych, zastosowano metodę, która umożliwiła ujawnienie zmian w dostatecznie małych okresach czasu (około 1/700 sek). W tym celu posiłkowano się następującym urządzeniem:

Skrawana próbka i nóż, starannie izolowany mikią, tworzyły termoparę, w której w chwili skrawania powstawały zmienne słabe siły termoelektryczne, zależne (według krzywych: siła termoelektryczna — temperatura dla danej termopary) od temperatur.

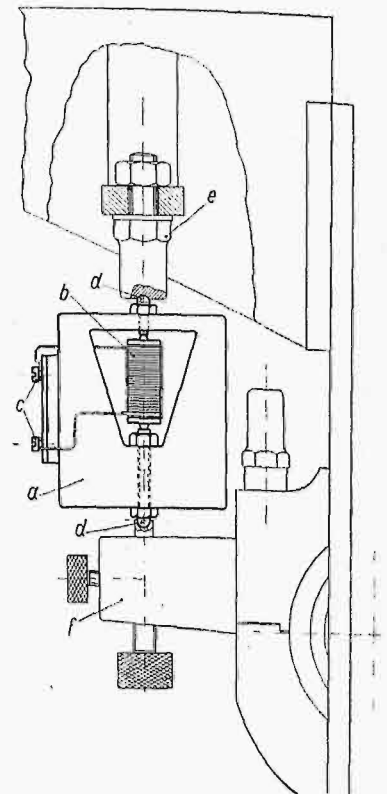
Wobec niemożności umiejscowienia końców termopary: nóż — skrawana próbka w kąpeli o stałej temperaturze, przyjmowano dla „zimnych końców” termopary temperaturę otoczenia.

Wobec dużego chłodzenia próbki przez masę ramy, dostatecznie długiego noża i krótkiego czasu skrawania, można było przyjąć, że temperatura zimnych końców w czasie skrawania nie ulegała zmianie.

Pomiar sił termoelektrycznych uskuteczniało za pomocą starannie wywzorcowanego oscylografu

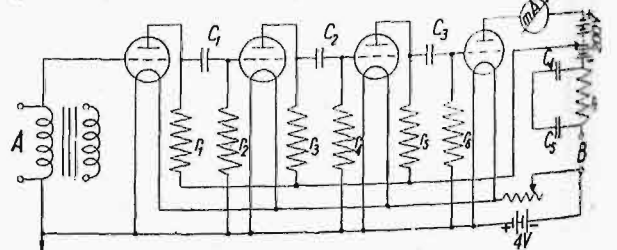


Rys. 15. Oscylograf Dudell'a. W okienku oscylografu widoczne dwie pętle ze zwierciadełkami.



Rys. 14. Dynamometr węglowy do zamiany oporów mechanicznych na opory elektryczne.

a — ramka stalowa, b — płytki z węgla retortowego, c — zaciski, łączące opór zmienny z obwodem elektrycznym rejestracji nacisków, d — kulki oporowe, e — kolumnienka oporowa, połączona z korpusem stojaka, f — ramie dźwigi suportu wahadlowego.



Rys. 16. Schemat wzmacniacza.



Rys. 17. Aparat do rejestracji fotograficznej Kipp'a.

1 — pokrywa aparatu, 2 — bęben z błoną światłoczułą. Na prawo widoczna taśma stalowa, napędzająca bęben aparatu.

Dudell'a. Do wzmożenia i przekazania w możliwie najmniej skażonej formie zmian sił termoelektrycznych, mających być miarą temperatur skrawania, użyto 4-stopniowego wzmacniacza oporowego, przedstawionego na załączonym schemacie, rys. 16.

Najwięcej trudności sprawiało usunięcie wpływów ubocznych i pojemnościowego oraz indukcyjnego oddziaływania na siebie poszczególnych elementów aparatu.

Przez włączenie pierwotnego uzwojenia transformatora telefonicznego w obwodzie siatka—ziemia pierwszej lampy, udało się całkowicie stłumić drgania własne układu.

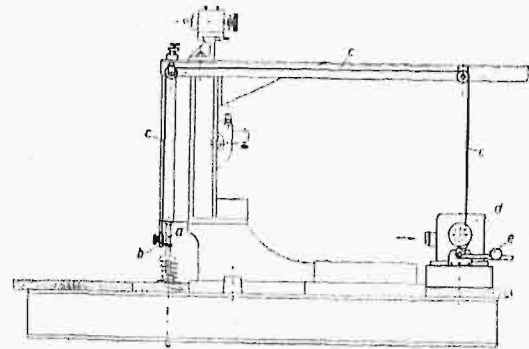
Przez zastosowanie specjalnych osłon metalowych, uziemionych, usunięto całkowicie wpływy prądów postronnych.

Do wzmacniacza użyto lamp Philipsa w następującej kolejności: A-415, A-425, A-425, B-403; opory: $r_1 = 2,5 \text{ Mg}$, $r_2 = 2 \text{ Mg}$, $r_3 = 0,08 \text{ Mg}$, $r_4 = 2 \text{ Mg}$, $r_5 = 0,08 \text{ Mg}$, $r_6 = 2 \text{ Mg}$, $r_7 = 0,04 \text{ Mg}$; pojemności: $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0,1 \text{ mF}$. Napięcie baterji anodowej $E = 200 \text{ V}$, baterji zarzenia $e = 4 \text{ V}$.

Chcąc dowiedzieć się, jakim siłom termoelektrycznym odpowiadają amplitudy krzywej temperatur, należało określić zależność między amplitudą i napięciem oraz określić wpływ częstotliwości na amplitudę.

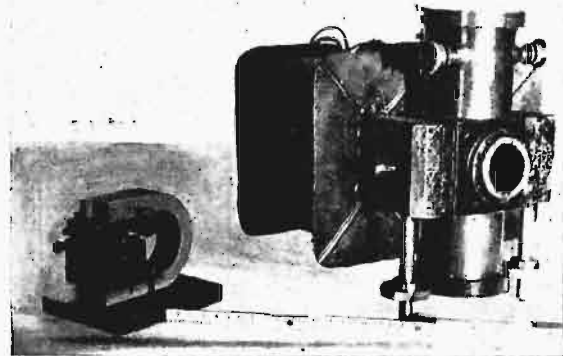
Cechowanie aparatury polegało na wyznaczeniu zależności między amplitudą drgań i napięciem prądu, bezpośrednio doprowadzonego do oscylo-

grafu, oraz na wyznaczeniu zależności między amplitudą drgań a napięciem przekazywanem na czterolampowy wzmacniacz oporowy.



Rys. 18. Napęd bębna aparatur fotograficznego Kipp'a. a — ciągnio, przytwierdzone do ramy z próbką, b — kątownik z uchwytem na taśmę, c — taśma stalowa, d — aparat Kipp'a, e — hamulec.

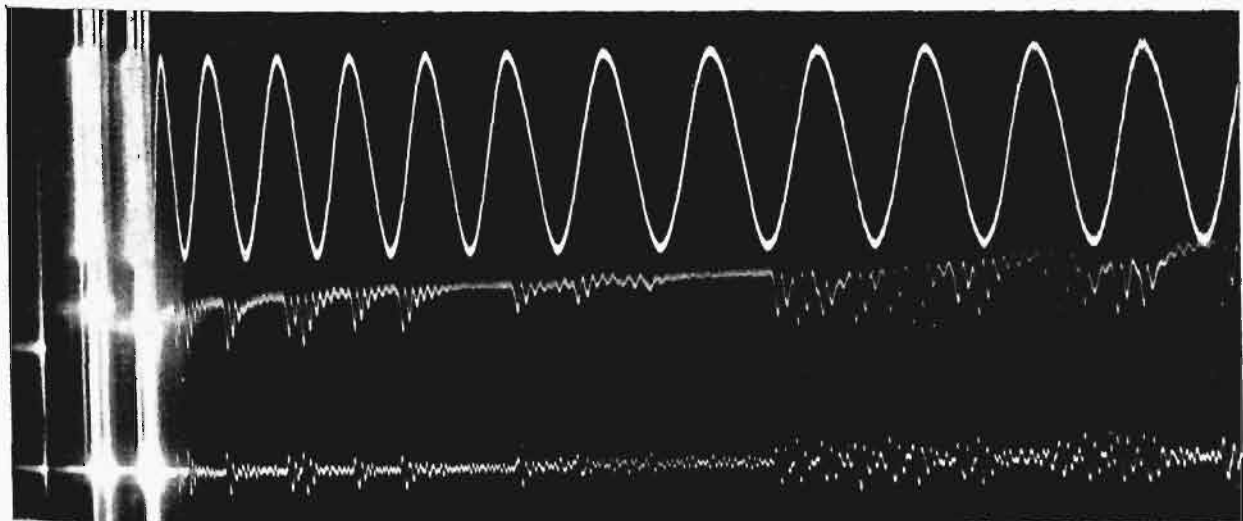
Zależności te zostały wyznaczone przy częstotliwościach, w których obszarze leżały częstotliwości zmian oporów skrawania i temperatur.



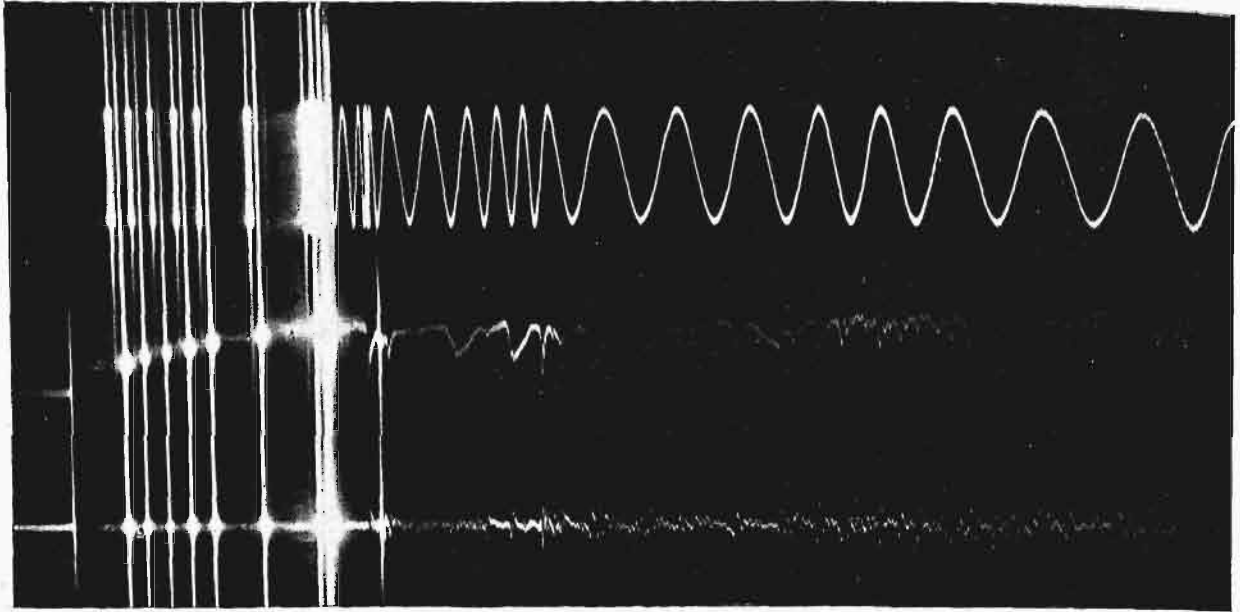
Rys. 19. Oscylografy: na prawo Dudell'a, na lewo Dubois.

Źródłem prądu była prądnica lotnicza, używana do instalacji radjowej. Częstotliwość prądu była zmieniana w granicach od 600 do 800 na sek.

Przez zestawienie tych pomiarów można było wyznaczyć krzywą amplifikacji, a właściwie rodziny krzywych dla różnych częstotliwości.

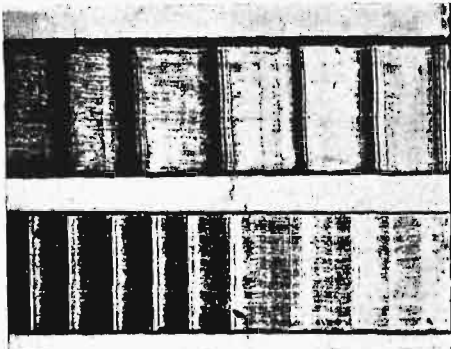


Rys. 20. Oscylogram oporów skrawania i temperatur mosiądzu łuskowego: górna krzywa — rejestracja czasu, środkowa krzywa — rejestracja oporów skrawania, dolna krzywa — rejestracja temperatur.



Rys. 21. Oscylogram oporów skrawania i temperatur żeliwa szarego: górna krzywa — rejestracja czasu, środkowa krzywa — rejestracja oporów skrawania, dolna — rejestracja temperatur.

Zależność między amplitudą i częstotliwością ujawniała się dopiero w pobliżu częstotliwości, zbliżonej do częstotliwości własnej oscylografu.



Rys. 22. Powierzchnia skrawana próbki mosiądzu, powiększenie 8-krotne. U góry — grubość warstwy skrawanej 0,6 mm, u dołu — 0,3 mm.

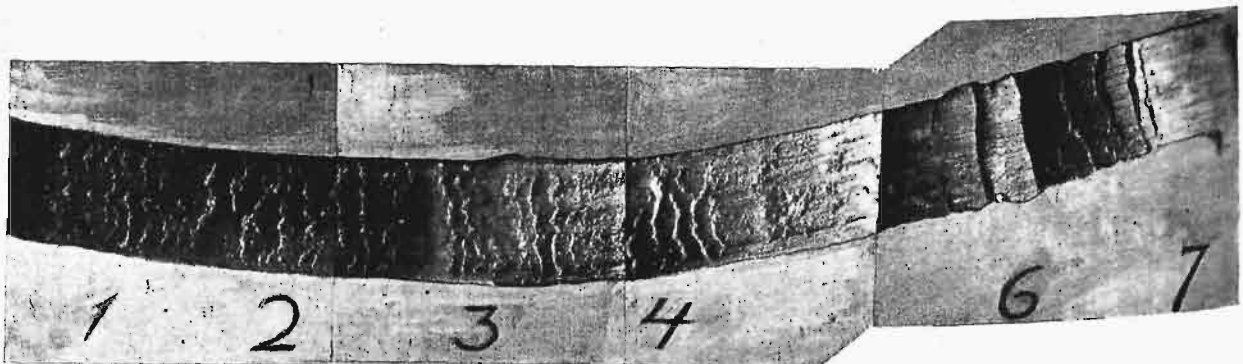
po odbiciu i po przejściu przez cylindryczną soczewkę, umieszczoną w osłonie aparatu fotograficznego „Kipp'a” (rys. 17), wyświetlało błonę, owiniętą na walcu, którego ruch obrotowy był związany z ruchem próbki. Synchronizacja ruchu próbki i bębna była uskutecziona w sposób następujący. Do ramy była przymocowana taśma stalowa, rys. 18, o grubości 0,1 mm i szerokości 5 mm. Taśma biegła przez dwa bloczki i zawijała się na kółku



Rys. 23. Fragment wióra duraluminowego przy skrawaniu warstwy o grubości 0,3 mm i szerokości (grubość próbki) 3 mm, powiększenie 8-krotne.

Sposób rejestrowania. Rejestrowanie oporów skrawania i temperatur odbywało się metodą fotograficzną. Światło z lampy łukowej, po przejściu przez soczewki skupiające i przesłony w postaci wąskiego pasemka świetlnego, padało po załamaniu się w pryzmacie na lustro oscylografu, skąd

mosiężnym, które było zaklinowane na wałeczku sprężonym z wałkiem bębna aparatu fotograficznego Kipp'a. Na tym samym wałeczku był umieszczony hamulec (patrz rys. 17), który uniemożliwiał dalsze pokręcanie się bębna, po dokonaniu skrawania.



Rys. 24. Fotografja wióra stalowego, zmontowana z poszczególnych fragmentów, powiększenie 5-krotne.

Rejestracja czasu. Do zarejestrowania przebiegu zjawisk w czasie posiłkowano się jeszcze jednym oscylografem. W tym celu użyto języczkowy oscylograf Dubois, rys. 19. Oscylograf był połączony z siecią prądu miejskiego 50-cio okresowego przy pomocy transformatora o dużej przekładni. Pod wpływem zmiennego prądu języczek oscylografu, umieszczony w polu elektromagnesów, wykonywał drgania, przekazywane zapomocą cięgna niklowego na oś z przytwierdzonym lusterkim. Promień światła, wysyłany przez silną lampę żarową, skupiony i zdiafragmowany, po odbiciu od drgającego lusterka oscylografu, przechodził przez soczewkę cylindryczną aparatu Kippa i kreślił na przesuwającej się błonie sinusoidę czasu jednocześnie z krzywymi oporów skrawania i temperatur. Przez porównanie długości fali sinusoidy czasu z falą oporów skrawania i temperatur można było określić średnią częstotliwość zmian oporów skrawania i temperatur. Średnia częstotliwość wahała się od 300 do 700 okr./sek.

Opis oscylogramów.

W opisany wyżej sposób otrzymywano oscylogramy przebiegu skrawania. Na rys. 20 uwidoczniiony jest oscylogram skrawania mosiądzu. Górna krzywa przedstawia sinusoidę czasu, z której przebiegu możemy określić zarówno czas, jak i szybkość skrawania. Krzywa środkowa przedstawia opory i ich zmiany podczas skrawania, zaś krzywa dolna wskazuje zachodzące jednocześnie zmiany temperatury, przyczem daje się zauważyć wyraźny związek między zmianami oporu i temperatury.

Na oscylogramie rys. 21 widzimy w analogicznym porządku krzywe czasu, oporów skrawania i temperatur, otrzymanych przy skrawaniu żeliwa. Z krzywej czasu można wnioskować o nierównomiernym przebiegu szybkości skrawania, mimo stałego obciążenia próbki. Przyrost obciążenia („porcjowy”) wyraźnie uwidoczniiony jest w lewej części środkowej krzywej oscylogramu. Po dolaniu „porcji” (10 kg) wody przekręcano nieco bęben aparatu fotograficznego, dzięki czemu uwidoczniło się zwiększenie obciążenia. Pionowe smugi, odpowiadające poszczególnym porcjom wody, powstały wskutek prześwietlenia błony na całej jej długości podczas zatrzymania bębna.

† H. MIERZEJEWSKI

Obrabialność metali^{*)}

Obrabialność metali jest zagadnieniem, które wyrosło na gruncie praktyki przemysłowej i opiera się na różnych pojęciach, którym brak cech ściśle określonych. Praktyczne strony tego zagadnienia polegają na ustaleniu warunków, w których otrzymuje się gładkość powierzchni obrabianej, i na wyznaczeniu sił niezbędnych do wykonania operacji skrawania, pośrednie zaś — na określeniu dopuszczalnych prędkości ścinania wióra ze względu na trwałość narzędzia. Na przebieg skrawania, poza struk-

^{*)} Wg. rękopisu s. p. prof. Henryka Mierzejewskiego. Zebrane i przejrzane przez inż. J. Bucholtza i J. Sko-
ronskiego.

Fotografja wiórków i próbek.

Po skończonej próbie zbierano wiórki i fotografowano ich kształt od strony noża, jak również powierzchnię próbki, otrzymaną po skrawaniu. Fotografje te służyły jako materiał pomocniczy przy interpretacji krzywych na oscylogramach. Dla przykładu na rys. 22 podano w powiększeniu 8-krotnym fotografje powierzchni tej samej próbki mosiądzu skrawanej wiórem o grubości 0,6 mm (na górze) i 0,3 mm (u dołu). Rys. 23 przedstawia w powiększeniu 8-krotnym fragment wióra duraluminowego przy skrawaniu warstwy 0,6 mm i grubości próbki 3 mm. Z poszczególnych fragmentów odtwarzano obraz całego wióra. Rys. 24 uwidoczni jeden z takich przykładów dla próbki stalowej.

Przy interpretowaniu oscylogramów posiłkowano się również zdjęciami profilu powierzchni skrawanej próbki, dokonaniem na aparacie projekcyjnym w dużym powiększeniu.

Les mesures de la résistance à la coupe des métaux

Résumé

À la suite des recherches décrites dans l'article précédent et exécutées par feu M. Mierzejewski, professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie, il commença des études expérimentales sur la résistance à la coupe des différents métaux.

Pour ces travaux M. Mierzejewski avait construit un appareillage permettant d'enregistrer la température au bord de l'outil, ainsi que la résistance à la coupe. Cet appareillage comprenait l'éprouvette et l'outil, serré dans un support pendulaire, ainsi que le dynamomètre à lames de charbon.

Les oscillations de la résistance électrique du dynamomètre étaient transmises à l'oscillographe Dudell qui les enregistrait sur le film photographique. Les températures de coupe étaient enregistrées sur le même film, comme les forces thermoélectriques (conformément amplifiées) du thermo-couple, formé de l'outil et de l'éprouvette. Pour l'enregistrement du temps on employa l'oscillographe Dubois qui traçait sur le même film une sinusoidé sous l'influence d'un courant alternatif de 50 périodes par sec.

L'auteur donne une description détaillée de cet appareillage et montre des oscillogrammes obtenus à la coupe du laiton (fig. 20) et de la fonte (fig. 21).

Comme on avait préparé en outre des photographies des copeaux et des éprouvettes, l'auteur en montre aussi quelques-unes, qui servaient à l'interprétation des courbes obtenues à l'oscillographe.

tura metalu, wpływa przede wszystkim kształt i położenie narzędzia względem powierzchni obrabianej.

Systematyczne badania nad obrabialnością metali zapoczątkowane zostały przez Codron'a¹⁾. Z pośród licznych prac dawniejszych, poświęconych zagadnieniom skrawania metali, wymienić należy rozprawy Nicolson'a²⁾, F. W. Taylora³⁾,

¹⁾ C. Codron. Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux. Cisailage. Poinçonnage. 1902. Forgeage 1906. Alésage 1910.

²⁾ J. Nicolson. Lathe Design. 1911.

³⁾ F. W. Taylor. On the Art of Cutting Metals. 1906.

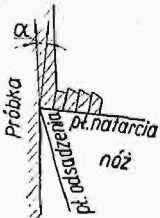
Dempster - Smith¹⁾, którzy stawiając na pierwszym planie techniczną stronę zagadnienia, jak określenie średnich oporów skrawania, interesujących konstruktorów obrabiarek, oraz prędkości skrawania, umożliwiających należyte wyzyskanie narzędzi i maszyn, nie uwzględniali jednak zagadnienia właściwej obrabialności.

Dopiero w ostatnich czasach fizyczna strona zjawisk skrawania budzić zaczyna zainteresowanie. Wymienić tu należy prace Heyn'a²⁾ nad strukturami metali w związku z ich przeróbką technologiczną, badania Rosenhain'a³⁾ nad przebiegiem skrawania i kształtem wióra, badania Herberta⁴⁾ nad temperaturami, w których ścina ny jest wiór, i innych.

Przy skomplikowanych z punktu fizycznego zjawiskach, jakimi są odłupywanie, bądź ścinanie wiórów z powierzchni obrabianej, należy dążyć do rozpatrywania przebiegów jaknajbardziej elementarnych. Z tych względów jest rzeczą pożądaną ograniczyć się np. do badania przebiegu skrawania przy użyciu płaskiego noża strugar- skiego, by dane przekształcenie plastyczne można było traktować, jako zagadnienie dwuwymiarowe. Doświadczenie wykazuje, że można z dostatecz- nem przybliżeniem urzeczywistnić taki przebieg skrawania, przy którym ruch materiału plastycz- nego, odpowiadający kształtowaniu się wióra, jest płaski, czyli jednakowy we wszystkich płasz- czynach próbki prostopadłych do krawędzi tną- cej noża. W tych warunkach kształt noża okre- ślany jest przez położenie powierzchni natarcia (najczęściej płaszczyzny) i płaszczyzny odsadze- nia.

Kąt zawarty pomiędzy kierunkiem ruchu noża a prostopadłą do płaszczyzny natarcia nazywać będziemy (rys. 1) kątem natarcia. Kątem odsadze- nia nazywać będziemy, jak zwy- kle, kąt między kierunkiem ruchu noża a płaszczyzną odsadzenia. Kąt natarcia należy uważać za je- dyny element zasadniczy, charak- teryzujący kształt narzędzia. Kąt odsadzenia, o ile nie jest zbyt ma- ły, jest czynnikiem drugorzędym.

Biorąc nóż nieco szerszy od grubości próbki skrawanej, umożliwiamy boczne rozszerzanie się wióra, który opiera się wciąż o powierzchnię



Rys. 1.



Rys. 2.

nacierania noża. W badaniach, o ja- kich będzie mowa poniżej, wpływ boczno- go rozszerzanie się wióra nie dał się odczuć w tym stopniu, by cha- rakter płaskiego układu odkształceń plastycznych był przytem zatracony. Wyjątek stanowiły doświadczenia z nożem o dużym kącie natarcia, który dla wzmoc- nienia krawędzi tnącej posiadał ścięty wierz-

chołek (rys. 2). Nóż ten jest znany w tech- nice, jako nóż Klopstocka⁵⁾, który zainicjo- wał jego szersze stosowanie w praktyce. Przy skrawaniu zapomocą tego noża dawał się za- uważać boczny wytrysk materiału plastycz- nego w pobliżu krawędzi tnącej, odpowiadający sze- rokości paska ścinowego. Nawet i w tym wy- padku można mówić o płaskim przebiegu skra- wania ze względu na lokalizację wytrysku i na małe rozszerzanie się wióra poza omawianym wy- tryskiem.

Jak to w swoim czasie słusznie podniósł Tay- lor, najpoważniejszą trudność przy wyznaczaniu prędkości lub oporów skrawania stanowi klasy- fikacja materiału obrabianego. Zaproponowana przez Taylora normalizacja materiałów obrabia- nych na podstawie wyznaczania typowych prę- dkości toczenia okazała się najzupełniej nieprak- tyczną z punktu widzenia ogólnej realizacji prze- myślowej. Jednostronny, skrajnie utylitarny punkt widzenia przy ujmowaniu celów normali- zacji nie pozwolił Taylorowi dojrzeć kruchości podstaw, na jakich próbował ją oprzeć.

Struktury metali i ich stopów używanych w przemyśle są nader różnorodne i stąd ich klasyfi- kacja napotyka na zasadnicze trudności. To też w doświadczeniach jest rzeczą celową oprzeć się przedewszystkiem na strukturach najprostszych, jakie widzimy w metalach czystych o określonej budowie krystalicznej. Prawda, że i w tym wy- padku mamy do czynienia z ciałami quasi-izo- tropowymi, jednak poszczególne krystality są in- dywiduami ściśle określonymi pod względem struk- tury. Ze stopów metalowych lepiej ograniczyć się przedewszystkiem do tych, które posiadają spe- cjalne cechy w zakresie obrabialności, aby z ich znanej struktury wyprowadzić wnioski co do za- leżności, zachodzącej pomiędzy strukturą a prze- biegiem skrawania.

Obok właściwej struktury mamy do czynienia z zagmatwaną niekiedy budową mikrograficzną stopów o kilku składnikach lub z tektoniką ma- terjału, wynikającą z technologicznych metod odlewania lub przekuwania materiału. I w tym wypadku przy dzisiejszym stanie badań nad obra- bialnością lepiej jest poprzestać na zbadaniu naj- bardziej charakterystycznych przykładów, zna- nych z praktyki przemysłowej.

Zmienne pola odkształceń
i naprężeń przy skrawaniu
dwuwymiarowym.

Wszyscy dotychczasowi eksperymetatorzy z zakresu obrabialności metali zgadzają się co do tego, że pomiędzy oporami właściwymi skrawa- nia a klasycznymi współczynnikami wytrzymało- ściowymi, jak granica plastyczności, wytrzyma- łość na rozciąganie, ściskanie, zginanie, twardość i t. d., niema wyraźnej zależności. Również wła- ściwa praca skrawania i uwarunkowany przez

¹⁾ Dempster-Smith. Experiments upon Forces acting on Twist-Drills when operating on Cast-Iron and Steel. 1909.

²⁾ E. Heyn. Die technischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen. Hndb. der Materialienkunde. 1912.

³⁾ W. Rosenhain. Experiments on the Cutting of Metals. Proc. Inst. Mech. Eng. 1925.

⁴⁾ E. G. Herbert. The Measurement of Cutting Tempera- tures. Proc. Inst. Mech. Eng. 1926.

⁵⁾ Kessner. Die Prüfung der Bearbeitbarkeit der Metalle und Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung des Bohrverfahrens. 1918.

⁶⁾ Klopstock. Die Untersuchung der Dreharbeit. Berlin 1926.

nią wzrost temperatury nie znajduje odpowiednika w charakterystykach wytrzymałościowych.

Przebieg skrawania wióra wyjaśnia nam ten stan rzeczy. Mianowicie pola odkształceń, a tem samem i naprężeń, przy skrawaniu dwuwymiarowym, są bardzo charakterystyczne, a zarazem różnią się zasadniczo od pól, z jakimi mamy do czynienia przy wszystkich stosowanych dotychczas próbach wytrzymałościowych, tak klasycznych, jak i technologicznych. Stąd też próba skrawania musi być traktowana oddzielnie. Jej indywidualne cechy wytrzymałościowe muszą być wyodrębnione, by następnie na podstawie zachowania się różnorodnych struktur można było przeprowadzić ich klasyfikację z punktu widzenia obrabialności.

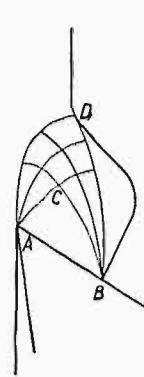
Zagadnienie komplikuje się wskutek tej okoliczności, że przy próbie skrawania mamy do czynienia ze zmiennym polem odkształceń. Przytem odkształcenia trwałe, poza granicą plastyczności, wywołują zmiany własności mechanicznych metali, wyrażające się w t. zw. stwardnieniu (zgnioście). Ujęcie w schemat teoretyczny najbardziej charakterystycznych pól odkształceń w poszczególnych fazach tworzenia się wióra natrafia z reguły na nieprzewidywane przeszkody w dziedzinie analizy matematycznej. W większości przypadków możemy posługiwać się jedynie analogjami, lub przybliżeniami, co związane jest zawsze z możliwością omyłek. Możemy również rozpatrywać pewne fragmenty pola odkształceń przy próbie skrawania, jak np. otoczenie tworzącego się pęknięcia, które odgrywa zasadniczą rolę w tej próbie.

Przejdźmy do omówienia przeszkód, następujących się przy schematyzowaniu ruchu plastycznego w obszarze skrawania. Istnieje, jak wiadomo, kilka metod eksperymentalnych postępowania w zagadnieniach pokrewnych, dotyczących zresztą przypadków bardziej elementarnych¹⁰⁾. Polegają one na wykrywaniu linii poślizgowych bądź na powierzchni metalu, bądź wewnątrz, przy zastosowaniu różnych sposobów trawienia, lub też na wykrywaniu rekrytalizacji. Natomiast brak nam dotychczas ogólnej metody teoretycznej, która pozwoliłaby przewidzieć i wyznaczyć kształt krzywych poślizgowych na podstawie własności plastycznych danego materiału przy danych warunkach brzegowych.

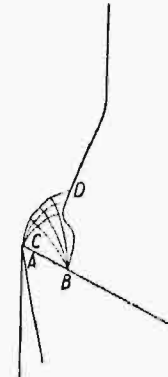
Zastosujemy naprzód empiryczną metodę wyznaczania linii poślizgowych, zapoczątkowaną przez *Rejtö'go*¹¹⁾, a rozwiniętą przez *Prandtl'a*, przewidując, że będą to proste, łuki kół, czy spirale logarytmiczne, jak to przewidywała teoria plastyczności w pierwszej fazie swego rozwoju. Przy schematyzowaniu zjawiska będziemy się liczyć z jednej strony z obserwacjami bezpośrednimi, z drugiej zaś z rozważaniami, mającymi uzasadnienie teoretyczne. Metodę powyższą zastosujemy narazie do t. zw. ciała idealnie plastycznego, praktycznie biorąc za punkt wyjścia bardzo miękkie żelazo, stanowiące jeden z najbardziej

zasadniczych materiałów w badaniach z zakresu plastostastyki.

Rys. 3 przedstawia układ krzywych poślizgowych, stanowiący pierwsze przybliżenie, a uwzględniający obok pewnych założeń teoretycznych wyniki bezpośrednich obserwacji skrawania. O tem, że punkt *A* stanowił węzeł linii poślizgowych, które przynajmniej w pobliżu tego punktu można uważać za pęk prostych, nie należy wątpić, gdyż decyduje o tem kierunek przesunięcia noża względem materiału. W punkcie *B* zjawia się również promieniowy układ naprężeń, doprowadzający do przesunięcia, przewidzianego teoretycznie przez *Nadair'a*¹²⁾. Kąt *ABC* wynosi przytem około 45°, zależnie od współczynnika tarcia materiału o nóż.



Rys. 3.



Rys. 4.

Ten prosty schemat nie odpowiada jednak dokładnie rzeczywistości. Istnienie trójkąta *ABC*, odgrywającego rolę klina, utworzonego z materiału, nie podlegającego w danej chwili odkształceniom i przesuwaneemu razem z nożem, jako do pewnego stopnia sztywna całość, jest problematyczne. W punkcie *C* nie daje się zauważyć ostrego kąta przy krzyżowaniu się linii poślizgowych. Linia *ACB* nie wydaje się być łamaną, a naodwrot — zawsze krzywą, łagodnie zmieniającą swą krzywiznę. Wydaje się również, że w pobliżu punktu *B* krzywe poślizgowe zanikają we wszystkich fazach tworzenia się wióra.

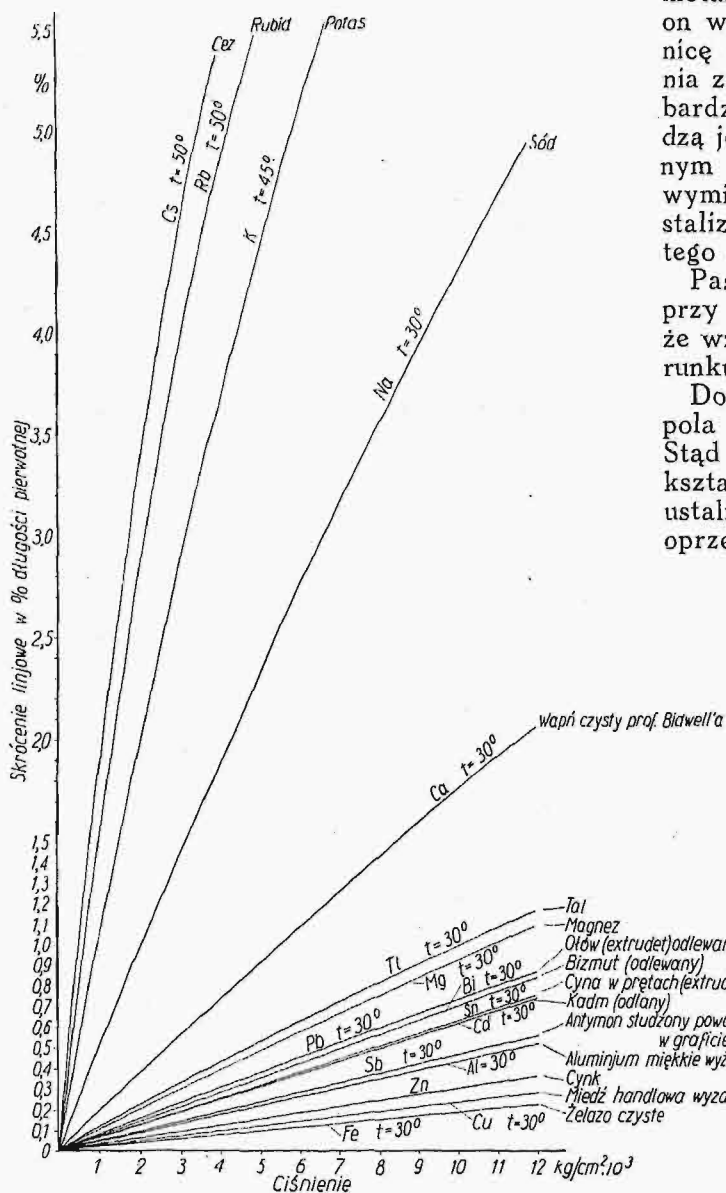
O tem, że schemat przedstawiony na rys. 3 nie odpowiada końcowej fazie tworzenia się wióra odłupywanego, przekonywa nas względ następujący. Po odłupaniu płytki nóż skrawa warstwę o wzrastającej grubości (rys. 4). Zgniot zjawia się w pobliżu punktu *B* w chwili, gdy odcinek *AB* jest bardzo mały. To też materiał, wypełniający obszar *ABC*, jest stale utwardzony i trudno przewidywać w nim tworzenie się wciąż nowych linii poślizgowych.

Przy wiórze odłupywanym nie ulega, zdaje się, wątpliwości fakt istnienia obszaru *ABC*, w którym materiał nie odkształca się praktycznie, a przesuwa się mniej więcej jako sztywna całość wzdłuż kierunku *AB*. Do tego wniosku skłania nas przeświadczenie o utwardzeniu tego materiału w stosunku do materiału dziewiczego, jaki napływa z góry na nieruchomy nóż. Obszar *ABC* można też traktować jako jądro, w którym zmagazynowana została niekiedy dość znaczna ilość energii sprężystej, co wynika z mniejszej lub większej ścisłości danego metalu. O istnieniu

¹⁰⁾ *Mierzejewski H.* Podstawy mechaniki ciał plastycznych. 1927.

¹¹⁾ *A. Rejtö.* Die innere Reibung der festen Körper, als Beitrag zur theoretischen mechanischen Technologie. 1897.

tej energii sprężystej przekonywa nas intensywne odpryskiwanie wiórów z takich materiałów, jak magnez, mosiądz automatowy, twarde stале i t. d. Ponadto ciśnienia, panujące w obszarze ABC, sięgają — jak wiadomo — kilkunastu i kilkadziesiątu tysięcy atmosfer. Doświadczenia *Bridgman'a*¹²⁾ wykazują, że w tych warunkach należy się liczyć ze ściśnięciem metali nawet o wyższej temperaturze krzepnięcia. Rys. 5, przedstawiający zmniejszenie objętości metali przy różnych ciśnieniach hydrostatycznych, obliczone na podstawie wyników prac *Bridgman'a*, wykazuje, że linijowe skurczenie większości metali sięga kilku procentów, a dla stali wynosi około pół procentu. Należy uważać przytem, że nie znamy wartości ciśnień w poszczególnych punktach obszaru ABC, a domyślamy się, że rosną one raptownie w miarę zbliżania się ku środkowi odcinka AB. Z chwilą gdy odłupana płytka wiórowa przesunie się wzdłuż AB i zostanie uwolniona od nacisku materiału, napływającego z góry, nagromadzona



Rys. 5.

¹²⁾ *Bridgman P. W. The Compressibility of Thirty Metals as a Function of Pressure and Temperature. 1923.*

energia sprężysta bądź wywołuje odprysnięcie wióra, bądź też, w wypadku metalu bardziej plastycznego, jest jednym z czynników zwijania się wióra według określonego promienia krzywizny.

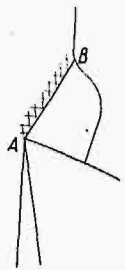
Przy wiórach ciągłych, odpowiadających metalom bardziej plastycznym, jak miedź lub żelazo miękkie, jednak ulegających zgniotowi, widzimy wyraźnie, że krzywa BA (rys. 6), oddzielająca obszar utwardzony od obszaru wydatnych odkształceń plastycznych, kończy się w punkcie B na górnej zewnętrznej powierzchni wióra. Innymi słowy, obszar odkształceń plastycznych w danej chwili obejmuje jedynie pas, oddzielający wiór od masy metalu dziewiczego. W punkcie B widzimy ostre załamanie konturu przy przejściu od powierzchni próbki do zewnętrznej strony wióra.

Pas AB daje się zaobserwować przy skrawaniu metali plastycznych, jak cyna, ołów, kadm. Jest on wówczas szerszy, a raczej trudno ustalić granicę obszaru wydatnych przesunięć. Odkształcenia zaczynają się głębiej w masie próbki, stają się bardziej intensywne wzdłuż krzywej AB, zachodzą jednak w dość znacznym stopniu i we właściwym obszarze wióra. Objasnić to można tem, że wymienione metale podlegają raptownej rekrytalizacji przy temperaturze skrawania i wskutek tego zgniot jest zjawiskiem przejściowym.

Pas AB występuje nader charakterystycznie przy cynku. Film przebiegu skrawania wykazuje, że wzdłuż prostej AB następuje nagła zmiana kierunku przesuwania materiału.

Dotychczas staraliśmy się scharakteryzować pola odkształceń, nie badając rozkładu naprężeń. Stąd wynika dowolność, z jaką traktowaliśmy kształt krzywej ACB (rys. 3) lub AB (rys. 6). Aby ustalić, na jakich przesłankach należałoby się oprzeć, by ten kształt ściślej wyznaczyć, musimy zdać sobie sprawę z rozkładu naprężeń w całym obszarze, poprzestając na pierwszych przybliżeniach ze względu na skomplikowane schematy odkształceń.

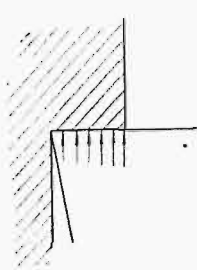
Jedną z metod, prowadzących do celu, jest przeanalizowanie typowych układów sprężystych, odpowiadających poszczególnym fazom skrawania dwuwymiarowego. Prawda, że pola naprężeń, odpowiadających rzeczywistym odkształceniom plastycznym, różnią się bezwątpienia od pól naprężeń, wyznaczonych na podstawie rozwiązania danego płaskiego zagadnienia sprężystościowego. Pomimo to, rzeczywiste pola naprężeń uważać można z dużym przybliżeniem za zwyrodnienie układów sprężystych, od których nie odbiegają one zbyt, jak to mieliśmy sposobność omówić na innym miejscu¹³⁾



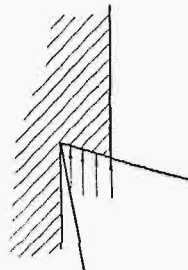
Rys. 6.

¹³⁾ *H. Mierzejewski. Podstawy mechaniki ciał plastycznych. Str. 92.*

Mniejsze znaczenie posiadają przytem pola naprężeń, odpowiadających początkowej fazie skrawania dla różnych kątów natarcia noża. Bez porównania ważniejsze byłoby wyznaczenie pól naprężeń dla wypadków obciążenia, przedstawionych na rys. 7 i 8. Rozwiązanie ściśle nastęrcza



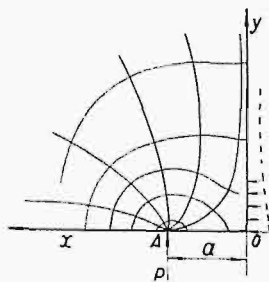
Rys. 7.



Rys. 8.

tu wielkie trudności, wobec czego zmuszeni jesteśmy posługiwać się tu analogjami i przybliżeniami, nie mając przytem pewności, czy nie popełniamy błędów wskutek mylności założeń. Jediną kontrolę stanowi w danym wypadku doświadczenie i bezpośrednia obserwacja.

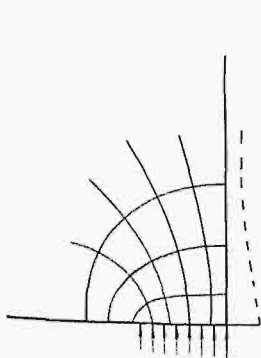
W wypadku siły skupionej, działającej na róg prostokątny (rys. 9) w odległości $OA = a$ od początku osi współrzędnych, otrzymujemy trajektorje naprężeń głównych w postaci ortogonalnych hyperbol i lemniskat.



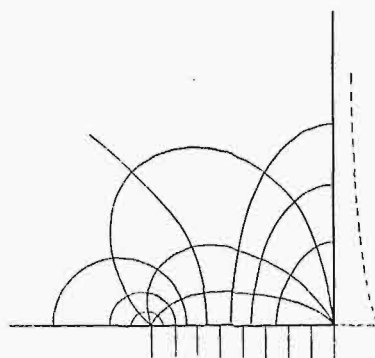
Rys. 9.

Metoda odwzorowania podobnego, której zastosowanie względem promieniowego układu naprężeń prowadzi do rozwiązania danego zagadnienia, przewiduje zjawienie się na części konturu, a mianowicie wzdłuż osi y-ów, naprężeń normalnych.

Znosząc te dodatkowe naprężenia, wywołujemy przesunięcia trajektorji, otrzymując tym sposobem właściwy rozkład naprężeń na rys. 8.



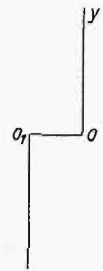
Rys. 10.



Rys. 11.

Siła skupiona P , którą można uważać według zasady St. Venant'a za równoważną obciążeniu równomiernemu na małym odcinku po obu stronach punktu A , odpowiada obciążeniu materiału w pierwszej chwili wchodzenia weń noża.

O ile kąt natarcia noża jest równy zeru, pole naprężeń jest inne. O jego charakterze można się dowiedzieć, porównując dwa układy pokrewne, odpowiadające różnym warunkom brzegowym (rys. 10 i 11). Inaczej przedstawiają się pola naprężeń w wypadku, gdy kontur składa się z dwóch półprostych nieograniczonej długości, połączonych odcinkiem prostej OO_1 (rys. 12). Przykład powyższy odpowiadać będzie przesunięciu noża o zerowym kącie natarcia, przylegającym do próbki na całej długości odcinka OO_1 . Niech to przesunięcie równa się stałej wielkości $= b$. Założmy natomiast, że cząsteczki próbki wzdłuż osi x-ów na lewo od punktu O_1 są powstrzymane w ruchu przez materiał poniżej tej osi tak, że ich przesunięcia są równe zeru.



Rys. 12.

Zagadnienie powyższe daje się rozwiązać przy pewnych założeniach najzupełniej ściśle, przyczem jednak przewidujemy obecność obciążeń normalnych wzdłuż osi $x = 0$ według wartości oznaczonych na rys. 12¹⁴⁾. Obciążenia te można uważać jako przybliżone oddziaływanie części zepchniętego na bok wióra. Trajektorje naprężeń głównych przedstawiają się wówczas w postaci zobrazonej na rys. 12.

Rys. 13 przedstawia znowu układ wartości maksymalnych naprężeń stycznych¹⁵⁾. Widzimy tu, że w punkcie O_1 zlokalizowane są naprężenia styczne, i tu należy spodziewać się powstania nieciągłości lub pęknięcia wzdłuż linii O_1M .

Raz ukształtowana nieciągłość lub pęknięcie decyduje wskutek lokalizacji naprężeń o charakterze pola odkształceń przy stopniowym skrawaniu. Na uwagę zasługuje przytem zachowanie się danego metalu w pobliżu punktu, w którym schodzą się dwie wargi pęknięcia. Wzdłuż tych warg niema naprężeń stycznych, które natomiast skupiają się w końcu pęknięcia. W miarę posuwania się pęknięcia naprężenia styczne wędrują wzdłuż warg i wywołują tworzenie się fałdy wewnętrznej, której zasięg zależy od spójności danego metalu. W bardzo ciągliwych materiałach, jak np. w stali manganowej, fałda ta zwiększa się do tego stopnia, że uniemożliwia dalsze skrawanie. Wzrost oporu skrawania jest tak duży, że krawędź noża nie wytrzymuje go i pęka.

Charakterystyczne cechy ruchu plastycznych ośrodków metalowych.

Początkowe i końcowe okresy skrawania wióra płaskiego, gdy nóż zaczyna wchodzić lub wychodzić z materiału, różnią się zawsze od właściwych ustalonych przebiegów skrawania. Obserwacja skrawania bezpośrednia, lub zarejestrowana za pośrednictwem filmu kinematograficznego, wykresy oporów skrawania, zmian temperatury i t. d. wskazują, że przebieg skrawania stabilizuje się szybko, przyjmując charakter zjawiska regularnego.

¹⁴⁾ Woryginalie ani obciążenie ani układ trajektorji nie są zaznaczone na rysunku.

¹⁵⁾ Rysunku niema.

go, a zarazem typowego dla danego kształtu noża i materiału. Tyczy się to zarówno wióra ciągłego, jak i odłupywanego. W ostatnim przypadku mamy do czynienia z przebiegiem okresowo zmiennym, jednak regularnym, wykazującym dość rzadko poważniejsze fluktuacje. Anomalje wykazują jedynie metale kruche. Pomimo to, skrawanie poszczególnych metali kruchych należy uważać za zjawisko do pewnego stopnia regularne, charakteryzujące dany metal.

Badanie ruchu ośrodka plastycznego w obszarze tworzenia się wióra nie może ograniczyć się wszakże do przebiegów ustalonych, gdyż właśnie okresy wstępne i końcowe dają nam możliwość zapoznania się z mechanizmem stopniowych odkształceń, rzucającym wiele światła na własności i zachowanie się poszczególnych metali.

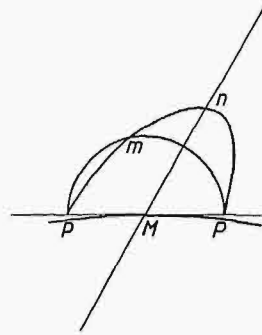
Znajomość pól odkształceń i naprężeń nie wystarczy do zrozumienia przebiegu skrawania. Konieczna jest znajomość chociażby bardzo przybliżonych praw ruchu plastycznego ośrodka.

Przy skrawaniu metali plastycznych, zwłaszcza czystych i jednorodnych, zaobserwować można wyodrębnienie się obszaru odkształceń plastycznych, uwydatniające się przez zmatowienie powierzchni odpolerowanej. Jako przykład służyć może rozpoczęcie skrawania bardzo miękkiego żelaza. Widzimy, że warstwa materiału, pozostającego po zdjęciu wióra, jest zgnieciona na dość znacznej głębokości. Zgniot plastyczny wyraża się również często w postaci brózd poślizgowych, wchodzących dość głęboko w obszar struktury dziewiczej. Powstawanie takich brózd poślizgowych uwarunkowane jest zlokalizowaniem naprężeń krytycznych w wąskich pasach, przyczem obszary, znajdujące się po obu bokach brózd, przesuwały się, pozostając same w dziedzinie małych odkształceń. W tym wypadku jest rzeczą słuszną uważać kontur złożony również z brzegów brózd poślizgowych za granicę obszaru zgniotu. Jeśli brózd poślizgowych są liczne, wąskie i krzyżują się wzajemnie, za granicę obszaru zgniotu należy uznać linię zasięgu brózd poślizgowych. Linia, odgraniczająca obszary struktury dziewiczej i zgniotu, jest wówczas bardziej nieokreślona. Należy zauważyć wszakże, że kontur, ograniczający obszar zgniotu dla ciała quasi-izotropowego, jest zawsze krzywą przybliżoną, nawet wówczas, gdy mamy do czynienia z mikroskopijnymi brózdami poślizgowymi.

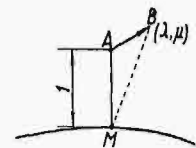
Spróbujmy stanąć na stanowisku makroskopowym i przyjmijmy, że powierzchnia, odgraniczająca obszar zgniotu od obszaru struktury dziewiczej, jest powierzchnią gładką, nie wykazującą raptownych zmian krzywizny. Będzie to powierzchnia nieciągłości, jaką stwierdzamy przy przechodzeniu z jednego obszaru do drugiego, rozpatrując bądź przesunięcia chwilowe, bądź naprężenia. Ustalenie charakteru tej nieciągłości, chociażby w najprostszyc przypadkach ruchu ośrodka plastycznego, posiadałoby znaczenie dla zrozumienia istoty zgniotu. Pośrednio sprawdzilibyśmy hipotezę wyraźnego rozgraniczenia obszarów zgniotu i struktury dziewiczej. Jeśli hipoteza powyższa jest słuszną, mamy prawo zastosować tu klasyczne metody badania ruchu nieciągłości z punktu widzenia

kinematycznego, ustalone przez *Kelvin'a*¹⁶⁾ i *Hadamard'a*¹⁷⁾.

Biorąc dostatecznie mały element ośrodka izotropowego w pobliżu punktu, znajdującego się na powierzchni nieciągłości, rozpatrujemy takie odkształcenia, które początkową kulę zamieniałyby na elipsoidę, przyczem przekrój kołowy elipsoidy zajmowałby ściśle położenie wielkiego koła kuli, znajdującego się na powierzchni. W zagadnieniu dwuwymiarowym (rys. 14) odkształcenie polega na tem, że połowa koła PmP przechodzi w połowę elipsy PnP , przyczem podstawa PP , znajdująca się

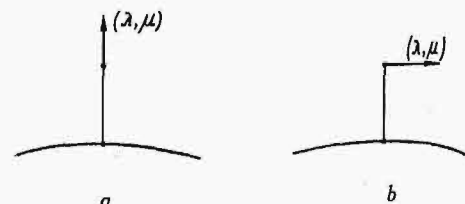


Rys. 14.



Rys. 15.

na krzywej nieciągłości, pozostaje bez zmiany. Przesunięcia, jakim odpowiada omawiane odkształcenie, najlepiej przedstawić można zapomocą t. zw. odcinka charakterystycznego, czyli wektora, przyłożonego do punktu, znajdującego się w odległości $= 1$ od rozpatrywanego elementu krzywej nieciągłości, a odciętego w kierunku normalnej zewnętrznej (rys. 15). Wektor ten oznacza, że punkt A , znajdujący się w odległości $AM = 1$, po odkształceniu zajmie położenie B , odpowiadające końcowi odcinka charakterystycznego. Jeśli nieciągłość omawiana jest pierwszego rzędu, poszczególne elementy prostopadłej MA zajmą położenie na prostej MB . Wprowadzenie pojęcia odcinka charakterystycznego przy rozpatrywaniu nieciągłości ułatwia w wysokim stopniu rozważania. Jeśli odcinek charakterystyczny posiada kierunek prostopadły (rys. 16a), mamy do czynienia z nagłą dylatacją ośrodka. Jeśli odcinek charakterystyczny jest prostopadły względem normalnej (rys. 16b), mamy do czynienia z poślizgiem.



Rys. 16 a i b.

Obok nieciągłości pierwszego rzędu, można w analogiczny sposób zdefiniować nieciągłości rzędów wyższych, jak również zerowe, czyli bezwzględne. Te ostatnie polegają na przesuwanym się obu obszarów wzdłuż powierzchni nieciągłości. W przypadku nieciągłości rzędu drugiego mamy do czynienia z takim przekształceniem w pobliżu krzywej nieciągłości, że proste prostopadłe do niej przechodzą w odcinki parabol.

¹⁶⁾ Lord Kelvin and Tait. Treatise of Natural Philosophy.

¹⁷⁾ J. Hadamard. Leçons sur la propagation des ondes.

Każdemu punktowi krzywej nieciągłości odpowiada odcinek charakterystyczny. Zbiór odcinków charakterystycznych, odpowiadających poszczególnym punktom krzywej nieciągłości, określa odkształcenie w nieskończenie wąskim pasie, przylegającym bezpośrednio do krzywej nieciągłości.

Powstaje pytanie, czy tego rodzaju schemat, obmyślony dla ciała izotropowego, a będący, jak wiadomo, punktem wyjścia dla teorii fali, czyli ruchu nieciągłości w ośrodkach gazowych, ciekłych i sprężystych, odpowiada warunkom ciała quasiizotropowego w wypadku wyraźnego rozgraniczenia obszarów zgniotu i struktury dziewiczej? Nasuwają się tu dwie wątpliwości. Jedną stanowi fakt krzyżowania się brózd poślizgowych, które przecinają nieraz pod kątem zbliżonym do $+45^\circ$ oraz do -45° czoło linii posuwającego się naprzód zgniotu. Powstawanie brózd poślizgowych, krzyżujących się wzajemnie, przeczy zasadzie stopniowej zmiany kierunku odcinka charakterystycznego wzdłuż krzywej nieciągłości. Krzyżowanie się brózd wskazuje na możliwość istnienia odcinków charakterystycznych o przeciwnych kierunkach dla punktów krzywej znajdujących się w bliskiej odległości wzajemnej. Drugą wątpliwość budzi w nas przeświadczenie, że nie mamy tu do czynienia bynajmniej z przesunięciami znikomo małymi. Naodwrot, wydaje się słusznym zapytywanie, że charakterystyczną cechą ruchu ośrodków plastycznych jest zlokalizowanie wydatnych przesunięć w pewnym obszarze przejściowym, dzielącym obszar właściwego zgniotu od obszaru struktury dziewiczej. Tym sposobem zakwestjonowane zostaje istnienie wyraźnej powierzchni nieciągłości. Jej miejsce zastępuje pojęcie pasa dużych trwałych przesunięć, zmieniających strukturę materiału. Pas ten przesuwa się naprzód na podobieństwo fali. Gdyby szerokość pasa można było uważać za wielkość nieskończenie małą, być może, że udałoby się przesuwanie nieciągłości ująć w równania ruchu falowego przy zastąpieniu czasu przez odpowiedni inny parametr¹⁸⁾. Charakter równań różniczkowych o po-

¹⁸⁾ E. et F. Cosserat. Théorie des corps déformables. Str. 154.

† H. MIERZEJEWSKI

Pola naprężeń i odkształceń przy właczaniu płaskiego stempla w materiał^{*)}

Zagadnienie właczania płaskiego stempla w materiał uznał Prandtl¹⁾ za podstawowe w teorii plastyczności, uważając je za punkt wyjścia do określenia twardości ciała plastycznego. Równocześnie zaznaczył on, że istnieje wyraźna zależność pomiędzy właczaniem stempla w materiał a przebiegiem skrawania. Przewidywany przez Prandtla schemat naprężeń i odkształceń w

chodnych cząstkowych drugiego rzędu, a mianowicie typu hyperbolicznego, z jakimi mamy do czynienia w zagadnieniach mechaniki ciał plastycznych, usprawiedliwia tego rodzaju postawienie sprawy.

Rozważania powyższe, zawierające, być może, wiele dowolności ze względu na brak dostatecznych danych doświadczalnych, przytaczamy ze względu na doniosłość zagadnienia zgniotu i związanego z tem stwardnienia materiału. Rozwiązanie zagadnień tego typu wymaga równoległego ujmowania zjawisk z punktu widzenia makroskopowego i zmian struktury podstawowej, jaką nam daje znajomość własności mechanicznych pojedynczych kryształów metali.

Sur la travaillabilité des métaux

Résumé

Après avoir défini le problème de la travaillabilité des métaux et rappelé les recherches précédentes de Cordon, Nicolson, Taylor et Dempster-Smith, ainsi que celles de Heyn, Rosenhain et Herbert, qui s'occupait de l'aspect physique du problème, l'auteur montre les difficultés résultant de la complexité du problème (construction de l'outil, classification du matériel usiné, sa structure, le champ variable des déformations et des tensions etc.).

Ensuite l'auteur passe à la schématisation du mouvement plastique dans le milieu de coupe et applique d'abord la méthode empirique pour la détermination des lignes de glissement, initiée par Rejtö et développée par Prandtl. Il discute un schéma (fig. 3) basé sur certaines suppositions théoriques et sur quelques résultats des observations de la coupe, et le développe ensuite tenant compte de l'écroutissage, du détachement du matériel du copeau sous l'action d'une pression énormément élevée etc.

Passant à l'analyse de la distribution des tensions dans le champ des déformations, il montre les trajectoires des tensions principales pour quelques cas spéciaux.

Ensuite l'auteur soumet à examen les phénomènes de la coupe au moment initial, quand le copeau commence à se former, c. à d. quand le processus est inconstant. Il attire l'attention sur l'existence d'une zone écroutie qu'on peut reconnaître par sa surface mate sur l'éprouvette polie. L'auteur se pose la question de définir cette zone, c. à d. la surface de discontinuité qui la limite. Il examine les déformations qui transforment une demi-sphère dans un demi-ellipsoïde de même base et caractérise les déplacements par des vecteurs (lignes caractéristiques) qui définissent la dite surface de discontinuité.

^{*)} Według rękopisu ś. p. Prof. Henryka Mierzejewskiego. Zebrane i przejrane przez inż. J. Buchholtza i inż. J. Sko-wońskiego.

¹⁾ L. Prandtl. Ueber die Eindringungsfestigkeit (Härte) plastischer Baustoffe und die Festigkeit der Schneiden. ZAMM, 1, 15, 1921.

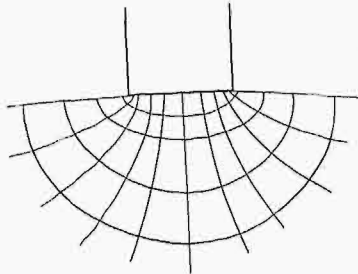
początkowej fazie właczania stempla nie odpowiada jednak rzeczywistości, jak to wykazały doświadczenia Sachs'a²⁾ i innych. Aby go wyznaczyć, należy, naszym zdaniem, przyjąć za punkt wyjścia przede wszystkim pole naprężeń i odkształceń sprężystych, które ulega stopniowemu zwyrodnieniu po przekroczeniu granicy plastyczności³⁾.

Pole naprężeń i odkształceń sprężystych, odpowiadające istotnie początkowej fazie właczania

²⁾ Beitrag zum Härteproblem. Naturwissenschaften 14, 1219, 1926.

³⁾ H. Mierzejewski. Podstawy mechaniki ciał plastycznych, str. 92.

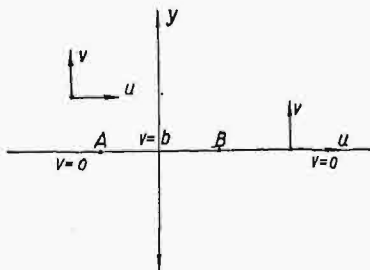
płaskiego stempla w materiał, nie jest dotychczas określone. Zwykle poprzestajemy na elementarnym przybliżeniu *Michell'a* (rys. 1), które odpowiada założeniu, że na część konturu prostoliniowego półpłaszczyzny działa stałe obciążenie, zaś



Rys. 1.

pozostała część konturu jest swobodna. W tym wypadku trajektorje naprężeń składają się ze współosiowych elips i hyperbol. Rozwiązanie *Michell'a* nie uwzględnia faktu bezwzględnej sztywności stempla wciskanego w materiał plastyczny, co łatwo wykazać, obliczając przesunięcia normalne wzdłuż konturu. Rozwiązanie właściwe zagadnienia polega na uwzględnieniu mieszanych warunków brzegowych, wyrażających się w tym, że na części konturu obowiązują dane przesunięcia, a na części pozostałej nie mamy żadnych obciążeń. Zaproponowana przez *Sadowsky'ego*⁴⁾ metoda nie doprowadziła dotychczas do rozwiązania.

Obok schematu *Michell'a*, opartego na układzie obciążeń wzdłuż konturu, można rozpatrywać pole naprężeń i odkształceń, odpowiadających pewnemu określone mu układowi przesunięć konturowych. Niech część *AB* konturu prostoliniowego ulegnie przesunięciu *b* (rys. 2) w kierunku dodatnich wartości *y*, zaś pozostała część konturu zostanie zatrzymana na dawnym miejscu. Znajomość pola naprężeń i odkształceń, odpowiadających omawianym warunkom brzegowym, może okazać się pożyteczną przy rozpatrywaniu włączania stempla w materiał lub przy skrawaniu.



Rys. 2.

Równania różniczkowe równowagi ciała sprężystego przedstawiają się w tym wypadku w postaci:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} - 2\mu \frac{\partial \omega}{\partial y} &= 0, \\ (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} + 2\mu \frac{\partial \omega}{\partial x} &= 0, \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

gdzie λ i μ są współczynnikami sprężystości, a

⁴⁾ *M. Sadowsky*. Zweidimensionale Problemen der Elastizitätstheorie. ZAMM 8, 107, 1928.

$$\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \text{zaś } 2\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \dots (2)$$

Składowe przesunięcia wzdłuż osi *x* i *y* oznaczamy przez *u* i *v* (rys. 2). Mamy przytem do czynienia z funkcją zmiennej zespolonej $z = x + iy$:

$$(\lambda + 2\mu) \Delta + 2\mu \omega = P + iQ = \Phi_0(z) \dots (3)$$

Naprężenia normalne σ_x i σ_y oraz styczne τ związane są z przesunięciami *u* i *v* za pośrednictwem równań:

$$\sigma_x = \lambda \Delta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \sigma_y = \lambda \Delta + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \tau = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

Stąd wynika, że suma naprężeń normalnych

$$\sigma_x + \sigma_y = \Omega = 2(\lambda + \mu) \Delta = R[\Phi(z)] \dots (4)$$

równa się rzeczywistej części funkcji zmiennej zespolonej $\Phi(z)$, różniącej się od $\Phi_0(z)$ stałym współczynnikiem

$$\Phi_0(z) = \frac{\lambda + 2\mu}{2(\lambda + \mu)} \Phi(z) \dots (5)$$

Zadanie sprowadza się do całkowania układu równań:

$$\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{\lambda + 2\mu} P; \quad 2\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{1}{\mu} Q \dots (6)$$

dla danych wartości *u* i *v* na konturze.

Zastosujemy tu metodę całkowania *Kołosowa*, polegającą na istnieniu rozwiązań układów równań typów pokrewnych. Pierwszy typ rozwiązań dotyczy układu:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= h_1 Q + h_2 P, \\ \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} &= h_1 P + h_2 Q, \end{aligned} \right\} \dots (I)$$

gdzie h_1 i h_2 są dowolnymi funkcjami *x*, *y*, zaś *P* i *Q* — sprzężonymi funkcjami harmonicznymi. Rozwiązanie układu I można przedstawić w postaci:

$$\begin{aligned} v &= \alpha P - \beta Q + \varphi, \\ u &= \beta P + \alpha Q + \psi, \end{aligned}$$

gdzie α i β czynią zadość warunkom:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x} - \frac{\partial \beta}{\partial y} = h_1; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial y} + \frac{\partial \beta}{\partial x} = h_2$$

Drugi typ rozwiązań dotyczy innego układu równań różniczkowych:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} &= Q_0 P - P_0 Q, \\ \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} &= P_0 P + Q_0 Q, \end{aligned} \right\} \dots (II)$$

gdzie zarówno *P* i *Q*, jak P_0 i Q_0 są sprzężonymi funkcjami harmonicznymi. Rozwiązanie układu II możemy przedstawić w postaci:

$$\begin{aligned} v &= P_0 \Psi + \varphi, \\ u &= Q_0 \Psi + \psi, \end{aligned}$$

gdzie $\Psi = \int P dx - Q dy$, zaś φ i ψ są sprzężonymi funkcjami harmonicznymi. Zestawiając rozwiązania obu typów układów, znajdujemy rozwiązanie układu bardziej złożonego:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= (h_2 + Q_0)P + (h_1 - P_0)Q, \\ \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} &= (h_1 + P_0)P - (h_2 - Q_0)Q, \end{aligned} \right\} \text{ (III)}$$

a mianowicie:

$$\begin{aligned} v &= \alpha P - \beta Q + P_0 \Psi + \varphi, \\ u &= \beta P - \alpha Q + Q_0 \Psi + \psi. \end{aligned}$$

Porównując układ III z układem (6), widzimy, że w przypadku naszym h_1, h_2, P_0 i Q_0 sprowadzają się do wartości stałych, a mianowicie:

$$h_1 = 0; h_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right); P_0 = 0;$$

$$Q_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right).$$

$$\text{Pozatem } \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) y; \beta = 0.$$

Rozwiązanie układu równań (6) przedstawi się w postaci ostatecznej:

$$v = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) y P + \varphi,$$

$$u = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) y Q + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi + \psi.$$

Ten typ rozwiązania jest dogodniejszy w użyciu od rozwiązania danego przez Love'go⁵⁾. Oba rozwiązania pokrywają się zresztą całkowicie, jeśli nadać funkcji $F(z) = \varphi + i\psi$ szczególne wartości.

Pole przesunięć określa wektor:

$$\begin{aligned} v + iu &= - \frac{\lambda + \mu}{2\mu(\lambda + 2\mu)} y(P + iQ) + \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) i\Psi + F(z). \end{aligned}$$

Konturowe wartości przesunięć $\bar{u} = f_2(s)$ i $\bar{v} = f_1(s)$ dla osi $y = 0$ określa tabelka:

	$s < -a$	$-a < s < +a$	$s > +a$
$\bar{v} = f_1(s)$	0	b	0
$\bar{u} = f_2(s)$	0	0	0

$$\begin{aligned} (v + iu)_{y=0} &= \bar{v} + i\bar{u} = \varphi_{y=0} + \\ &+ i \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi + \psi \right]_{y=0}. \end{aligned}$$

W myśl naszych założeń ogólnych $\varphi_{y=0} = f_1(s)$, zaś $\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi_{y=0} + \psi_{y=0} = f_2(s)$.

Funkcje φ i ψ są harmoniczne. To samo tyczy się i funkcji

$$\Psi = \int P dx - Q dy = R \left[\int (P + iQ) (dx + idy) \right],$$

jako części rzeczywistej funkcji zmiennej zespolonej.

Funkcja harmoniczna φ , przyjmująca określone wartości wzdłuż konturu, jest, według zasady Dirichleta, określona w całym obszarze półpłaszczyzny. Możemy ją przedstawić w postaci całki okre-

ślonej, będącej odpowiednikiem całki Poissona dla koła⁶⁾.

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f_1(s) y ds}{(s-x)^2 + y^2}.$$

Sprzężona z nią funkcja harmoniczna ψ może się w tych warunkach różnić od całki

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(x-s) f_1(s) ds}{(s-x)^2 + y^2}$$

o stałą wielkość. Mamy zatem

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi_{y=0} + \psi_{y=0} &= f_2(s) = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f_2(s) y ds}{(s-x)^2 + y^2}, \end{aligned}$$

skąd

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{y f_2(s) - (x-s) f_1(s)}{(s-x)^2 + y^2} ds + C.$$

W naszym przypadku szczególnym kształt funkcji Ψ jest zupełnie elementarny. Uskuteczniając całkowania, otrzymujemy:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \Psi &= \frac{1}{\pi} \int_{-a}^a \frac{b(s-x) d(s-x)}{(s-x)^2 + y^2} + C \\ &= \frac{b}{2\pi} \log \frac{(a-x)^2 + y^2}{(a+x)^2 + y^2} + C. \end{aligned}$$

Bez trudu znajdziemy również, że:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{b}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{y} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{y} \right), \\ \psi &= \frac{b}{2\pi} \log \frac{(a-x)^2 + y^2}{(a+x)^2 + y^2} - C. \end{aligned}$$

Znając Ψ , możemy tem samym określić $P = \frac{\partial \Psi}{\partial x}$

oraz $Q = - \frac{\partial \Psi}{\partial y}$.

Po wykonaniu odpowiednich różniczkowań otrzymujemy:

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{b} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) v &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) y \left(\frac{x-a}{r_1^2} - \right. \\ &\left. \frac{x+a}{r_2^2} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) (\vartheta_1 + \vartheta_2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{b} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) u &= \\ &= - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) y \left(\frac{y}{r_1^2} - \frac{y}{r_2^2} \right), \end{aligned}$$

gdzie $\vartheta_1 = \operatorname{arctg} \frac{a-x}{y}$; $\vartheta_2 = \operatorname{arctg} \frac{a+x}{y}$,

$$r_1^2 = (a-x)^2 + y^2; r_2^2 = (a+x)^2 + y^2.$$

⁵⁾ Hurwitz-Courant. Allgemeine Funktionentheorie und Elliptische Funktionen, str. 330.

⁶⁾ A. E. H. Love. Elasticity 203, wzór 9.

Bezpośredni sprawdzieniem przekonywamy się, że u i v czynią zadość równaniom (1) i warunkom brzegowym.

Wzory powyższe dają nam możliwość obliczenia przesunięć w całym obszarze półpłaszczyzny. Ponadto możemy przystąpić teraz do określenia naprężeń na podstawie wzorów:

$$\sigma_x = P - 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \sigma_y = P - 2\mu \frac{\partial u}{\partial x};$$

$$\tau = +Q + 2\mu \frac{\partial u}{\partial y} = -Q + 2\mu \frac{\partial v}{\partial x},$$

przyczem mamy

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \frac{\pi}{b} P = \frac{x-a}{r_1^2} - \frac{x+a}{r_2^2},$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) \frac{\pi}{b} Q = - \left(\frac{y}{r_1^2} - \frac{y}{r_2^2} \right).$$

Wprowadzając moduł Younga E i współczynnik Poissona ν na mocy wzorów

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}; \quad \mu = \frac{E}{2(1+\nu)},$$

otrzymamy ostatecznie $(\sigma_x - \sigma_y)$ oraz 2τ w postaci:

W. MODZELEWSKI

Stan obecny, potrzeby i możliwości rozwojowe motoryzacji w Polsce *)

Wstęp.

Rozpatrując i analizując przyczyny kryzysu gospodarczego w Polsce, polegającego w głównej mierze na dysproporcji cen produktów roślinnych i przemysłowych, zbyt małą zwraca się uwagę na obniżenie kosztów i usprawnienie transportu, jako czynnika, mogącego w silnym stopniu przyczynić się do podniesienia ceny, osiąganego przez producenta rolniczego, a więc podniesienia jego zdolności konsumpcyjnej, oraz do obniżenia detalicznej ceny sprzedażnej wyrobów przemysłowych, bez obniżenia ceny u producenta przemysłowego, który w większości wypadków, w warunkach obecnych, produkować taniej nie jest w stanie. Dla wyjaśnienia pozwolę sobie przytoczyć następujące przykłady: na niewielkiej stosunkowo odległości 300 km drzewo surowe (kopalniaki) opłaca za przewóz w 15-0 tonnowych ładunkach wagonowych 75% wartości towaru, ziemiaki 40 — 50%, węgiel 57%, cement 44%. Szereg zaś tanich surowców i półproduktów opłacać musi znacznie wyższe kwoty, przekraczające często 100% ad valorem, zaś masowe wyroby przemysłowe opłacają przeciętnie 20 — 30% i nieznaczna tylko ilość towarów droższych nie odczuwa obciążenia, wynoszącego kilka procent. Wrażliwość na wysokość kosztów przewozów w Polsce jest szczególnie wielka, gdyż, wobec zespolenia 3-ch dzielnic o odrębnej

*) Referat wygłoszony na VIII Zjeździe Inż. Mech. Polskich.

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} - \frac{1}{\mu} \right) (1 - \nu) \frac{\pi}{b} (\sigma_x - \sigma_y) =$$

$$= (2\nu - 1) \left(\frac{x-a}{r_1^2} - \frac{x+a}{r_2^2} \right) + \left[\frac{2(x-a)y^2}{r_1^4} - \frac{2(x+a)y^2}{r_2^4} \right]$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda + 2\mu} + \frac{1}{\mu} \right) (1 - \nu) \frac{\pi}{b} (2\tau) =$$

$$= (2\nu - 1) \left(\frac{y}{r_1^2} - \frac{y}{r_2^2} \right) + \left\{ \frac{y[(x-a)^2 - y^2]}{r_1^4} - \frac{y[(x+a)^2 - y^2]}{r_2^4} \right\},$$

co daje nam możliwość obliczenia

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}.$$

Les champs des tensions et des déformations pendant la pénétration d'un poinçon dans le matériel

Résumé

Ayant rappelé que, d'après Prandtl, la pénétration d'un poinçon plat dans le matériel peut être considérée comme une certaine analogie de la coupe d'un métal, l'auteur s'occupe d'une solution du problème du champ des tensions et des déformations élastiques pour la phase initiale de la pénétration d'un poinçon plat. Il examine le champ sus-dit correspondant à un certain système de déplacements (u, v) du contour et donne des formules exprimant les valeurs u et v , ainsi que les valeurs des tensions σ_x, σ_y, τ .

strukturze gospodarczej, ośrodki konsumpcji położone są w wielu wypadkach znacznie dalej od centrów produkcyjnych, niż w szeregu innych krajów. Szereg artykułów, jak węgiel, żelazo, nawozy sztuczne, drzewo i zboże, musi przebiegać odległości od 800 do 1000 km, i wtedy wysokość frachtów przekracza 50% wartości towaru. Do tej pozycji należy dodać jeszcze koszty transportu lokalnego oraz koszty naładunku i wyładunku.

W rezultacie niektóre dziedziny nie mogą kupować towarów przemysłowych, gdyż kalkulują się one po przewiezieniu zbyt wysoko. Również jest wiele ośrodków pozbawionych możliwości produkowania, gdyż koszty wytwórczości stają się tam nadmierne i uniemożliwiają konkurencję z innymi ośrodkami produkcji. Wileńszczyzna, Kresy Wschodnie, Małopolska Wschodnia są w pewnym stopniu odcięte od innych dzielnic i ich zbliżenie może nastąpić jedynie przy zracjonalizowaniu kosztów transportu. Nie jest to zjawisko specjalnie polskie, gdyż ekonomista rumuński Francis Delaisi pisze o stosunkach rumuńskich (kraj do Polski zbliżony): „Centnar zboża rumuńskiego i centnar zboża kanadyjskiego tego samego gatunku sprzedaje się w Liwerpoolu po jednakowych cenach. Mimo że wielkie domy komisowe kupują zboże po tych samych cenach w Fort William (Kanada) i w Braille n/Dunajem (Rumunia), to jednak farmer kanadyjski otrzymuje za centnar o 10 — 20% więcej niż chłop rumuński. Dlaczego? Dlatego, że kanadyjski farmer ma do dyspozycji dogodną sieć drogową, a

mochody ciężarowe, linje kolejowe i kredyty, których brak chłopu rumuńskiemu. Z tych samych powodów dwie bele sukna, sprzedane w Roubaix po jednakowych cenach, kosztują we wsi rumuńskiej o 30—35% drożej, niż na farmie kanadyjskiej. Z powyższego wynika, że siła kupna chłopu rumuńskiego jest o połowę mniejsza, niż farmera kanadyjskiego. Dajcie chłopu rumuńskiemu taki sam aparat komunikacyjny, a wtedy zwiększycie o połowę jego siłę nabywczą, nie zwiększając przytem produkcji zboża ani o jeden garniec i nie podnosząc jego ceny na rynku światowym ani o jeden frank".

W transporcie dalekobieżnym wyrobów przemysłowych główną rolę odgrywają koleje i samochody, w transporcie zaś lokalnym i rolniczym — konie. Dla zobrazowania wielkości tych transportów podaję zestawienie ruchu za rok 1932 według danych prof. Nestorowicza:

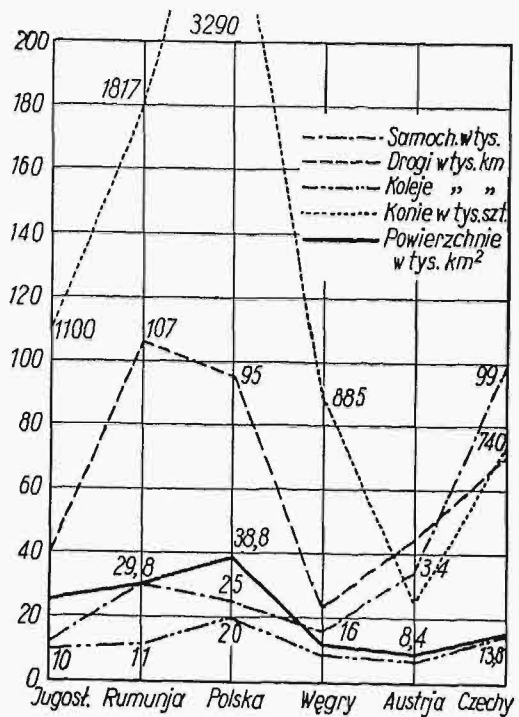
Wykonano przewozów	osobo - km	tonno - km
Na kolejach (wszystkich)		
i tramwajach	5 408 685 901	14 982 422 571
Samochodami	1 564 800 000	216 590 400
Razem	6 973 485 901	15 199 032 971
W tem przewozy samochodowe stanowią	23%	1½%
a w tem autobusy	17%	

W zestawieniu ogólnego ruchu przewozowego pominięty został zupełnie przewóz osób i towarów końmi, dla którego nie posiadamy nawet przybliżonej statystyki.

Widzimy więc już obecnie poważną rolę pojazdów mechanicznych w ruchu osobowym. O ile ilość pojazdów mechanicznych wzrosłaby potrójnie, stosunek przewozów osobowych temi pojazdami do ogólnej ilości przewozów wyniósłby już około 50% wszystkich przewozów. Natomiast znacznie mniejszą rolę gra przewóz towarów i ładunków przy pomocy pojazdów mechanicznych, gdyż ilość tonno-kilometrów, wykonanych przez te pojazdy, w stosunku do ogólnej ilości przewozów wynosi zaledwie 1½% i przy wzroście ilości pojazdów mechanicznych będzie się powiększać stosunkowo powoli. Przy powiększeniu się ilości pojazdów mechanicznych wzrost przewozów temi pojazdami odbywać się będzie przeważnie kosztem ruchu pojazdów konnych, w mniejszym zaś stopniu kosztem ruchu kolejowego czy tramwajowego.

Przy rozpatrywaniu tych danych nasuwa się zagadnienie, szeroko omawiane na całym świecie, walki kolei z samochodem. Rozpatrując te sprawy, trzeba wziąć pod uwagę, że obydwa środki mają ogromną, nie zastąpioną wzajem w pewnych granicach działania, wartość przewozową, ożywiają i utrzymując życie gospodarcze i kulturalne kraju. Kolej — przez ruch magistralny i masowy, samochód — przedewszystkiem przez ruch lokalny i dowozowy. W ogromnej więc części pracy obydwa środki nie współzawodniczą ze sobą. Kolej powinna skorzystać ze znakomitego środka dowozowego, jakim jest samochód, a samochód w uzupełnieniu kolei — znaleźć wdzięczne pole pracy. Tak myśl o rugowaniu linii kolejowych przez samochody, jak zepchnięcie samochodu do pracy wyłącznie dowozowej, nie jest zdrowa i nie posiada dostatecznego uzasadnienia.

Niejedna nowa lokalna linja kolejowa może nie być budowana, lecz zastąpiona przez komunikację samochodową, natomiast cały szereg zasadniczych połączeń kolejowych musi być jeszcze zrealizowany, i to nawet tam, gdzie chwilowo działa komunikacja samochodowa, która łatwo przenosić się może na inne tereny pracy. Jakkolwiek stałe pogotowie konkurencyjne obydwu środków względem siebie należy uznać za objaw korzystny i oddziaływający dodatnio, to znów zbyt zajadła i daleko posunięta walka konkurencyjna jest objawem szkodliwym na dalszą metę, choćby przyniosła chwilowe korzyści dla życia gospodarczego.



Rys. 1. Wykres porównawczy liczby samochodów i koni oraz powierzchni, długości dróg i kolei w Polsce i 5 in. krajach Europy środkowo-wschodniej.

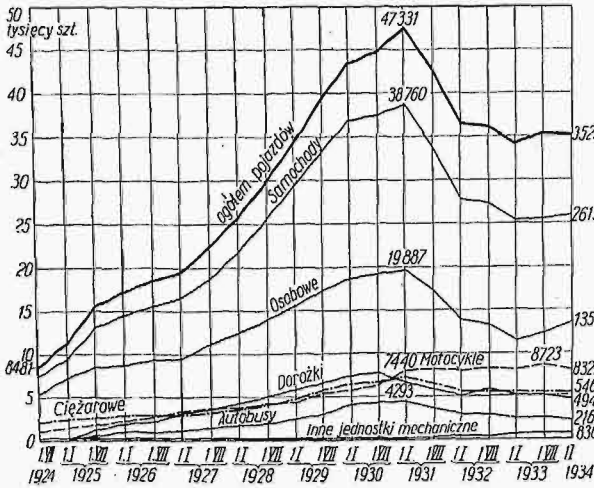
Dla ilustracji międzynarodowej sytuacji Polski w kwestjach komunikacyjnych podaję wykres porównawczy (rys. 1), przyczem proszę zwrócić uwagę na Jugosławię, Rumunię i Węgry, jako kraje o zbliżonych warunkach gospodarczych, wykazujące jednak znacznie silniejszy rozwój motoryzacji, niż Polska. Przechodząc do stanu komunikacji motorowej w Polsce, pozwalam sobie przedstawić wykres ilustrujący stan motoryzacji w ostatnim dziesięcioleciu (rys. 2).

Z wykresu tego widzimy:

a) gwałtowne załamanie się ilości samochodów osobowych w roku 1931 (co zostało spowodowane wprowadzeniem Funduszu Drogowego) z pewną poprawą w roku 1933, gdy wprowadzono nowelizację tego Funduszu;

b) stałe zmniejszanie się (od 1930 r.) ilości taksówek (z 7 tys. na 5 tys.), co zostało spowodowane zarówno Funduszem Drogowym, jak i zbiednieniem ludności miejskiej;

c) stabilizowanie się ilości motocykli w ilości ok. 8000 sztuk, które nie zostały dotknięte Funduszem drogowym;



Rys. 2. Liczba pojazdów mech. w Polsce w latach 1924 — 1933 (bez wojskowych).

d) po spadku w r. 1931 (z 7,5 tys. na 5,5) stabilizowanie się ilości samochodów ciężarowych.

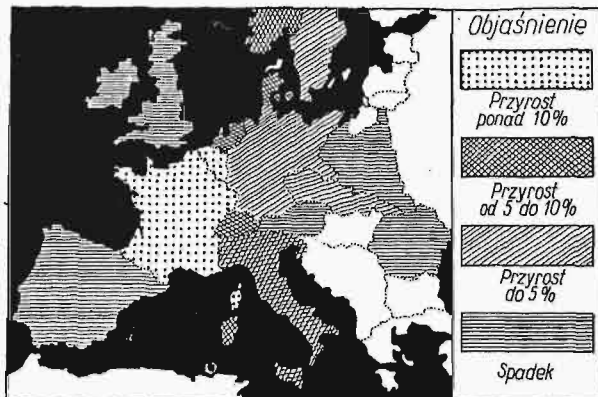
e) gwałtowny spadek ilości autobusów (z 4,2 tys. na 2,1 tys.), spowodowany wprowadzeniem Funduszu Drogowego, który najboleśniej obciążył te pojazdy, oraz wprowadzeniem ustawy o koncesjach.

Tak wygląda ilościowo stan naszej motoryzacji, jeśli jednak weźmiemy pod uwagę stan zużycia taboru samochodowego, to sytuacja przedstawia się b. groźnie, a to z następujących powodów: według danych amerykańskich, średni okres użytkowy samochodu trwa 7 lat. W naszych warunkach drogowych i eksploatacyjnych (przedewszystkiem remontowych) okres ten można uważać za maksymalny. Żeby więc utrzymać tabor w tym samym stanie technicznym (bez motocykli, gdzie wymiana ta następuje mniej więcej normalnie), należałoby corocznie wprowadzać do ruchu około 4 000 nowych pojazdów na wymianę samochodów zużytych. Tymczasem sprzedaż nowych pojazdów wynosiła:

w roku 1930	około 2 000 sztuk
" 1931	" 1 200 "
" 1932	" 600 "
" 1933	" 700 "

t. j. w ciągu 4 lat 4 500 sztuk.

Niedobór więc wyniósł: $(4 \times 4 000) - 4 500 = 12 000$ sztuk, t. j. prawie 50% naszego dzisiejszego taboru samochodowego. Wynika stąd, że pra-



Rys. 3. Kształtowanie się zagadnienia motoryzacji w różnych państwach Europy w r. 1931.

Jeden pojazd mechaniczny przypada:

1924r	na 3168
1925r	" 2350
1926	" 1763
1927	" 1566
1928	" 1456
1929	" 1387
1930	" 1241
1931	" 1174
1932	" 889
1933	" 775
1934	" 714
1935	" 689
1936	" 658
1937	" 734
1938	" 875
1939	" 892
1940	" 955
1941	" 924
1942	" 930

wie 50% kursującego taboru nie nadaje się do użytku i będzie w najbliższym czasie wycofana z ruchu, pozostała zaś ilość, t. j. 12 000 sztuk pojazdów, czeka ten sam los w ciągu najbliższych 2 — 3 lat.

Stajemy więc przed groźbą całkowitej demotoryzacji kraju, na co niestety za mało zwracano dotąd uwagi. Dotyczy to w pierwszym rzędzie taksówek, samochodów ciężarowych i autobusów, jako pojazdów intensywnie eksploatowanych, a najważniejszych z punktu widzenia komunikacyjnego i obrony kraju. Wobec takiej sytuacji, niezbędne jest zbadanie, czy jest to zjawisko tylko polskie, czy też ogólnie światowe.

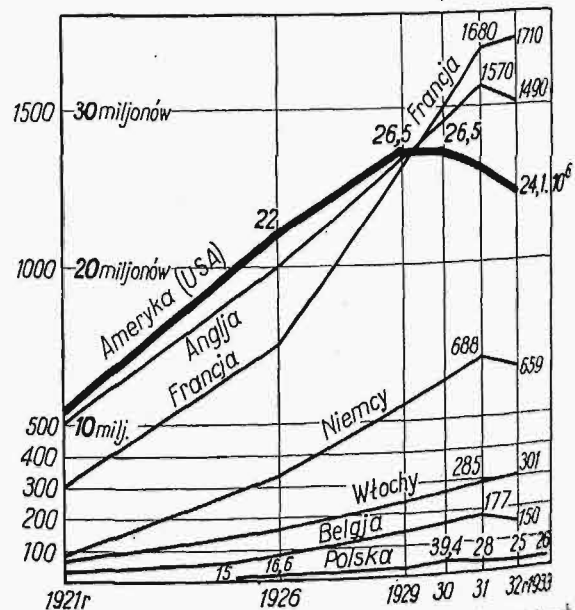
Rys. 3 pokazuje mapkę wzrostu lub spadku ilości pojazdów w różnych państwach Europy w r. 1931. Rys. 4 podaje wykres ilości pojazdów w poszczególnych państwach, gdzie widać, że w roku 1932, z wyjątkiem Francji i Włoch, nastąpił spadek ilości samochodów.

W roku 1933 jednak nastąpiła wszędzie b. silna poprawa, a mianowicie:

w Ameryce	produkcja wzrosła o 1 milion samochodów.
w Rosji	ilość samochodów powiększyła się o 60 000 sztuk
w Niemczech	" " " " 59 000 "
w Anglii	" " " " 54 000 "
w Włoszech	" " " " 23 000 "
w Francji	" " " " 21 000 "
w Belgii	" " " " 7 000 "
w Holandji	" " " " 9 000 "
w Czechosłowacji	" " " " 8 000 "

W Polsce zaś ilość samochodów zmniejszyła się o 1100 sztuk, niezależnie od przytoczonych wyżej danych o niezastępowaniu zużytych pojazdów nowymi.

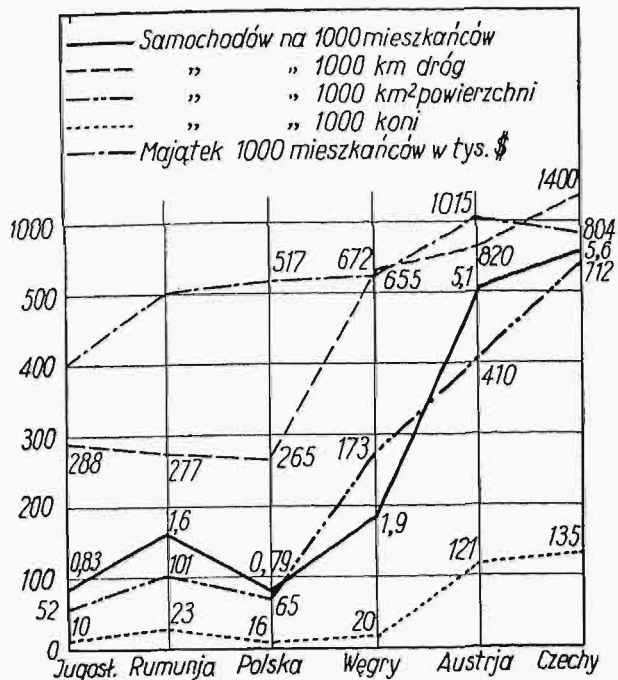
To jasno dowodzi, że przyczyną zmniejszenia się liczby pojazdów nie jest kryzys gospodarczy, gdyż przeżywa go cały świat, może nawet ostrzej niż my. Przyczyn należy szukać gdzieś indziej, i niżej pozwolę sobie spróbować je zanalizować.



Rys. 4. Liczba samochodów w poszczególnych państwach w latach 1921 — 1933.

Przedtem chciałbym jednak zastanowić się nad pojemnością rynku polskiego, pomijając warunki dzisiaj panujące.

Jeżeli porównamy (rys. 5) majątek narodowy przypadający na 1 mieszkańca, gęstość sieci drogowej i gęstość sieci kolejowej, to widzimy, że w porównaniu nawet z państwami o podobnych



Rys. 5. Majątek narodowy a liczba samochodów w odniesieniu do powierzchni, ilości mieszkańców i długości sieci drogowej w Polsce i w 5-ciu porównywalnych z nią krajach.

warunkach, ilość samochodów w Polsce jest nieproporcjonalnie mała, bo przy zachowaniu odp. proporcji powinna wynieść około 44 000 samochodów (w tem 32% samochodów ciężarowych i autobusów, t. j. 14 000 sztuk). Dla skontrolowania tych

ilości sprawdzę to, opierając się na ilości osób, posiadających różne dochody. Otóż według danych amerykańskich, 76% nowych samochodów osobowych kupują ludzie o dochodzie rocznym ponad 1 700 dol., t. j. 8 500 zł., przyczem 45% całej ilości nabywają ludzie o dochodzie 1 700 — 3 000 dol., t. j. 8 500 — 15 000 zł. Jeżeli przyjrzymy się statystyce podatku dochodowego (tabela I), to widzimy, że w 1931 r. ludzi o tym lub większym dochodzie było w Polsce ok. 50 tys. Obec-

TABELA I.

Płatnicy podatku dochodowego według wysokości dochodu.

Rodzaj dochodów	Ilość płatników								
	dochód roczny w tysiącach zł.								
	ogółem	do 2,6	2,6-3	3-4	4-6	6-12	12-20	20-40	ponad 40
Fundowane									
1929 . .	653	319	59	90	75	68	32	13	7
1930 . .	608	299	84	64	54	66	22	13	6
1931 . .	589	295	79	61	53	64	21	11	5
Niefundowane									
1929 . .	581	45	120	173	150	75	16	2	

nie ilość ta znacznie spada, jednak należy pamiętać, że podatek dochodowy oficjalnie wykazywany jest conajmniej 2 razy niższy od rzeczywistego (według danych Instytutu Badań Konjunktur Gospodarczych) i dlatego można przyjąć, że ilość ludzi, posiadających faktycznie ten dochód, jest obecnie taka sama, a przytem koszty utrzymania znacznie spadły. Ilość więc 30 000 samochodów osobowych, o której wyżej mówiliśmy, powinna znaleźć nabywców. Przechodząc do zbadania przyczyn, z powodu których nie osiągnęliśmy tego „pułapu” ilości samochodów, lecz przeciwnie gwałtownie się demotoryzujemy, zwrócę uwagę na 4 czynniki:

1) Ceny samochodów.

Załączona tabela II wykazuje, że cena w Ameryce wynosi około 3 000 zł., w Europie zaś —

TABELA II.

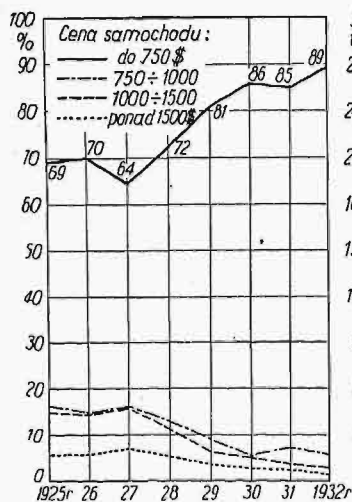
Ceny samochodów w różnych krajach produkujących.

Państwo	Fabryka	Typ	Rodzaj	Waga kg	Cena waluta = zł	Cena 1 kg w zł.
S a m o c h o d y o s o b o w e						
Ameryka	Chevrolet	—	Sedan	1 080	495 \$ = 2 600 zł	2,4
	Ford	—	podwozie	760	335 \$ = 1 750 „	2,3
Anglia	Rover	—	kareta	1 040	238 £ = 6 420 „	6,15
Francja	Renault	—	„	1 200	23 900 fr = 8 350 „	6,95
	Citröen	8	„	1 100	20 000 „ = 7 000 „	6,35
	„	15	„	1 350	32 000 „ = 11 500 „	8,5
Niemcy	Mercedes Benz	130	„	990	3 370 mk = 7 000 „	7,10
	„	Stredgort	„	1 340	5 350 „ = 11 128 „	8,30
	DKV	—	„	876	2 950 „ = 6 130 „	7,05
	DKV	—	„	650	1 990 „ = 4 140 „	6,35
	Adler	Triumf J	„	850	2 650 „ = 5 520 „	6,50
	Stoever	—	„	1 000	3 800 „ = 7 904 „	7,90
Włochy	Fiat	Ardite	„	1 250	24 000 lir = 10 852 „	8,70
	Lancia	Augusta	„	950	19 500 „ = 8 814 „	9,30
Czechosłowacja .	Vikor	35	„	1 350	60 000 kc = 13 900 „	9,80
	Aero	—	„	580	23 500 „ = 5 060 „	8,75
	„Z”	9	„	860	34 000 „ = 7 480 „	8,70
S a m o c h o d y c i ęż a r o w e						
Francja	Renault	półcięż. autobus	podwozie	960	20 000 fr = 7 000 zł	7,30
	Citröen	„	„	2 500	37 000 „ = 12 950 „	5,15
Niemcy	Hanza	„	„	2 350	5 880 mk = 12 230 „	5,20
Włochy	Fiat	621 L	„	1 580	25 800 lir = 11 670 „	7,40

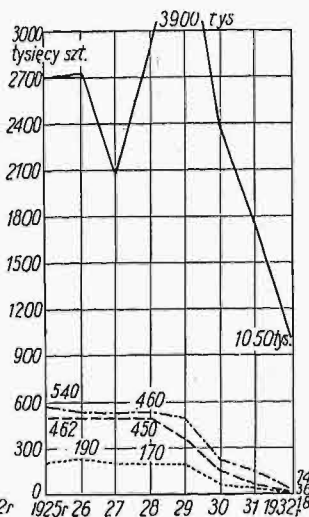
około 7 000 zł. U nas cena samochodu użytkowego wynosi ok. 14 000 zł., t. j. prawie 5 razy więcej niż w Ameryce i 2 razy więcej niż w całej Europie.

Jest to czynnik zasadniczy: bez doprowadzenia ceny do poziomu ogólnoeuropejskiego niema co mówić o motoryzacji.

Jak to zrobić, czy przez produkcję krajową, czy przez unormowany import? Sprawa jest bardzo trudna. Obydwa rozwiązania mają swych gorliwych a zainteresowanych obrońców. Istotne jest, że cena musi być sprowadzona do poziomu światowego, bo inaczej ludzie nie będą kupować samochodów. Dla ilustracji podaję jeszcze wykresy (rys. 6 i 7) przedstawiające produkcję amerykańską i sprzedaż samochodów o różnych cenach. Potwierdzają one tylko fakt, że ceny samochodów muszą być niskie.



Rys. 6. Procentowy stosunek sprzedaży w Ameryce samochodów o różnych cenach.



Rys. 7. Produkcja roczna samochodów o różnych cenach w Ameryce w latach 1925 — 1932.

2) Polityka fiskalna.

Aparat skarbowy, chcąc wycisnąć ukryte podatki, traktuje właścicieli samochodów szczególnie ostro i w ten sposób działa wybitnie odstraszająco na dążenie do kupna samochodu. Jeżeli chcemy poprawić stan motoryzacji kraju, należy tego radykalnie zaniechać. Wzorem Niemiec należałoby zwalniać kupujących samochody od tej części podatku dochodowego, jaka przypada na kwoty, zapłacone za samochody. (Niemcy na tem nie straciły, przeciwnie zyskały: straciły na podatku dochodowym 10 milj. mk., lecz zyskały na podatkach przemysłowych 50 milj. mk.).

3) Stan dróg.

Stan naszej sieci drogowej jest zły. Podnosi to o 20 — 30% koszty eksploatacji, a pozatem uniemożliwia dalekobiezną komunikację samochodową. Zaznaczyć przy tem trzeba, że wysokość podatków drogowych jest ta sama, co w krajach o dobrej sieci drogowej, i wynosi przeciętnie 600 zł. rocznie od pojazdu. O doprowadzeniu 44 000 km dróg do należytego stanu w krótkim czasie nie można marzyć, jednak przebudowa 3 000 km głównych szlaków kosztem około 500 milj. złotych jest rzeczą możliwą i powinna być skutecz-

nia, jako jedna z najważniejszych i najpilniejszych inwestycji państwowych, gdyż, wg. prof. Nestorowicza, straty gospodarcze z powodu złego stanu dróg wynoszą rocznie około 1 miljarda 300 milionów złotych.

4) Koszta eksploatacji.

Ze względu na:

pokrywanie przez rynek wewnętrzny dumpingu eksportowego materiałów pędnych, wysokie ceny części zamiennych, osprzętu i gum,

wysokie koszty naprawy,

wysokie koszty asekuracji i zły stan dróg

koszty eksploatacji są w Polsce o 30 — 40% wyższe, niż w innych krajach. Zbadanie więc wszystkich wchodzących w grę czynników i uregulowanie spraw, które są do uregulowania, jest również jednym z istotnych czynników, działających zasadniczo na rozwój motoryzacji.

Jak widać z tego krótkiego szkicu, zagadnienie w całości jest bardzo skomplikowane, wymaga gruntownego zanalizowania i dlatego stawiam następujące wnioski:

1) Zagadnienie motoryzacji jest wielkim zagadnieniem komunikacyjnym i, jako takie, racjonalnie rozwiązane może poważnie się przyczynić, przez przyspieszenie i potaniecie wymiany, do unormowania naszych stosunków gospodarczych, zarówno w dziedzinie obniżenia kosztów produkcji przemysłowej, jak i podniesienia rentowności rolniczej.

2) Zagadnienie motoryzacji może być rozwiązane tylko przez skoordynowane rozwiązanie wszystkich składowych zagadnień, t. j. zagadnienia cen taboru, polityki fiskalnej, polityki drogowej, cen materiałów pędnych, gum, części zapasowych, asekuracji i t. d.

3) Ze względu na doniosłość sprawy, całe społeczeństwo, a przede wszystkim sfery gospodarcze i techniczne powinny intensywnie pracować nad rozwiązaniem tego zagadnienia.

4) Ze względu na katastrofalny stan motoryzacji sprawa ta jest niezmiernie pilna, jednak może być rozwiązana po wszechstronnem zbadaniu całości zagadnienia.

L'état actuel, les besoins et les possibilités de développement de la circulation automobile en Pologne

Résumé

L'auteur constate que la circulation automobile en Pologne se développait, quoique lentement, jusqu'à 1931, tandis qu'à partir de cette année elle est même en diminution. Il montre qu'en 1932 une diminution de la circulation fut observée dans toute l'Europe, excepté en France et en Italie; cependant déjà en 1933 la circulation commença de nouveau à augmenter partout, excepté en Pologne. Après avoir examiné ce fait en comparant les conditions générales (richesse nationale, densité du réseau des routes et des voies ferrées etc.) de la Pologne avec celles des pays aux conditions économiques analogiques (Tchécoslovaquie, Hongrie, Yougoslavie, Roumanie), l'auteur indique les facteurs pouvant influencer l'augmentation du nombre des véhicules automobiles. Ce sont: les prix des automobiles, la politique fiscale, l'état des routes, les frais d'exploitation.

A la fin l'auteur arrive à la conclusion que le problème de la motorisation du pays doit être résolu par l'élaboration coordonnée de toutes les parties composantes du problème et par la détermination de la manière d'agir la plus propre dans tous ces domaines.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

BUDOWNICTWO

Podgrzewanie betonu zapomocą prądu elektrycznego.

Dla umożliwienia prowadzenia robót betonowych podczas dłuższych okresów mrozu przeprowadzono w Szwecji (prof. H. Bohlding i inż. A. Brund) badania nad podgrzewaniem betonu zapomocą prądu elektrycznego. Ponieważ chodziło o uniknięcie elektrolizy wody, można było zastosować tylko prąd zmienny. Ogrzewanie udało się wykonać bez skomplikowanych urządzeń, lecz poprostu zapomocą zakładania blach do masy świeżo wlanego betonu, albo też zapomocą przykładania blach do deskowania zewnątrz. Gdy dostępna była tylko jedna powierzchnia betonu, układano na niej kilka warstw blach izolowanych wzajemnie i przyłączonych co druga do jednego bieguna. Jako cyfrę najmniejszego rozchodu energii na ogrzanie 1 m³ betonu o 1°, uzyskano 570 Kal, co odpowiada 0,66 kWh, przyczem duży wpływ wywierają naturalnie straty ciepła (więc rodzaj otuliny) oraz temperatura otoczenia. Najwyższy rozchód energii wyniósł aż 1,4 kWh na 1 m³ ogrzany o 1° przy zewn. temperaturze 10° (fundament silnika, stykający się z podłożem na 25% swej powierzchni).

Ponieważ oporność właściwa betonu zmienia się podczas twardnienia, trzeba móc regulować napięcie między blachami stanowiącymi elektrody w granicach od 20 do 50 V. Napięcie prądu z sieci musi być obniżane przez odpowiedni transformator.

Analogiczne próby wykonano zimą r. b. w Politechnice w Zurichu, na miejscu robót zaś zastosowano podgrzewanie elektryczne w Rosji przy wahaniami temperatury od -10 do -25°. Korzystano przytem z prądu zmiennego o napięciu 110 do 220 V. Jako elektrody służyły w cienkich płytach blachy, zaś w in. częściach budowli - pręty żelazne o średnicy 10 - 12 mm, wkładane do świeżego betonu, a po jego związaniu obcinane. Wprowadzono przytem planowe podgrzewanie, przewidujące najpierw ogrzanie o 5 do 8° na godz. aż do 50°; w tej temperaturze utrzymywano beton w ciągu 24 godz.; następnie ogrzewano go dalej do 70 - 75°. Gdy wiek betonu osiągał 36. godz., ogrzewanie wstrzymywano i beton ostygł stopniowo. (Schweiz. Bztg. 1934 r., str. 70/71, oraz Bet. und Eisen 1933 r., str. 282/85).

KOLEJNICTWO

Stalowe skrzynie paleniskowe w parowozach.

Od kilku lat kolej Paris - Orléans wyposaża wszystkie swe parowozy w stalowe skrzynie paleniskowe. Również parowozy stare otrzymują podczas naprawy zamiast miedzianych stalowe skrzynie paleniskowe. Tworzywo używane do budowy skrzyń (stal A wedł. ogólnych przepisów kolei francuskich) wykazuje po wyżarzeniu $R = 35 \text{ kg/mm}^2$, zaś $A = 30\%$ (przyczem długość pomiarowa l wyznacza się z równania $l^2 = 66,7 F$ (gdzie $F =$ przekrój)).

Zastosowanie stalowych skrzyń paleniskowych (zam. miedzianych) ma naturalnie duże znaczenie w krajach pozbawionych zasobów miedzi, gdyż na skrzynię dużej lokomotywy zużywa się ok. 4 t miedzi.

Wielkie przebiegi lokomotyw.

Kolej Chicago - Milwaukee - St. Paul i Pacific wprowadziła obsługę swych pociągów pośpiesznych na odcinku Minneapolis - Harlowtown (1480 km) zapomocą jednego parowozu. Przebieg takiego parowozu odpowiada prawie dokładnie odległości Królewiec - Bazylea. Parowozy bio-

ra podczas tego przebiegu 9-krotnie wodę i 5-krotnie węgiel. Opalane są węglem o wartości opałowej 5900 Kal przy 10% popiołu, przyczem osiąga się 6,4-krotne odparowanie. Na dwóch stacjach czyści się podczas postoju palenisko, obsługa zaś zmienia się w czasie jazdy 6-krotnie. Pociągi składają się z reguły z 9 - 10 wagonów, czasem nawet z 15; przewożone są przy tem bez pomocy drugiej lokomotywy przez odcinek 27 km o wzniesieniu 10⁰/₀₀.

Wprowadzenie tych wielkich przebiegów dało ogromne wyzyskanie lokomotyw; jedna z nich naprz. wykonała w listopadzie r. ub. 29590 km, przebiegając wspomniany szlak 10-krotnie tam i z powrotem. Średni przebieg miesięczny parowozu w ciągu ub. 2-ch lat takiego ruchu wyniósł 18448 km. (Rly Age. 1933 str. 875, Z. d. V. d. l. 1934, str. 356).

METALOZNAWSTWO

Obróbka termiczna żeliwa.

W stosunku do żeliwa stosuje się kilka rodzajów obróbki cieplnej.

W celu usunięcia naprężeń wewnętrznych w żeliwie szarem stosuje się wygrzewanie w temperaturze 430 - 595° C, przez odpowiednio długi czas, uzależniony od kształtu i masy odlewu. Zwykle stosuje się temperaturę 480° C i czas 4 godziny. Temperatura wygrzewania jest ściśle związana z zawartością krzemu, składnika wpływającego na grafityzację. Im więcej krzemu, tem niższą należy stosować temperaturę, i odwrotnie.

Wyżarzanie w zakresie 760 - 900° C (powyżej punktów krytycznych) w ciągu 2 - 6 godzin z następnym studzeniem w piecu jest stosowane w celu umożliwienia obróbki mechanicznej żeliwa drogą rozbicia cementytu wolnego, bez szkodliwego wpływu na cementyt eutektyczny. Wyżarzanie takie pogarsza naogół własności fizyczne żeliwa i to pogorszenie zależy od temperatury i czasu wyżarzania oraz od składu chem. żeliwa.

Hartowanie żeliwa polega na wygrzewaniu w temp. 790 - 845° C (temp. zależy od zawartości C i Si) i następnym studzeniu w oleju, wodzie lub na powietrzu. Osiąga się twardość do 400 jedn. Brinella, w stopowem żeliwie nawet do 500. Żeliwo takie jest b. odporne na ścieranie i nie jest obrabiane mechanicznie. Według Balley'a, hartowanie żeliwa w oleju od 815° C z następnym odpuszczeniem od 205 - 315° C daje żeliwo obrabialne o twardości około 350 jedn. Brinella.

W stosunku do żeliwa białego stosuje się wyżarzanie w temp. 815 - 870° C przez 3 - 4 godz., aby usunąć nadmierną kruchość.

Przez odpowiednie wygrzewanie białego żeliwa otrzymuje się t. zw. kujną leizną. Wyżarzanie prowadzi się w dwu zakresach. Pierwszej powyżej A_{c1} w temperaturze 870 - 925° C w celu rozbicia cementytu; po tem wyżarzaniu otrzymuje się węgiel żarzenia i perlit, albo grafit oraz roztwór stały węgla w żelazie.

Drugie wyżarzanie, poniżej A_{c1} w zakresie 705 - 730° C, ma na celu rozbicie perlitu na węgiel żarzenia i ferryt. Ponieważ procesowi temu sprzyja krzem, odlewnicy dążą do utrzymania jego zawartości na górnej granicy. Zawartość krzemu jest ograniczona jego skłonnością do sprzyjania wydzielaniu grafitu pierwotnego, obniżającego własności żeliwa. W praktyce oba te procesy są łączone razem w ten sposób, iż po pierwszym żarzeniu następuje studzenie z szybkością 6 - 9° C na godzinę do temp. 650°, dalej zaś studzi się z normalną szybkością.

Przebieg zwykłego wyżarzania jest następujący:

- 1) podgrzewanie do 900° C — 20 godz.
- 2) wygrzewanie w temp. 900° C — 50 godz.
- 3) studzenie do 675° C — 70 godz.
- 4) studzenie od 675° — 5 godz.

Zeliwo o składzie chemicznym: C = 2,4%, Si = 1,1%, Mn = 0,25%, P = 0,15% i S = 0,05% dało następujące własności mechaniczne:

granica płynności = 21 — 28 kg/mm²,
wytrzymałość = 35 — 42 kg/mm²,
wydłużenie na 2" = 15 — 20%,
udarność Charpy'ego = 1,4 kgm.

Ponieważ proces jest zbyt długi, pracowano wiele nad możliwością jego skrócenia. Jeden z polecanych skróconych sposobów, mający dawać dobre wyniki, jest następujący:

- 1) podgrzewać do 954° C — 3 godz.
- 2) wygrzewać w temp. 954° C — 4 godz.
- 3) studzić do 677° C — 14 godz.

Zeliwo o składzie C = 2,4%, Si = 1,65%, Mn = 0,25%, P = 0,05%, S = 0,05%, dało po takiej obróbce następujące wyniki: granica płynności 28 kg/mm², wytrzymałość na rozciąganie 42 kg/mm², wydłużenie (2") 15%, twardość 150 jedn. Brinnella, udarność (Charpy) 1 kgm. (Trans. A. M. Soc. for Metals 1934 r., str. 227 — 248).

E. P.

SAMOCODNICZTWO

Zasilanie silników autobusowych gazem sprężonym *).

W ciągu lat ostatnich większe gazownie angielskie przeprowadziły szereg daleko idących prac teoretycznych i doświadczalnych nad możliwościami zastosowania sprężonego gazu świetlnego do napędu silników autobusów i samochodów ciężarowych. Na wyróżnienie zasługują prace, przeprowadzone w laboratorium badań przemysłowych w Birmingham przez dr. C. M. Waltera.

Z powodu trudności w uzupełnianiu zapasów benzyny w Anglii podczas wojny światowej, już w tym czasie rozpoczęto stosowanie paliw zastępczych, m. in. ustawiając duże zbiorniki gazu na dachach autobusów. Ponieważ gaz w tych zbiornikach (o objętości 11—14 m³) sprężony był pod nie-

*) Por. „Przeł. Techn.” r. 1929, str. 343 i 712.

wielkiem ciśnieniem, przeto promień poruszania się samochodów, w ramach jednorazowego naładowania zbiorników, był niewielki. Jednakowoż wówczas już stwierdzono, że silniki zbudowane na benzynę pracowały dobrze mieszanką gazu świetlnego i powietrza, wykazując całkiem dobrą sprawność cieplną. Aby stosować to paliwo zastępcze, nie wprowadzano w silniku prawie żadnych zmian, zastępując jedynie karburator mieszalnikiem gazu. Moc silnika przy napędzie gazowym była nieco mniejsza, niż przy benzynowym, wskutek zbyt małego (dla mieszanki gazowej) stopnia sprężania. Niepomyślnie następstwa napędu gazowego, t. j. ograniczony zasięg ruchu, zdołano już ostatnio usunąć, zmniejszając wydatnie ciężar zbiorników stalowych i zwiększając prędkość gazu aż do 200 at. Obecnie sporządza się butle ze stali chromowo-niklowo-molibdenowej, o długości 1,8 m, średnicy 0,2 m i grubości ścianki 5,6 mm; pojemność butli pod ciśnieniem 200 at wynosi ok. 10 m³. Na samochodzie o ciężarze 2 t ustawiono 4—5 takich butli, których pojemność gazu wystarczała na przejechanie 100 km. Butle umieszczano w tylnej części podwozia zapomocą taśm stalowych, w ten sposób, aby ułatwić dostęp do zaworów. Sąsiednie butle połączone są cienkim, giętkim przewodem, mogą więc być napełniane jednocześnie. Na stacjach ładujących ustawione są sprężarki 3, względnie 4-stopniowe. Przed wejściem do cylindra sprężarki gaz oczyszczany jest starannie z szkodliwego dla niej benzolu. Ciśnienie sprężania wynosi 350 at; gaz przechowywany jest w dużych zbiornikach stacyjnych, skąd dopiero przepływa do butli samochodowych. Stosownie do ilości butli, czas niezbędny do odnowienia zapasu paliwa na samochodzie wynosi od 3,5 do 7 min. Z butli gaz przepływa do 2-stopniowego zaworu redukcyjnego, umieszczonego przy kierowcy, poczem, pod ciśnieniem atmosferycznym, wpływa do mieszalnika, a wreszcie, po utworzeniu z powietrzem mieszanki o żądanym składzie — do silnika. Podczas postoju silnika drugi stopień zaworu redukcyjnego zamyka się samoczynnie.

Po 12-miesięcznych udatnych próbach przystosowano w Birmingham większą ilość autobusów do paliwa gazowego: jeden z nich, 32-miejscowy, o ciężarze 9 t (7 butli) rozchodzi przeciętnie 1,2 m³/km gazu. Średnio 1,5—1,6 m³ gazu o górnej wartości opałowej 4230 Kal/m³ stanowi równoważnik 1 l benzyny. (Internal Combustion Engineer, listopad 1933).

TREŚĆ:

- Od Redakcji.
- Ogólny rzut oka na badania nad skrawaniem metali, prowadzone przez obcych przed 1929 r., nap. Inż. W. Moszyński.
- Badania nad skrawaniem metali, prowadzone przez ś. p. Prof. H. Mierzejewskiego, nap. Inż. E. Oska.
- Pomiary oporów skrawania, prowadzone przez ś. p. Prof. H. Mierzejewskiego, nap. Inż. W. Biernawski i Inż. A. Stulgiński.
- Obrabialność metali, nap. † Henryk Mierzejewski, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- Pola naprężeń i odkształceń przy wciąganiu płaskiego stempla w materiał, nap. † Henryk Mierzejewski, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- Stan obecny, potrzeby i możliwości rozwoju motoryzacji w Polsce, nap. W. Modzelewski.
- Przeł. pism technicznych.

SOMMAIRE:

- Avant-propos.
- Aperçu général des recherches sur la coupe des métaux, exécutées hors de la Pologne jusqu'à 1929, par M. W. Moszyński, Ingénieur mécanicien.
- Les recherches sur la coupe des métaux exécutées par feu M. H. Mierzejewski, Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie, par M. E. Oska, Ingénieur mécanicien.
- Les mesures de la résistance à la coupe des métaux effectuées par feu M. H. Mierzejewski, par MM. W. Biernawski et A. Stulgiński, Ingénieurs-mécaniciens.
- Sur la travaillabilité des métaux, par † M. H. Mierzejewski, Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
- Les champs des tensions et des déformations qui se forment pendant la pénétration d'un poinçon dans le matériel par † M. H. Mierzejewski, Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
- L'état actuel, les besoins et les possibilités de développement de la circulation automobile en Pologne, par M. W. Modzelewski.
- Revue documentaire.

STOWARZYSZENIE TECHNIKÓW POLSKICH W WARSZAWIE

KONTO P. K. O. 128.

POSADY WAKUJĄCE.

- 34—Instytut Spraw Społecznych ogłasza konkurs na pracę o rusztowaniach budowlanych ze stanowiska bezpieczeństwa pracy. Warunki konkursu oraz nagrody są do przejrzania w Kancelarii Stow. Techników.
- 36—Młody inżynier, z kilkuletnią praktyką warsztatową potrzebny do fabryki w Warszawie. Oferty do administracji pisma pod Nr. 36.
- 38—Inżynier mechanik energiczny, doświadczony warsztatowiec, dobrze znający pracę obrabiarek metali, pras do tłoczenia oraz umiejący sporządzać przyrządy do pras. Oferty nadsyłać do administracji pisma pod Nr. 38.
- 40—Fabryka Maszyn, Kotłów i Wagonów poszukuje dwóch samodzielnych Konstruktorów, obeznanych z budową wagonów kolejowych — na okres przejściowy. Pierwszeństwo kawalerom. Zgłoszenia do administracji pisma pod Nr. 40.
- 42—Poszukuje się technika-ceramika do fabryki fajansu sanitarnego — z kilkuletnią praktyką. Oferty do administracji pisma pod nr. 42.
- 44—Fabryka Gaśnic poszukuje energicznego akwizytora, obeznanego z tym działem. Oferty do administracji pisma pod nr. 44.
- 46—Sześćsto Intendentury O. K. VII w Poznaniu poszukuje inżyniera-mechanika znającego również dziedzinę elektrotechniczną. Pierwszeństwo w ubieganiu się o posadę mają kandydaci, którzy posiadają dłuższą praktykę w dziedzinie urządzeń młynarskich, piekarskich, pralniczych, wodociągów, elektrowni i budowy maszyn. Termin składania ofert upływa 25 lipca r. b. Blisze informacje w Administracji „Przeglądu Technicznego”.

Poszukiwany jest

inżynier-hutnik lub mechanik
do fabryki materiałów ogniotrwałych.

Wymagana jest przynajmniej roczna praktyka i doświadczenie w ruchu fabrycznym choćby i w innej branży. Oferty, wraz z curriculum vitae, odpisami świadectw i fotografią, kierować do **Biura Ogłoszeń Feliksa Stattera, Kraków, Rynek Gł. 8, pod „I. M.”**

Sekcja współpracy z drobnym przemysłem przy Stow. Techników Polskich w Warszawa

poszukuje 4-ch inż-mechaników

Praca wydawnicza i organizacyjna. Zgłoszenia: „Przegląd Techn.” Nr. 168.

Poważna fabryka

mechaniczna w Warszawie

poszukuje doświadczonego i energicznego inżyniera na stanowisko szefa kontroli.

Reflektujemy tylko na pierwszorzędną siłę z przynajmniej kilkuletnią praktyką warsztatową na poważnych stanowiskach.

Pierwszeństwo dla posiadających doświadczenie w dziale samochodowo-lotniczym (silniki).

Wyczerpujące oferty wraz z odpisami świadectw i żądaniem wynagrodzenia kierować pod adresem: **Biuro ogłoszeń Teofil Pietraszek, Warszawa, Marszałkowska 115, pod „Szef Kontroli”.**

169

Do większych zakładów

poszukiwani

Konstruktorzy

(inżynierzy lub technicy)

z praktyką do opracowania przyrządów fabrykacyjnych, uchwytów, narzędzi i sprawdzianów przy masowej i seryjnej produkcji obróbki metali.

Oferty kierować do Administracji „Przeglądu Technicznego”, Warszawa, Czackiego 3, pod „Konstruktorzy”.

170

Organizacja rachunkowości i kalkulacji. Bilanse. Rewizje i ekspertyzy buchalteryjne. Konsultacje.

BIURO BUCHALTERYJNO-REWIZYJNE

ST. WASIŁOWSKI i ST. WOJCIECHOWSKI SPÓŁKA FIRMOWA

BUCHALTERZY-RZECZOZNAWCY
Warszawa, ul. Focha 3, m. 2, telefon 222-41

114

Przedpłatę kwartalną	15 zł.
przyjmuje Administracja i Poczтовая Kasa Oszczędności na konto Nr. 515.	
Przedpłata zagranicą	75 zł. rocznie
„ „ „ „	20 zł. kwart.
Cena zeszytu	zł. 2.50
(Ceny zeszytów specjalnych są ustalone każdorazowo)	
Za zmianę adresu (znaczkami poczt.)	1 zł.

Ceny ogłoszeń:

Jednorazowych:

Za jedną stronicę	zł. 300.—
„ pół strony	„ 165.—
„ ćwierć strony	„ 90.—
„ jedną ósmą	„ 45.—
„ jedną szesnastą	„ 25.—

Ceny ogłoszeń w zeszytach specjalnych ustalone są każdorazowo.
Dopłaty: za 1 str. okładki 100 proc., za IV str. okł. 50 proc., za zamówione miejsce na innych stronach 20 proc.
Ogłoszenia dla poszukujących pracy, nadane w Administracji, zł. 8 za 1/16 str.

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, ul. Czackiego Nr. 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników). Telefon Nr. 657-04.
Redakcja otwarta we wtorki, czwartki i piątki od godz. 8 do 8 i pół wieczorem. Administracja otwarta codziennie od godz. 9 rano do 7 wiecz.
Wejście do Redakcji i do działu prenumerat Administracji: — przez sieć główną budynku.

STOWARZYSZENIE MECHANIKÓW POLSKICH Z AMERYKI

SP. AKC.

w WARSZAWIE, ul. MARSZAŁKOWSKA 130

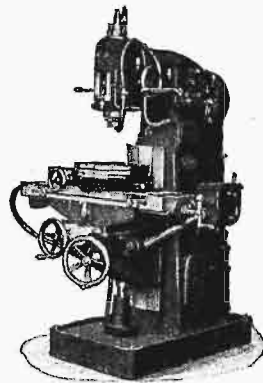
Telefony: 693-88, 693-31, 693-66, 693-41, 693-26.

Wytwórnia w PRUSZKOWIE i Zakłady Przemysłowe „POREBA”.

Polecamy własnego wyrobu:

Obrabiarki do metali: tokarki, wiertarki, strugarki poprzeczne i podłużne, frezarki pionowe i poziome, dłutownice, szlifiarki, ryflarki, obrabiarki dla ciężkiego przemysłu kolejowego i hutniczego wagi, sięgającej powyżej 50 000 kg, obrabiarki do drzewa.

Przyrządy do: frezowania, szlifowania, gwintowania na tokarkach. Przyrządy podziałowe i do pionowego frezowania na frezarkach. Imadła: maszynowe i warsztatowe.



Frezarka pionowa typ IFPA.

Narzędzia do obróbki metali: wiertła, rozwiertaki, frezy, gwintowniki i t. p.

Przyrządy fabrykacyjne: wiertarki, uchwyty, przyrządy i t. p.

Odlewy żeliwne: maszynowe, wlewnice, cylindry parowozowe, rury wodociągowe, kanalizacyjne i ściekowe oraz kształtki do nich, odlewy sanitarne i naczynia kuchenne — surowe i emaljowane, odlewy dla centralnego ogrzewania.

12

CYNKOGRAFJE

ZAKŁAD FOTOCHEMIGRAFICZNY

„L U X”

Warszawa, Elektoralna 14. Telefon 250-23.
Wykonują do druku wszelkie klisze kreskowe i siatkowe.

FARBY

FARBY, LAKIERY, EMALJE ZNAJĘ DOBROCI „GLORIN”



poleca Krajowa Wytwórnia Lakierów Angielskich, Farbi Emalji Kolorowych

„Glorja”

Warszawa, ul. Żytnia 24/26
telef. 2-65-24 i 659-51, (dom własny)

ŁAŃCUCHY

ŁAŃCUCHY

GALL'A
EWART'A
FLEYER'A

„ROTAX”

Warszawa,
Niecała 1.
Tel. 54-87.

MOTORY ELEKTRYCZNE

Najstarsza w kraju fabryka motorów elektrycznych

L. KOREWA

Warszawa, ul. Syreny Nr. 7, telefon Nr. 5-00-95

PASY

PASY

WIELBLĄDZIE
SKÓRZANE
BALATA
GUMOWE

FRANK REDDAWAY

Królewska 39, tel. 617-90

POMPY DO GŁĘBOKICH STUDZIEN

NAJSTARSZA W POLSCE FABRYKA POMP

„SIRIUS”

Warszawa, Zamojskiego 51, tel. 10-18-25.

POMPY ODŚRODKOWE I TURBINOWE

SPECJALNA FABRYKA POMP ODŚRODKOWYCH I TURBINOWYCH „SIRIUS”

Warszawa-Praga, Zamojskiego 51, tel. 10-18-25.

STAL

STAL

SZYBKOTNĄCA
NARZĘDZIOWA
KONSTRUKCYJNA
NIERDZEWA
KWASOODPORNA

MARKI
HOSSYB

TYGŁOWA
WYROBY STALOWE SUROWO KUTE
ZAKŁADY
STALOWE ANAKTOR
FABRYKA W PRUSZKOWIE, ul. MOSTOWA 4, TELEFON 8.

ODLEWY STALOWE
Warszawa, Włok 3
telefon 5 86-32

WENTYLATORY



„CIEPŁO i POWIETRZE” Fabr. Maszyn
Warszawa, Zabkowska 36, tel. 10.20.39.

SPECJALNOŚĆ:

WENTYLATORY I EKSHAUSTORY
CIĄGI SZTUCZNE I PODMUCHY
PNEUMATYCZNY TRANSPORT
ODCIĄGANIE KURZU, APARATY
PARO - WODO - GAZO - POWIETRZNE,
SUSZARNIE; APARATY DO NAWILŻA-
NIA. WENTYLACJA. FILTRY

FABRYKA MASZYN „WENTYLATOR”
Aparaty paropowietrzne, przeciwpądowe, grzejniki
Warszawa, Niecała 1, tel. 754-87.

SP. AKC. J. JOHN W ŁODZI

WYKONYWA W ODDZIELE **OBRABIAREK:**

TOKARKI SZYBKOBIEŻNE o wzniesieniu kłów 230, 150, 300 mm.
dla napędu elektrycznego oraz z pędni.

TOKARKI o wzniesieniu kłów 150 mm dla napędu nożnego.

WIERTARKI SŁUPOWE o największej średnicy wiercenia 32 i 40 mm.

APARATY, KOTŁY i MISY z żeliwa ługo-kwaso- i ognioodpornego,

BIURA WŁASNE:

WARSZAWA, POZNAŃ, KRAKÓW, LWÓW, GDAŃSK, KATOWICE

7

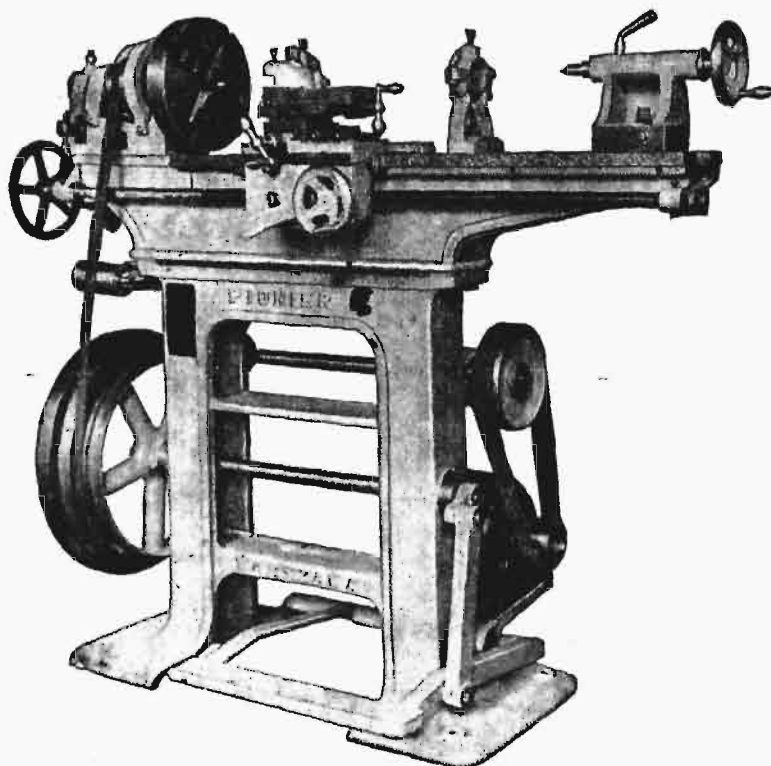
PIONIER

FABRYKA OBRABIAREK

Sp. z o. o.

Warszawa, ul. Krochmalna 71

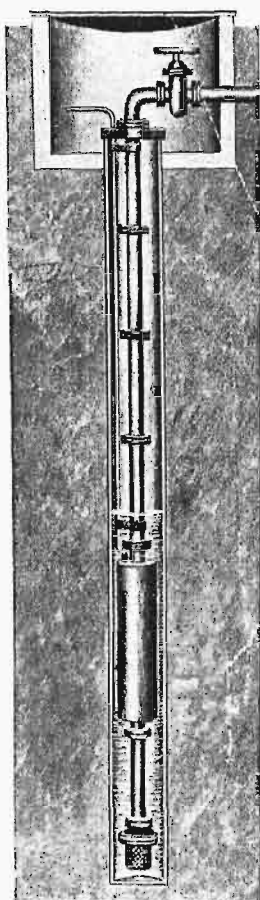
tel. 695-83 i 695-86



**TOKARKI,
REWOLWERÓWKI,
SHAPINGI,
FREZARKI,
WIERTARKI,
POMPY
DO SMARU i WODY**

Oferty, prospekty i katalogi na żądanie

40

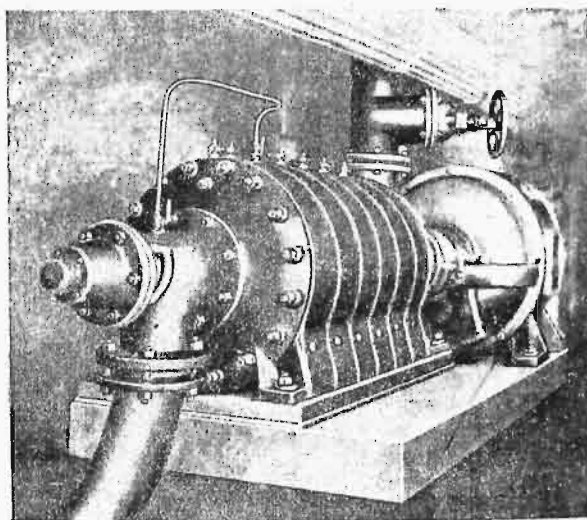


POMPY

PODWODNE
GŁĘBINOWE

OSTATNI WYRAZ TECHNIKI
CAŁKOWICIE WYKONANE
Z MATERJAŁÓW KRAJOWYCH

P O M P Y
O D Ś R O D K O W E
T U R B I N O W E



SIRIUS

SPECJALNA FABRYKA POMP ODŚRODKOWYCH

WARSZAWA, ZAMOJSKIEGO 51. Tel. 10.18.25

ROR ZAŁOŻENIA 1911