



II 54.P.

CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE

TOM 57

LWÓW, 10 LIPCA 1939 R.

Nr 13

Inż. TADEUSZ WŁODEK

Mechaniczna Stacja Doświadczalna P. L.

O możliwościach wykorzystania zjawisk magnetycznych zachodzących w obciążanej próbce do badań własności mechanicznych materiału

Wstęp.

Przy zrywaniu próbki wytrzymałościowej wykonanej ze stali ferromagnetycznej można zaobserwować, że próbka wykazuje własności magnetyczne, co łatwo sprawdzić po zerwaniu przez zanurzenie jej końców w opiłkach z miękkiego żelaza. *Ryc. 1* przedstawia dwie części zerwanej próbki, z których jedną zanurzono w opiłkach z żelaza.



Ryc. 1.

Próbka wytrzymałościowa po zerwaniu, której jedną część zanurzono w opiłkach z żelaza.

Zjawisko to dowodzi, że odcinek stali począwszy od jakiegoś obciążenia nabywa własności magnetycznych, które pozostają już po jego zerwaniu. Znając to zjawisko można przyjąć, że próbka ze stali ferromagnetycznej obciążona np. do granicy sprężystości będzie wykazywać własności magnetyczne, które po ustaniu obciążenia

albo znikną całkowicie, albo też — co jest więcej prawdopodobne — zostaną, przy czym efekt namagnesowania będzie mniejszy po zniknięciu obciążenia.

Następnie można się spodziewać, że w miarę wzrostu odkształceń sprężystego i trwałego, a więc przy obciążaniu próbki do granicy płynności i dalej, aż do obciążenia rozrywającego, będzie wzrastać także i namagnesowanie próbki.

Powyższe rozumowanie prowadzi do wniosku, że przebieg zmiany strumienia magnetycznego w miarę obciążania próbki będzie miał właściwy sobie charakter dla każdego gatunku stali, z czego będzie można wyciągnąć pewne spostrzeżenia odnośnie do własności charakterystycznych badanego materiału, jak: granicy sprężystości, granicy płynności i in.

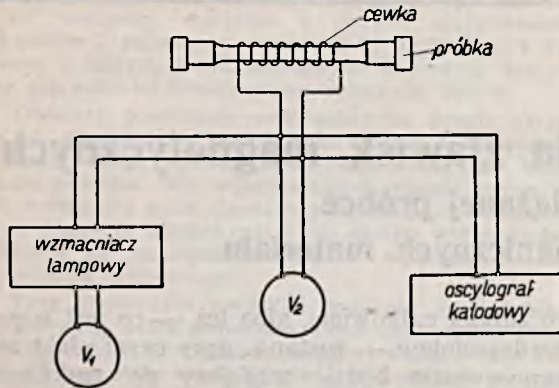
Dla zbadania możliwości wykorzystania krzywej zależności strumienia magnetycznego w próbce od jej obciążenia do badań wytrzymałościowych, należałoby przeprowadzić pomiar wielkości strumienia magnetycznego w zależności od obciążenia próbki dla różnych gatunków stali, a następnie porównać punkty charakterystyczne otrzymanej krzywej z charakterystycznymi własnościami materiału, jak: granicą sprężystości, granicą płynności i np. wytrzymałością na zmęczenie, wyznaczonymi przy użyciu normalnych metod.

Metoda badania zjawisk magnetycznych w obciążanej próbce podana przez autora.

Do badania zjawisk magnetycznych zachodzących w obciążanej próbce zastosował autor następującą metodę:

Badaną próbkę, pobraną ze stali ferromagnetycznej, poddaje się obciążeniom zmiennym na maszynie do badania materiałów na zmęczenie (można by użyć i innej maszyny wytrzymałościowej umożliwiającej nagłą zmianę obciążenia). W próbce poddanej obciążeniom zmiennym wytwarza się zmienny strumień magnetyczny, przypuszczalnie różny dla różnych charakterów zmiany obciążenia i różnych gatunków stali. Przez umieszczenie próbki w cewce indukuje się w tej ostatniej pod wpływem zmiennego strumienia magnetycznego zmienna siła elektromotoryczna. Mierząc tę siłę elektromotoryczną

odpowiednio dokładnymi przyrządami można już sobie pośrednio odtworzyć przebieg zmian strumienia magnetycznego w zależności od wielkości obciążenia. Ryc. 2 podaje schemat układu połączeń przyrządów użytych do powyższych pomiarów.



Ryc. 2.

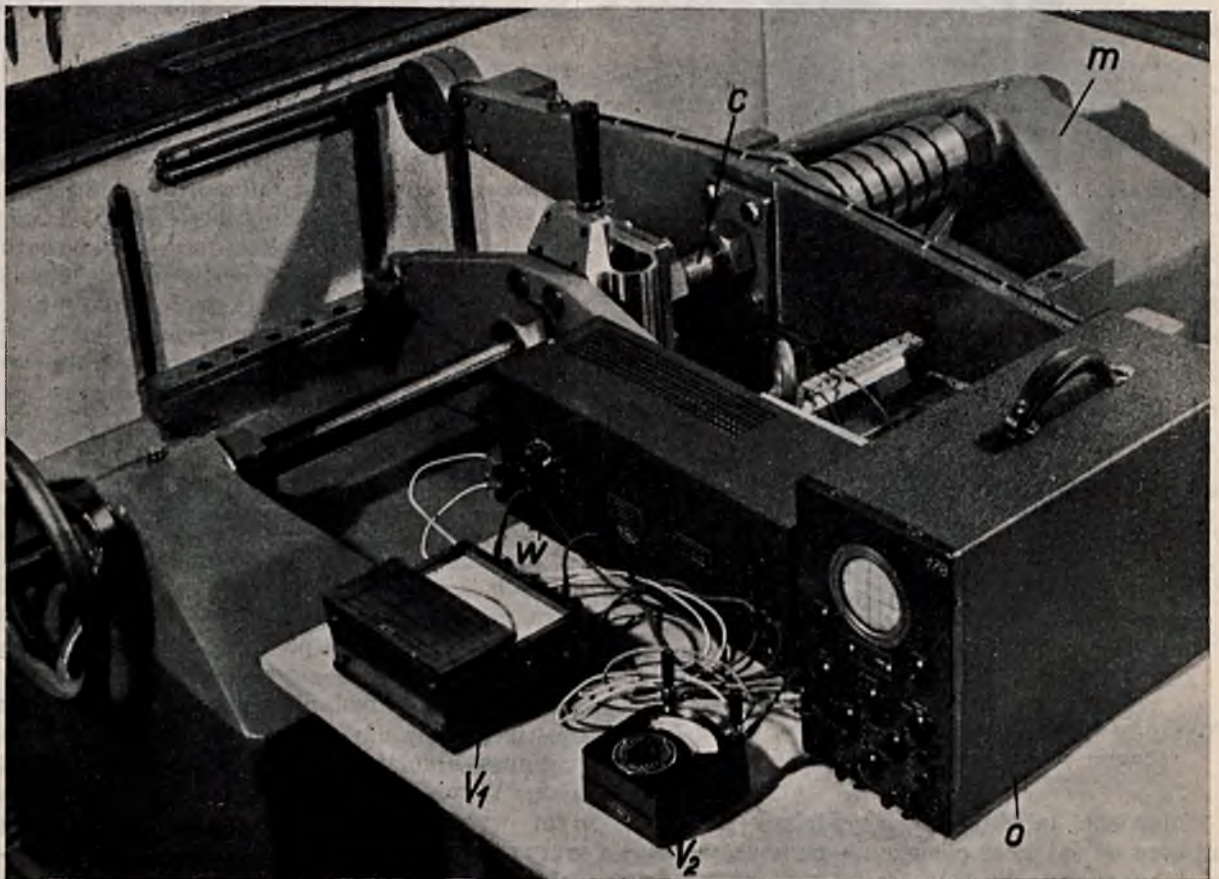
Schemat układu połączeń przyrządów użytych do pomiaru napięcia i siły elektromotorycznej indukowanej w cewce przez własny strumień magnetyczny próbki poddanej zmiennym obciążeniom.

Badaną próbkę umieszczono w cewce o 2000 zwojów, wykonanej z drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm, na końcach której mierzono siłę

elektromotoryczną (względnie napięcie) indukowaną przez własny strumień magnetyczny próbki. Do pomiarów użyto: woltomierza fmy Siemens - Halske z prostownikiem stykowym o oporze wewnętrznym $500 \Omega / 1,5 V$, korzystając z zakresu do 1,5 V; woltomierza fmy Gossen z prostownikiem stykowym o oporze wewnętrznym $500 \Omega / 1 V$, włączanego na wzmacniacz dwulampowy typu oporowego fmy Siemens, korzystając z zakresów do 30 i 150 V (woltomierz ten służył tylko do pomiarów napięć poniżej 100 mV); oscylografu katodowego o sterowaniu kondensatorowym fmy RCA, typu TMV-122-B, o zakresie od 20 do 90000 okresów, o czułości 75 V/1 cal, korzystając z wbudowanego weń wzmacniacza, dzięki czemu uzyskano czułość 2 V/1 cal.

Wymagania, którym powinny odpowiadać przyrządy pomiarowe użyte do badań.

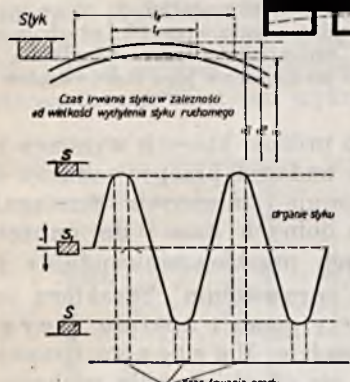
Zastosowane do pomiarów napięcia przyrządy nie były najodpowiedniejsze; najwłaściwsze do tego celu przyrządy są te, które pobierają minimalny prąd, przy takim bowiem prądzie przepływającym przez cewkę unika się większych strat: spadków omowego i indukcyjnego oraz deformacji krzywej siły elektromotorycznej SEM, co ma duży wpływ na wartość napięcia na końcówkach cewki. Woltomierz do tego rodzaju ba-



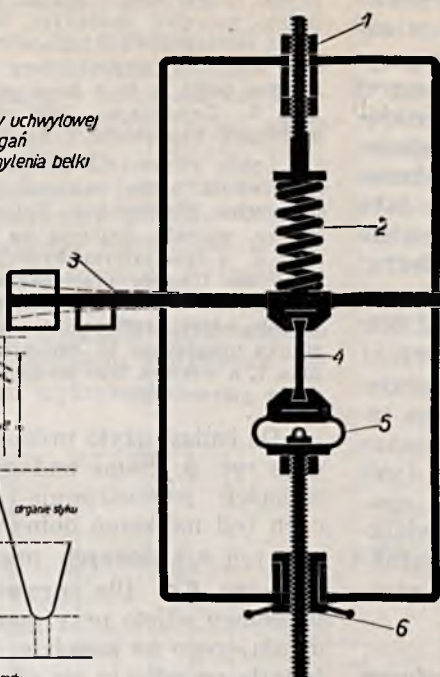
Ryc. 3.

Maszyna zmęczeniowa fmy Schenck wraz z przyrządami do pomiaru napięcia i siły elektromotorycznej indukowanej w cewce przez własny strumień magnetyczny obciążanej próbki.

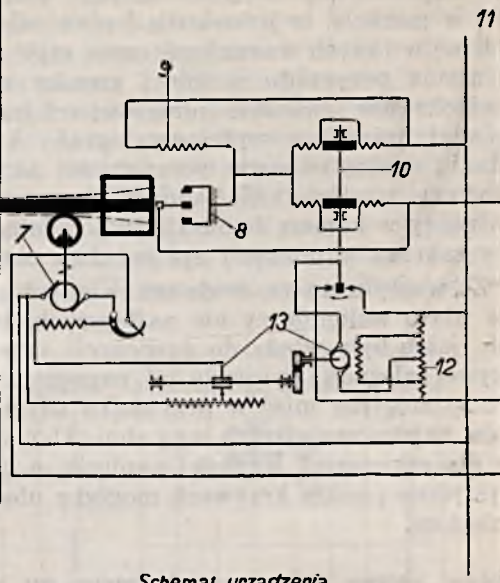
1. Napinacz sprężyny
2. Sprężyna
3. Belka drgająca
4. Próbką badana
5. Siłomierz sprężynowy
6. Urządzenie do nasław głowicy uchwyłowej
7. Urządzenie do wzbudzenia drgań
8. Słyki regulujące wielkość wychylenia belki
9. Opór wyrównawczy
10. Przelącznik różnicowy
11. Sieć prądu stałego
12. Rozdzielacz napięć
13. Urządzenie do sterowania maszyny



Schemat działania styków



Schemat maszyny



Schemat urządzenia do regulacji obciążen

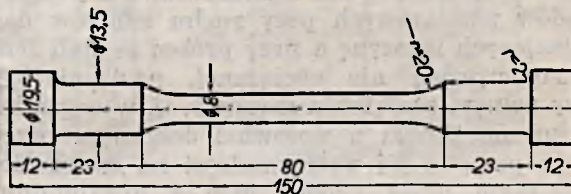
Ryc. 4.

Schemat maszyny zmęczeniowej fmy Schenck.

dań winien mieć zatem bardzo duży opór wewnętrzny, rzędu przynajmniej kilku tysięcy $\Omega/1 V$, przy zakresie około 1 V.

Z tego wynika, że odpadają tu przyrządy z miękkim żelazem, elektrodynamiczne i ciepłkowe, a wchodzi w rachubę przyrządy o bardzo małym zużyciu energii, a więc instrumenty Deprez w połączeniu czy to z termoelementem, czy też z prostownikiem stykowym lub lampowym. Aparaty z termoelementami, jakkolwiek zużywają bardzo mało energii w porównaniu z przyrządami z miękkim żelazem itp., jednak mając przy zakresie do 1 V w najlepszym razie 100 $\Omega/1 V$, nie nadają się. Opór wewnętrzny przyrządów z prostownikiem stykowym dochodzi do 4000 $\Omega/1 V$, jest więc przy tego rodzaju pomiarach wystarczający w tym znaczeniu, że załączanie względnie wyłączanie tego aparatu nie da się na oscylografie w danych warunkach prawdopodobnie zauważyć. Jeszcze lepsze, bo pobierające prądy niemierzalnie małe, są woltomierze Deprez z prostownikiem lampowym. Poza tym mogłyby wejść jeszcze w rachubę przyrząd elektrostatyczny, który też pobiera niemierzalnie mały prąd przy frekwencjach, jakie tu wchodzi w rachubę, jednak najmniejszy jego zakres wynosi ok. 20 V, byłby więc za duży dla indukowanej w przeprowadzanych badaniach SEM przy ilości zwojów cewki wynoszącej 2000; można by przyrządu tego użyć jedynie przy równoczesnym zwiększeniu zwojów cewki. Zamiast pomiaru napięcia na cewce można by robić pomiar prądu zwarcia cewki przez przyrząd, jednak spadki napięć na miliamperomierzach o zakresach od 1 do 5 mA są bardzo duże (ok. 1000 mV), pomiar więc byłby obarczony tymi

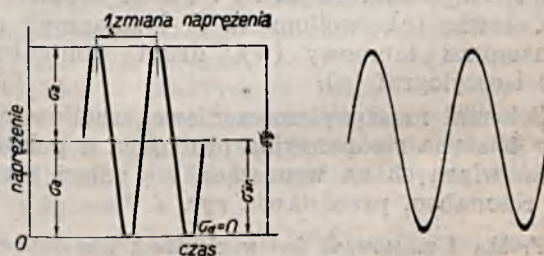
samymi wadami, co przy stosowaniu woltomierzy o małych oporach wewnętrznych.



Ryc. 5.

Wymiary próbki zmęczeniowej użytej do badań.

Oscylograf fmy RCA użyty do wyznaczania krzywych SEM pobierał wprowadzić prądy niemierzalnie małe, nie posiadał jednak urządzenia do robienia zdjęć fotograficznych tych krzywych, co w pewnej mierze było niedogodne, ponieważ trzeba było krzywe występujące na ekranie odrysowywać.



Ryc. 6 a, b.

Schemat przebiegu napięć jednostronnie zmiennych rozciągających (a) oraz krzywa napięć jednostronnie zmiennych rozciągających, zdjęta na maszynie zmęczeniowej fmy Schenck przy pomocy aparatu Berga (b).

Jeśli chodzi o zakres ilości okresów, to wprowadzie oscylograf ten spełnił swoje zadanie w zupełności, bo badania przeprowadzono na maszynie zmęczeniowej o ilości zmian wynoszącej 3000 w minutę, to jednak dla badań odbywających się w innych warunkach może zająć potrzeba użycia przyrządu o dolnej granicy zakresu ilości okresów znacznie mniejszej od tej, jaką posiadał opisany powyżej oscylograf. A zatem zadaniu swemu odpowie w zupełności oscylograf katodowy o sterowaniu kondensatorowym, zaopatrzony w kamerę fotograficzną, o dolnej granicy zakresu wynoszącej np. już dwa okresy.

Ze względu na to, że do omawianych pomiarów użyto woltomierzy nie najlepszych, lecz takich, jakie były wtedy do dyspozycji, otrzymane krzywe zależności napięcia od naprężenia (zob. *ryc. 8*) mogłyby mieć w przypadku użycia aparatów najstosowniejszych inny charakter, zwłaszcza dla mniejszych wartości napięcia, a charakterystyczne punkty krzywych mogłyby ulec przesunięciom.

Wpływ obcego pola magnetycznego na własny strumień próbki.

Dla wykazania, czy i w jakim stopniu obce pola magnetyczne, pochodzące od silników elektr. napędzających maszynę zmęczeniową, mają wpływ na wielkość indukowanej w cewce siły elektromotorycznej, zwłaszcza że siła ta jest bardzo mała, obserwowano zachowanie się przyrządów pomiarowych przy ruchu silników napędzających maszynę a przy próbie ze stali ferromagnetycznej nie obciążonej, następnie — przy pełnym obciążeniu maszyny, tj. w wypadku obciążenia próbki o stosownie dobranym przekroju powyżej jej wytrzymałości na zmęczenie, przy czym użyta próbka była z duraluminu, który to materiał — jak wiadomo — jest niemagnetyczny. Okazało się, że tak w jednym jak i drugim wypadku obce pola magnetyczne nie mają praktycznie wpływu na wielkość indukowanej w cewce *SEM*.

Przebieg badań i ich wyniki.

Ryc. 3 podaje zdjęcie maszyny zmęczeniowej wraz z przyrządami użytymi do badań, na którym widać: maszynę zmęczeniową fmy Schenck typu PZ 38 o zakresie do 5 t i o 3000 zmian/min (m), cewkę (c), woltomierz (V_1) załączony na wzmacniacz lampowy (w), drugi woltomierz (V_2) i oscylograf (o).

Schemat maszyny zmęczeniowej, zbudowanej jako maszyna rezonansyjna pracująca w pobliżu drgań własnych na wznoszącej się gałęzi krzywej rezonansu, przedstawia *ryc. 4*.

Próbka 4 umocowana jest w głowicach przyśrubowanych do sprężyny pomiarowej 5 i do poprzecznej belki drgającej 3 w jej środku. Belkę tę pobudza do drgań urządzenie 7, które składa się z obracającego się nie wyważonego ciężarka oraz z silnika elektr. prądu stałego. Na skutek obrotu nie wyważonego ciężarka końce belki wychylają się na przemian w przód i w tył symetrycznie względem jej środka i wywierają na próbkę będącą punktem oparcia belki siły zmienne co do wielkości i kierunku. Sprężyna 2 służy do wywołania obciążenia wstępnego

próbki, dzięki czemu można w próbie wywołać dowolny rodzaj naprężeń zmiennych, od czystego rozciągania poprzez rozciąganie i ściskanie do czystego ściskania. Wielkość amplitudy naprężenia w próbie zależy od wychyleń końców belki, a te z kolei zależą od ilości obrotów silnika 7. Zwiększając ilość obrotów silnika zwiększamy amplitudę naprężenia, i na odwrot.

Celem utrzymania stałych amplitud naprężeń w czasie trwania próby zineczenia zastosowała fma Schenck urządzenie Slattenschek-Kehse. Gdy np. wskutek chwilowego wzrostu napięcia na sieci wzrosną obroty silnika 7, a tym samym wychylenia końców belki 3, wzrośnie czas trwania przylegania styku ruchomego umieszczonego na końcu belki do styków stałych 8, co pociągnie za sobą obrót przełącznika różnicowego 10, uruchomienie silnika urządzenia 13, zmniejszenie oporu wzbudzenia silnika 7, a wskutek tego zmniejszenie jego ilości obrotów do stanu pierwotnego.

Do badań użyto próbek, których wymiary podaje *ryc. 5*. Same badania przeprowadzono dla obciążeń jednostronnie zmiennych rozciągających (od naprężeń dolnych $\sigma_d = 0$ do naprężeń górnych σ_g), których przebieg sinusoidalny podaje *ryc. 6 a*. Dla sprawdzenia charakteru tego przebiegu zdjęto przy pomocy aparatu Berga, działającego na zasadzie Martensa (promień światła po odbiciu się od zwierciadła ruchomego pada na papier fotograficzny przymocowany do obracającego się bębna), krzywą naprężeń, przedstawioną na *ryc. 6 b*.

Aparat Berga składa się z przyrządu właściwego, optyki i bębna ze statywem. Właściwy przyrząd tworzy ramka stalowa o długości 16 mm i szerokości 8 mm, podparta na jednym końcu dwoma ostrzami stałymi, na drugim — jednym ostrzem ruchomym. Na ostrzu ruchomym, złączonym z ramką za pomocą przegubu sprężynowego, umocowane jest zwierciadło. Ramkę przymocowuje się do próbki względnie do badanego przedmiotu, po czym skierowuje się promień światła na zwierciadło.

Pomiary przeprowadzono dla czterech gatunków stali: A, B, C i D, które otrzymano w piecu elektrycznym łukowym Heroult'a o wyprawie zasadowej. Wlewki o ciężarze 550 kg przewalcowano na pręciska $120 \times 120 \text{ mm}^2$, te zaś z kolei — na pręty o średnicach 24 (stale A i B) i 22 mm (stale C i D). Skład chemiczny i obróbkę cieplną poszczególnych stali podaje *tab. I*.

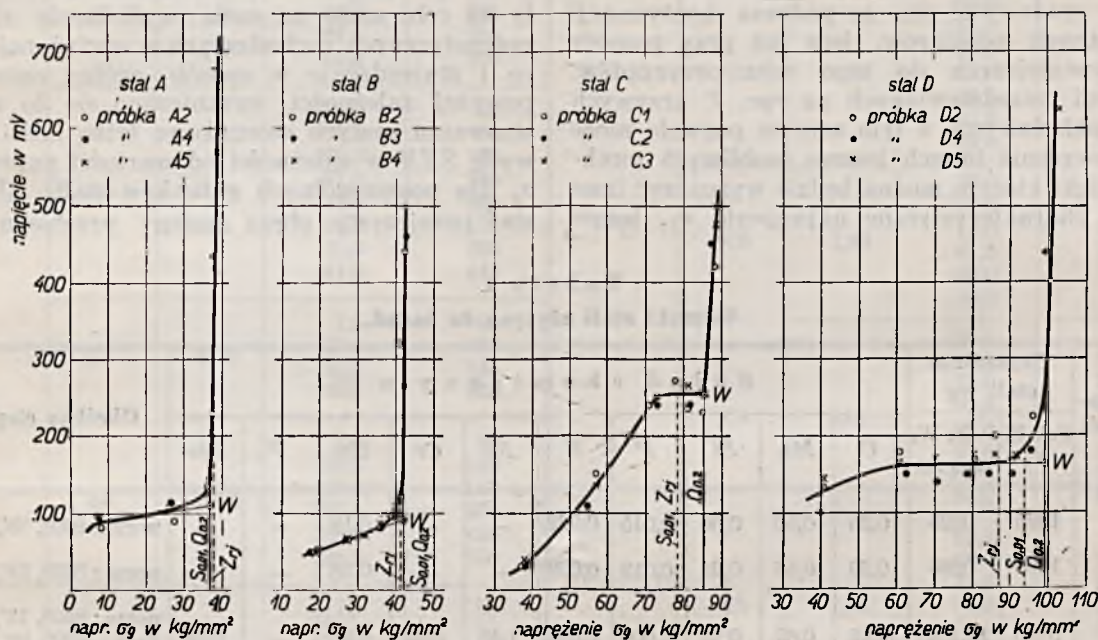
Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów wyznaczono własności mechaniczne wszystkich czterech gatunków stali; wyniki prób zebrano w *tab. II*.

Jeśli chodzi o próby wytrzymałości na zmęczenie, to przeprowadzono je na maszynie fmy Schenck na próbkach polerowanych o wymiarach podanych na *ryc. 5*, przy czym do wyznaczenia wytrzymałości na zmęczenie przy obciążeniach jednostronnie zmiennych rozciągających Z_r , użyto dla każdego gatunku stali po 5 do 7 próbek, następnie na podstawie otrzymanych wyników wykreślono krzywe Wöhlera przyjmując graniczną wartość ilości zmian $N = 5 \times 10^6$ (zob. *tab. II*).

Do właściwych badań, tzn. do badań zjawisk magnetycznych zachodzących w obciążanej próbce, które przeprowadzono wg metody podanej przez autora (zob. *ryc. 2 i 3*), użyto po 5 próbek o wymiarach jak na *ryc. 5*, pobranych z każdego gatunku stali. Próbki poddawano na maszynie fmy Schenck obciążeniom jednostronnie

zmiennym rozciągającym w granicach od naprężeń dolnych $\sigma_d = 0$ do naprężeń górnych σ_g przy ilości zmian obciążenia w minucie $n=3000$. W miarę stopniowego zwiększania górnego naprężenia σ_g , robiono pomiary napięcia na końcówkach cewki oraz odrysowywano przez kalkę z ekranu oscylografu krzywe przebiegu siły elektromotorycznej indukowanej w cewce przez własny strumień magnetyczny próbki. Wyniki przeprowadzonych pomiarów zestawiono w tab. III oraz na ryc. 7 i 8, przy czym do wykreślenia krzywych przedstawionych na ryc. 7 użyto dla każdego gatunku stali wyników otrzymanych tylko dla 3 próbek, a to celem uniknięcia zagęszczenia punktów na wykresach.

Pozostaje teraz do zbadania, czy odcięta charakterystycznego punktu W nie pozostaje przypadkiem w związku z którąś z charakterystycznych własności wytrzymałościowych stali, a więc z granicą sprężystości, granicą płynności czy wytrzymałością na zmęczenie. W tym celu naniesiono na osie naprężeń wykresów przedstawionych na ryc. 7 wartości własności wytrzymałościowych badanych gatunków stali, wyznaczone przy pomocy zwykłych metod a zestawione w tab. II. Okazało się, że dla wszystkich gatunków badanych stali: A, B, C i D granica płynności materiału $Q_{0,2}$ pokrywa się — praktycznie biorąc — z wartością wyznaczonego przy pomocy punktu W naprężenia $\sigma_{g(W)}$. Pozostałe wła-



Ryc. 7.

Krzywe zależności między naprężeniem górnym σ_g w próbce poddanej obciążeniom jednostronnie zmiennym rozciągającym w granicach od naprężeń dolnych $\sigma_d = 0$ do naprężeń górnych σ_g a napięciem mierzonym na końcówkach cewki, wywołanym siłą elektromotoryczną indukowaną w cewce przez własny strumień magnetyczny próbki.

Jak z ryc. 7 widać, napięcie na cewce wzrasta bardziej lub mniej intensywnie — co zależy od gatunku stali — w miarę wzrostu górnego naprężenia σ_g w próbce, przy czym od pewnego, innego dla każdego gatunku stali naprężenia począwszy wzrost napięcia staje się już dla nieznacznych nawet przyrostów σ_g bardzo gwałtowny, co obrazują strome gałęzie poszczególnych krzywych.

Celem wyznaczenia tego charakterystycznego naprężenia, od którego począwszy zaznacza się już bardzo gwałtowny wzrost napięcia przy nieznacznych nawet przyrostach σ_g , wykreślono z punktu (oznaczonego na wykresach literą W) przecięcia się przedłużen dwóch gałęzi krzywej, stromej i sąsiedniej, odnoszącą aż do przecięcia się z osią naprężeń. Znaleziony w ten sposób na osi naprężeń punkt podaje wartość szukanego charakterystycznego naprężenia $\sigma_{g(W)}$.

ności wytrzymałościowe, jak granica sprężystości $S_{0,01}$ i wytrzymałość na zmęczenie $Z_{r,j}$, różnią się mniej lub więcej od tego charakterystycznego naprężenia w zależności od gatunku stali.

I tak dla stali A wyznaczone przy pomocy charakterystycznego punktu W naprężenie $\sigma_{g(W)}$ wynosi $36,5 \text{ kg/mm}^2$, pokrywa się więc w zupełności — praktycznie biorąc — z wartością $Q_{0,2} = 36,6 \text{ kg/mm}^2$ i wartością $S_{0,01} = 36,4 \text{ kg/mm}^2$ (zob. tab. II), od wytrzymałości zaś na zmęczenie $Z_{r,j} = 37,5 \text{ kg/mm}^2$ różni się zaledwie o 1 kg/mm^2 .

W przypadku stali B charakterystyczne naprężenie $\sigma_{g(W)} = 42,0 \text{ kg/mm}^2$, określa więc nadzwyczaj dokładnie $Q_{0,2}$, wynoszącą $42,1 \text{ kg/mm}^2$, i odbiega bardzo nieznacznie od $S_{0,01} = 41,7 \text{ kg/mm}^2$, różniąc się od wytrzymałości na zmęczenie $Z_{r,j} = 41,0 \text{ kg/mm}^2$, podobnie jak dla stali A, zaledwie o 1 kg/mm^2 .

Jeśli chodzi o stal C, to charakterystyczne napężenie $\sigma_{g(W)}$, wynoszące $85,0 \text{ kg/mm}^2$, leży bardzo blisko granicy płynności $Q_{0,2}=84,5 \text{ kg/mm}^2$, odbiegając już znacznie niż dla stali A i B zarówno od $S_{0,01}=78,3 \text{ kg/mm}^2$ jak i od $Z_{r,j}=78,5 \text{ kg/mm}^2$.

Podobnie jak stal C zachowuje się stal D: i tutaj tylko granica płynności $Q_{0,2}$, wynosząca $99,5 \text{ kg/mm}^2$, różni się minimalnie od $\sigma_{g(W)}=99,0 \text{ kg/mm}^2$, podczas gdy pozostałe własności wytrzymałościowe, jak $S_{0,01}=94,0 \text{ kg/mm}^2$ i $Z_{r,j}=87,0 \text{ kg/mm}^2$, leżą już dalej.

Pomiary powyższe odbywały się — jak już poprzednio zaznaczono — przy użyciu nie dość do tak czułych badań dobranych aparatów, jakkolwiek najlepszych, jakie były do dyspozycji. Można spodziewać się, że podczas kontynuacji omawianych pomiarów, lecz już przy pomocy najstosowniejszych do tego celu przyrządów, przebiegi przedstawionych na *ryc. 7* krzywych będą dokładniejsze, a tym samym pozwolą może na uchwycenie innych jeszcze osobliwych punktów, dzięki którym można będzie wyznaczyć inne jeszcze charakterystyczne napężenia σ_g , leżące

w pobliżu wartości pozostałych własności wytrzymałościowych badanych materiałów, względnie pokrywające się z nimi.

Na podstawie odrysowanych z ekranu oscylografu krzywych siły elektromotorycznej, przedstawionych na *ryc. 8*, można stwierdzić, że krzywe te do pewnych, innych dla każdego gatunku stali wartości napężenia górnego σ_g mają przebieg sinusoidalny, a począwszy od tych charakterystycznych wartości napężenia ulegają w miarę wzrostu σ_g , a więc w miarę wzrostu amplitudy, coraz to większym deformacjom, przy czym charakter zmiany krzywej SEM pod wpływem rosnącego napężenia σ_g jest dla każdego gatunku stali inny.

W przeprowadzonych badaniach, które miały na celu samo na razie wysledzenie zjawisk magnetycznych zachodzących w obciążanej próbce i stwierdzenie w sposób ogólny opisanych powyżej zależności, ograniczono się do zarejestrowania małych stosunkowo tylko ilości krzywych SEM w zależności od wartości napężenia σ_g dla poszczególnych gatunków stali. Aby dostać przejrzysty obraz zmiany przebiegu SEM

Tabela I.
Gatunki stali użytych do badań.

| Oznaczenie stali | Oznaczenie stali wg | | Skład chemiczny w % | | | | | | | | | | Obróbka cieplna |
|------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|---|
| | S.A.E.) | P.N. W. stl 21 i 23 | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Cu | V | Mo | |
| A | 1025 | 0025 | 0,26 | 0,50 | 0,36 | 0,015 | 0,022 | — | — | 0,19 | — | — | norm.: 890°, 15', pow. |
| B | 1035 | 0035 | 0,39 | 0,58 | 0,24 | 0,013 | 0,009 | — | — | 0,18 | — | — | norm.: 870°, 15', pow. |
| C | 3140 | 12.1.40 | 0,45 | 0,67 | 0,25 | 0,006 | 0,006 | 1,45 | 0,54 | 0,08 | — | 0,04 | norm.: 850°, 15', pow. hart.: 830°, 10', olej odp.: 600°, 30', pow. |
| D | 4330 | 124.3.30 | 0,33 | 0,47 | 0,27 | 0,006 | 0,003 | 3,56 | 0,71 | 0,01 | 0,21 | 0,35 | norm.: 850°, 15', pow. hart.: 830°, 10', olej odp.: 600°, 30', olej |

*) Society of Automotive Engineers.

Tabela II.
Własności mechaniczne stali użytych do badań.

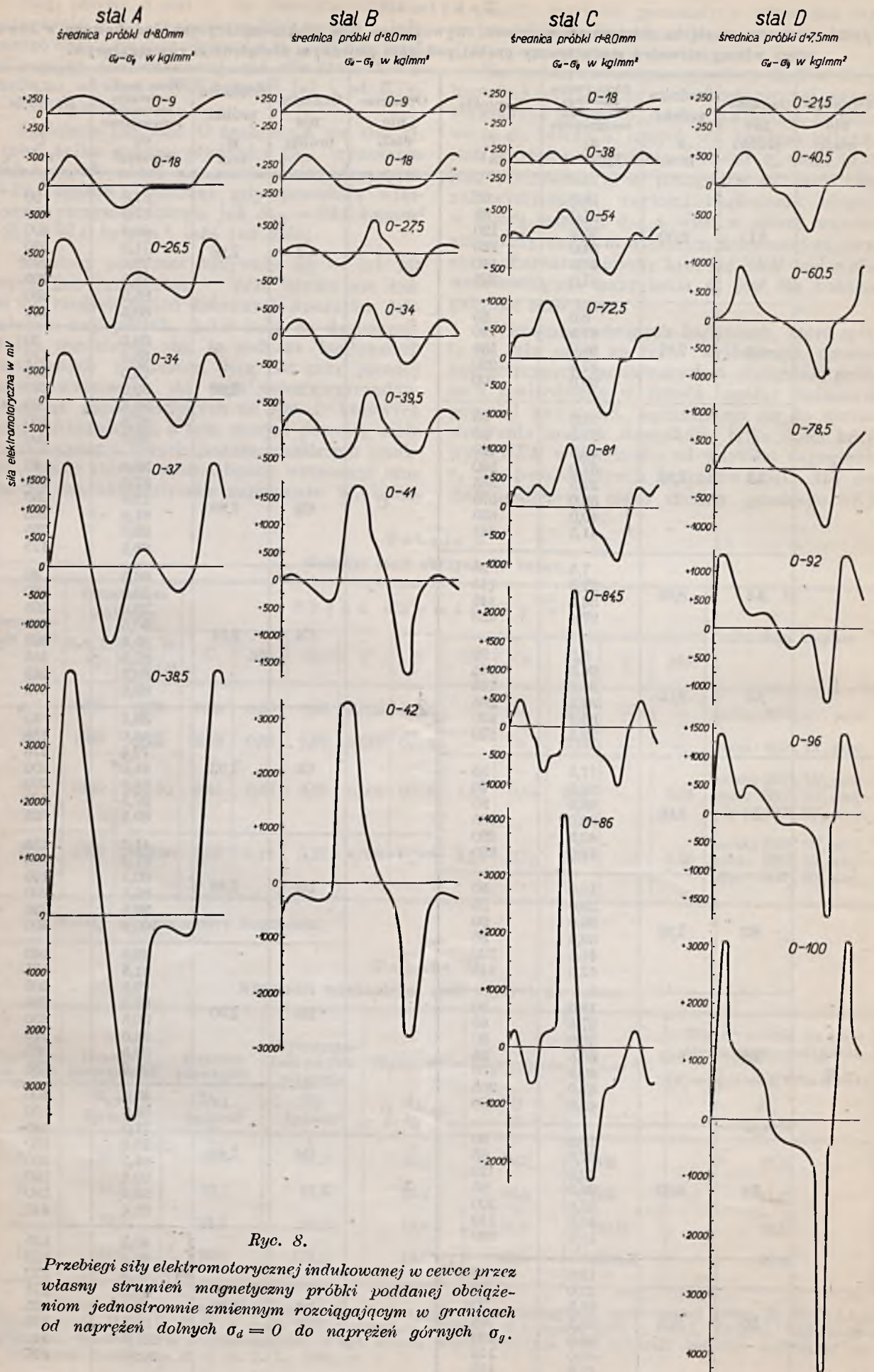
| Oznaczenie stali | Granica sprężystości $S_{0,01}$ kg/mm^2 | Granica płynności $Q_{0,2}$ kg/mm^2 | Wytrzymałość na rozciąganie R_r kg/mm^2 | Wydłużenie A_{10} % | Przewężenie C % | Złom *) | Wytrzymałość na zmęczenie przy rozciąganiu ($\sigma_d = 0; N = 5 \times 10^6; n = 3000$) $Z_{r,j}$ kg/mm^2 |
|------------------|--|--|--|-----------------------------|-------------------------|---------|--|
| A | 36,4 | 36,6 | 54,0 | 26,5 | 64,0 | BM | 37,5 |
| B | 41,7 | 42,1 | 64,6 | 23,2 | 56,5 | BM | 41,0 |
| C | 78,3 | 84,6 | 96,8 | 13,6 | 61,5 | BGM | 78,5 |
| D | 94,0 | 99,5 | 104,8 | 13,2 | 63,0 | BGGM | 87,0 |

*) Złomy oznaczono wg tabeli oznaczeń złomów próbek na rozciąganie opracowanej przez T. Włodkę, wydanej przez M. S. D. P. L. w maju 1932 r. (wyd. pierwsze) i w sierpniu 1936 r. (wyd. drugie). Zestawienie używanych symboli wraz z objaśnieniami w art. autora tabeli: Badania nad doborem kształtu małych próbek na udarność. Publikacje M. S. D. P. L., 1936, cz. 1.

Tabela III.

Wyniki pomiarów napięcia mierzonego na cewce, wywołanego siłą elektromotoryczną indukowaną w cewce przez własny strumień magnetyczny próbki poddanej zmiennym obciążeniom rozciągającym.

| Oznaczenie stali | Oznaczenie próbki | Średnica próbki d mm | Górna granica zmiennego naprężenia rozciągającego σ_g kg/mm ² | Napięcie U mV | Oznaczenie stali | Oznaczenie próbki | Średnica próbki d mm | Górna granica zmiennego naprężenia rozciągającego σ_g kg/mm ² | Napięcie U mV | | | | |
|------------------|-------------------|------------------------------|---|-----------------------|------------------|-------------------|------------------------------|---|-----------------------|------|------|------|------|
| A | A1 | 8,00 | 18,0 | 55 | C | C1 | 7,98 | 37,0 | 30 | | | | |
| | | | 27,0 | 85 | | | | 57,0 | 150 | | | | |
| | | | 33,5 | 120 | | | | 66,0 | 200 | | | | |
| | | | 34,0 | 125 | | | | 71,0 | 240 | | | | |
| | | | 40,0 | 140 | | | | 78,0 | 270 | | | | |
| | 37,0 | 325 | 81,5 | 235 | | | | | | | | | |
| | A2 | 7,97 | 8,0 | 8,0 | | 85 | C2 | 7,96 | 7,96 | 88,5 | 230 | | |
| | | | | 27,5 | | 190 | | | | 38,0 | 30 | | |
| | | | | 36,0 | | 135 | | | | 55,0 | 110 | | |
| | | | | 37,5 | | 230 | | | | 73,0 | 240 | | |
| | A3 | 7,96 | 7,96 | 39,0 | | 700 | C3 | 7,98 | 7,98 | 82,0 | 240 | | |
| | | | | 18,0 | | 85 | | | | 85,5 | 260 | | |
| | | | | 27,0 | | 95 | | | | 87,0 | 450 | | |
| | | | | 36,0 | | 120 | | | | 89,0 | 500 | | |
| | | | | 37,0 | | 160 | | | | C4 | 8,01 | 8,01 | 8,01 |
| 37,5 | 355 | 57,0 | 135 | | | | | | | | | | |
| 38,0 | 575 | 73,0 | 250 | | | | | | | | | | |
| 40,0 | 625 | 81,5 | 265 | | | | | | | | | | |
| 41,5 | 645 | 86,0 | 255 | | | | | | | | | | |
| A4 | 8,05 | 8,05 | 7,5 | 95 | C5 | 7,93 | 7,93 | 88,5 | 475 | | | | |
| | | | 27,0 | 115 | | | | 36,5 | 40 | | | | |
| | | | 36,5 | 145 | | | | 53,0 | 130 | | | | |
| A5 | 8,02 | 8,02 | 37,5 | 435 | C6 | 7,93 | 7,93 | 73,0 | 285 | | | | |
| | | | 8,0 | 95 | | | | 80,5 | 280 | | | | |
| | | | 26,5 | 115 | | | | 85,5 | 325 | | | | |
| | | | 36,0 | 125 | | | | 87,5 | 465 | | | | |
| | | | 37,5 | 205 | | | | 88,5 | 545 | | | | |
| B | B1 | 8,03 | 38,0 | 420 | C7 | 7,93 | 7,93 | 89,0 | 675 | | | | |
| | | | 38,5 | 570 | | | | 81,0 | 250 | | | | |
| | | | 17,5 | 55 | | | | 84,0 | 220 | | | | |
| | | | 27,5 | 70 | | | | 87,5 | 480 | | | | |
| | | | 36,0 | 95 | | | | 89,5 | 625 | | | | |
| | B2 | 7,99 | 7,99 | 40,5 | 230 | D2 | 7,49 | 7,49 | 41,0 | 135 | | | |
| | | | | 42,0 | 520 | | | | 61,0 | 180 | | | |
| | | | | 18,0 | 50 | | | | 80,5 | 170 | | | |
| | | | | 28,0 | 65 | | | | 86,5 | 200 | | | |
| | | | | 36,0 | 80 | | | | 96,5 | 225 | | | |
| | B3 | 8,01 | 8,01 | 39,0 | 95 | D3 | 7,50 | 7,50 | 100,5 | 400 | | | |
| | | | | 41,5 | 120 | | | | 42,0 | 160 | | | |
| | | | | 42,5 | 440 | | | | 61,5 | 175 | | | |
| | | | | 18,0 | 50 | | | | 72,5 | 205 | | | |
| | | | | 27,5 | 65 | | | | 83,0 | 235 | | | |
| B4 | 8,00 | 8,00 | 36,0 | 80 | D4 | 7,49 | 7,49 | 90,5 | 250 | | | | |
| | | | 39,5 | 95 | | | | 94,0 | 275 | | | | |
| | | | 40,5 | 100 | | | | 98,5 | 365 | | | | |
| | | | 42,0 | 265 | | | | 104,0 | 785 | | | | |
| | | | 43,0 | 460 | | | | D5 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 40,0 | 100 |
| 19,0 | 50 | 63,0 | 150 | | | | | | | | | | |
| 27,5 | 65 | 71,0 | 140 | | | | | | | | | | |
| 32,0 | 70 | 78,5 | 150 | | | | | | | | | | |
| 36,0 | 85 | 84,5 | 150 | | | | | | | | | | |
| B5 | 8,01 | 8,01 | 37,0 | 100 | D6 | 7,50 | 7,50 | 90,5 | 150 | | | | |
| | | | 40,0 | 110 | | | | 96,0 | 180 | | | | |
| | | | 41,5 | 320 | | | | 99,0 | 440 | | | | |
| | | | 18,0 | 50 | | | | D7 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 40,5 | 145 |
| | | | 27,0 | 65 | | | | | | | | 60,5 | 165 |
| 31,5 | 70 | 70,5 | 170 | | | | | | | | | | |
| 35,5 | 85 | 80,5 | 175 | | | | | | | | | | |
| 38,5 | 100 | 86,0 | 175 | | | | | | | | | | |
| 40,0 | 110 | 92,0 | 175 | | | | | | | | | | |
| 41,5 | 445 | 101,0 | 340 | | | | | | | | | | |
| | | 103,0 | 625 | | | | | | | | | | |



Ryc. 8.

Przebiegi siły elektromotorycznej indukowanej w cewce przez własny strumień magnetyczny próbki poddanej obciążeniom jednostronnie zmiennym rozciągającym w granicach od naprężeń dolnych $\sigma_d = 0$ do naprężeń górnych σ_g .

w miarę wzrostu naprężenia σ_g , należałoby utrzymywać te krzywe w sposób ciągły, a więc dla kolejnych naprężeń σ różniących się od siebie np. o 1 kg/mm^2 , co będzie zresztą uwzględnione w następnych pracach autora. Niewątpliwie wielką usługę odda przyszłym badaniom opisany już w innym miejscu oscylograf katodowy wyposażony w kamerę fotograficzną, ułatwi on bowiem zdejmowanie w sposób ciągły całej gromady krzywych SEM. Jak doniosłe może mieć znaczenie otrzymanie obrazu przebiegu krzywej SEM w miarę stopniowego wzrostu naprężenia σ_g , nietrudno już teraz, po przedyskutowaniu wykresów na ryc. 7, odgadnąć. Można spodziewać się bowiem, że na całą gromadę krzywych SEM, odtwarzanych równoległe ze stopniowym zwiększaniem się σ_g , złożą się partie krzywych różniące się między sobą pod względem charakteru przebiegu. Krzywe zaś graniczne poszczególnych partii mogą mieć znaczenie w tym sensie, że odpowiadające im naprężenia σ_g będą leżały w pobliżu charakterystycznych własności wytrzymałościowych badanego materiału, a to byłoby osiągnięciem zamierzonego przez autora celu.

Zakończenie.

Z przedstawionych dotychczas rozważań wynika, że o możliwościach stosowania metody po-

danej przez autora, polegającej na wykorzystaniu zjawisk magnetycznych zachodzących w obciążanej próbce, do określania własności stali ferromagnetycznych będzie można wypowiedzieć się dopiero po przeprowadzeniu całego jeszcze szeregu badań dla wszystkich spotykanych normalnie gatunków stali węglowych i stopowych i dla najczęściej zachodzących rodzajów obciążenia, przy użyciu najstosowniejszych do tego celu przyrządów pomiarowych.

Program będących w toku badań przewiduje określenie wartości i przebiegu siły elektromotorycznej indukowanej przez własny strumień magnetyczny obciążanej próbki w zależności od:

- I. a) wielkości i rodzaju obciążenia jedno- i obustronnie zmiennego (rozciąganie i ściskanie, skręcanie, zginanie);
- b) ilości zmian obciążenia;
- c) czasu trwania obciążenia;
- d) czasu trwania wypoczynku materiału.
- II. a) obróbki cieplnej i przeróbki mechanicznej;
- b) wielkości ziarn austenitu i ziarn wtórnych;
- c) stopnia włóknistości i kierunku pobrania próbki względem przebiegu włókien.

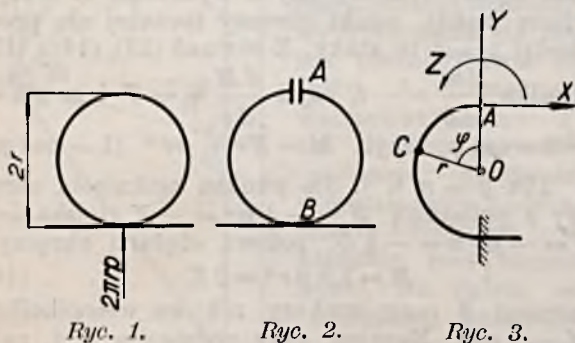
- III. a) kształtu i wielkości przekroju próbki;
- b) temperatury próbki.

Lwów, 20 grudnia 1938.

Dr Inż. ALFONS CHMIEŁOWIEC

Obręcz pod ciężarem własnym.

Sprężysta obręcz (pierścień) kształtu koła, o promieniu r spoczywa, albo się toczy w płaszczynie pionowej na podstawie poziomej (ryc. 1). Ciężar (wzgl. obciążenie) obręczy, jednostajnie rozłożony wzdłuż obwodu koła, wynosi $2\pi r p$. Tyleż wynosi pionowa, skupiona reakcja podstawy. Wskutek ciężaru i reakcji powstaną w obręczy momenty gnące, siły podłużne i poprzeczne i odkształcenia, które chcemy znaleźć. Zakładamy, że grubość i odkształcenie są małe w porównaniu z promieniem.



istnieje pewna siła osiowa rozciągająca X i pewien moment Z , zginający wypukłością ku wnętrzu koła, t. j. powodujący rozciąganie od wewnątrz.

Z powodu symetrii kształtu i obciążeń i braku siły skupionej w A siła poprzeczna we wierzchołku $Y=0$. Weźmy pod uwagę odcinek obręczy AC (ryc. 4), któremu odpowiada kąt φ . Ciężar jego:

$$G = p r \varphi \dots \dots \dots (1)$$

działa w odległości x_0 od osi Y wg. równania:

$$x_0 \int_0^\varphi ds = \int_0^\varphi x ds.$$

Ponieważ $ds = r d\varphi$, $x = r \sin \varphi$, więc:

$$x_0 r \varphi = \int_0^\varphi r \sin \varphi r d\varphi,$$

czyli:

$$x_0 = r \frac{1 - \cos \varphi}{\varphi} \dots \dots \dots (2)$$

Moment ciężaru G względem C :

$$M_0 = - G (r \sin \varphi - x_0) \dots \dots (3)$$

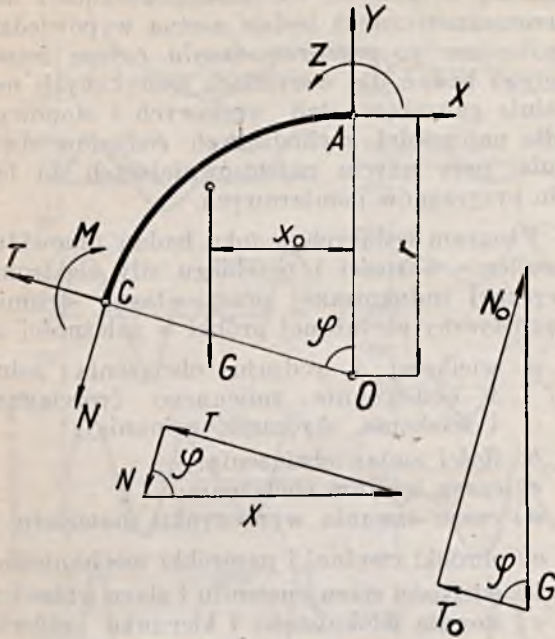
Byłby to zarazem moment w C , gdyby obręcz była przecięta w A . Znak minus oznacza, że moment ten działa w sensie zwiększenia krzywizny w C , czyli powoduje rozciąganie włókien po stronie zewnętrznej. Podstawiając (1) i (2) w (3) otrzymamy:

$$M_0 = - p r^2 (\varphi \sin \varphi - 1 + \cos \varphi) \dots (4)$$

Zagadnienie jest hiperstatyczne. Gdyby obręcz była przerewana (wzgl. przecięta) w najwyższym punkcie t. j. we wierzchołku, ryc. 2, możnaby każdą jej połowę np. lewą AB , uważać za utwierdzoną w B , ryc. 3, jako wspornik zakrzywiony. W rzeczywistości we wierzchołku

Rzeczywisty moment w C:

$$M = M_0 - Xr(1 - \cos \varphi) + Z. \quad (5)$$



Ryc. 4.

Siła osiowa, dodatnia, jeżeli rozciągająca (por. ryc. 4):

$$N = -G \sin \varphi + X \cos \varphi. \quad (5,1)$$

Siła poprzeczna, dodatnia, jeżeli przesuwa odcinek obręczy AC w kierunku na zewnątrz:

$$T = G \cos \varphi + X \sin \varphi. \quad (5,2)$$

Niewiadome hiperstatyczne X i Z znajdziemy z warunku, żeby energia odształenia V, jako funkcja zmiennych X i Z była minimum. Zastępując hiperboliczny rozkład naprężeń liniowym (z uwagi na małą grubość obręczy) i zaniedbując energię sił N i T możemy napisać:

$$V = \frac{1}{2} \int M^2 \frac{ds}{EI},$$

czyli: $\int M \frac{\delta M}{\delta X} ds = r^2 \int M(1 - \cos \varphi) d\varphi = 0$

$$\int M \frac{dM}{\delta Z} ds = r \int M d\varphi = 0.$$

Albo krótko:

$$\int M d\varphi = 0 \quad (6)$$

$$\int M \cos \varphi d\varphi = 0. \quad (7)$$

Z uwagi na symetrię lewej i prawej połowy obręczy można wszystkie całki rozciągnąć na półkole t. j. brać je w granicach od 0 do pi.

Zamiast \int_0^π piszemy \int_c . Ponieważ $\int_c d\varphi = \pi$,

$$\int_c \cos \varphi d\varphi = 0, \quad \int_c \cos^2 \varphi d\varphi = \frac{\pi}{2},$$

więc podstawiając (5) w (6) i (7) otrzymamy:

$$\int_c M_0 d\varphi - \pi(Xr - Z) = 0 \quad (8)$$

$$\int_c M_0 \cos \varphi d\varphi + Xr \frac{\pi}{2} = 0. \quad (9)$$

Ponieważ dalej:

$$\int_c \varphi \sin \varphi d\varphi = \pi, \quad \int_c \varphi \sin \varphi \cos \varphi d\varphi = -\frac{\pi}{4}$$

więc z (9) i (4) wynika:

$$Xr \frac{\pi}{2} = pr^2 \int_c \cos \varphi (\varphi \sin \varphi - 1 + \cos \varphi) d\varphi = pr^2 \left(-\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2} \right) = pr^2 \frac{\pi}{4},$$

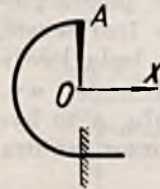
czyli:

$$X = \frac{1}{2} pr, \quad (10)$$

zaś z (4): $-\int_c M_0 d\varphi = pr^2(\pi - \pi + 0) = 0,$

więc wg (8): $Z = Xr = \frac{1}{2} pr^2. \quad (11)$

Stąd wynika, że rzeczywisty stan naprężeń można uzyskać ze stanu izostaticznego ryc. 2 lub 3 zaczepiając siłę X w środku koła O jako wypadkową siły X w A i pary sił Z, zapomożą sztynnego ramienia AO, ryc. 5.



Ryc. 5.

Łatwo zauważyć, że ten sam moment Z ma belka o rozpiętości $l = 2r$ obciążona ciężarem jednostajnym p.

Podstawiając (4), (10) i (11) w (5), następnie zaś (1) i (10) w (5,1) i w (5,2) otrzymamy:

$$M = pr^2 \cdot m, \quad N = pr \cdot n, \quad T = pr \cdot t, \quad (12)$$

przy czym:

$$m = 1 - \frac{1}{2} \cos \varphi - \varphi \sin \varphi, \quad (13)$$

$$n = \frac{1}{2} \cos \varphi - \varphi \sin \varphi, \quad (14)$$

$$t = \varphi \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi. \quad (15)$$

Dla $\varphi = 50^\circ 22'$ i dla $\varphi = 180^\circ - 33,7^\circ$ jest $m = 0$. Ryc. 6 przedstawia wykres wartości m, n, t dla wszystkich punktów jednej połowy obręczy AB. Zarazem są to wszystkie stany napiecia, przez jakie przechodzi punkt A w czasie toczenia się obręczy o pół obwodu. Dla $\varphi = 180^\circ$ do 360° t. j. dla drugiej połowy obręczy wykres będzie symetryczny z wykresem 6. Oczywiście każdy punkt obręczy toczącej się przechodzi przez te stany. Z równań (13), (14) i (15)

wynika $\frac{dm}{d\varphi} = -t$, czyli $\frac{dM}{ds} = -T$ i $m - n = 1 - \cos \varphi$, czyli $M = Nr + pr^2(1 - \cos \varphi)$.

Dla $\varphi = \pi$ t. j. dla punktu zetknięcia obręczy z podstawą $N = -\frac{1}{2} pr = -X$ (ściskanie), $T = -pr\pi = -\frac{1}{2} G$, połowa ciężaru obręczy:

$$M = 1,5 pr^2 = 3Z, \quad (16)$$

moment 3 razy większy niż we wierzchołku, $M_0 = 2 pr^2$. Moment przy podstawie, t. j. największy moment w obręczy jest o 25% mniejszy od tego, jakoby był, gdyby obręcz była rozcięta we wierzchołku.

Problem obręczy nasunął mi się podczas czytania artykułu inż. Zygmunta Pałki p. t. „Cienkościenne kadzie żelbetowe“ (Cement 1936, str. 45). Kadź o pojemności 1500 l i ciężarze

$$f = 0,47 \frac{12 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 50^4 \text{ cm}^4 \cdot \text{cm}^2}{0,1^2 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^3 \cdot 2,15 \text{ kg} \cdot 10^6} = 12,86 \text{ cm}.$$

Więc praktyczny wzór dla ugięcia obręczy stalowej brzmi $f = 12,86 \frac{D^4}{\delta^2}$, przy czym $\delta = \frac{4,06 G}{D b}$

D w metrach, δ w milimetrach, b i f w centymetrach, G ciężar obręczy w kg . Ostatnie dwa wzory nadają się do eksperymentalnego sprawdzenia naszych wywodów.

Obniżenie dowolnego punktu obwodu, odpowiadającego kątowni φ :

$$y = - \frac{p r^4}{EI} \int_{\varphi}^{\pi} m (\sin \psi - \sin \varphi) d\psi.$$

Przesunięcie zaś poziome, na zewnątrz (w sensie oddalenia od średnicy pionowej):

$$x = \frac{p r^4}{EI} \int_{\varphi}^{\pi} m (\cos \varphi - \cos \psi) d\psi.$$

$$\text{Dla } \varphi = \frac{\pi}{2}, \cos \varphi = 0, \text{ więc } - \frac{EI x}{p r^4} =$$

$$= \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} m \cos \psi d\psi = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} = \int_0^{\pi} - \int_0^{\frac{\pi}{2}}.$$

Ale $\int_0^{\pi} m \cos \varphi d\varphi = 0$ (równ. 7 i 12). Więc:

$$\frac{EI x}{p r^4} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} m \cos \psi d\psi = 1 - \frac{\pi}{8} - \frac{\pi}{8} = 0,215.$$

Wydłużenie średnicy poziomej obręczy wynosi zatem:

$$2x = 0,43 \frac{p r^4}{EI},$$

$$\text{albo z uwagi na (17): } 2x = \frac{0,43 f}{0,47} = 0,915 f.$$

Jeżeli obręcz nasza nie jest podparta, tylko zawieszona, to znalezione przez nas wyniki będą ważne, lecz odwrotnego znaku. Wierzchołek, czyli początek liczenia spórzędnych φ , będzie na dole. Oczywiście średnica pionowa się wydłuży o f , zaś pozioma skróci o $2x$. Odnośnie omawianego powyżej schronu tunelowego należy więc dodać, że jeżeli elementy rurowe, przytoczone na miejsce budowy będą opuszczone na linach do położenia końcowego, to muszą być uzbrojone jednakowo na moment dodatni jak i ujemny, więc obustronnie. $A'_2 = A_2 = \phi 8 \text{ mm co } 8 \text{ cm}$.

Problem powyższy można uważać za szczegółowy przypadek z dziedziny łuków bezprzebiegowych.

Dr Inż. ZYGMUNT FUCHS

Wrażenia z podróży naukowej do Ameryki na V Międzynarodowy Kongres dla mechaniki stosowanej.

(Odczyt wygłoszony dnia 29. III. 1939 r. w Polskim Towarzystwie Politechnicznym we Lwowie).

(Dokończenie).

Czas nagli — musimy przenieść się do *Washington'u*, w tzw. „*District of Columbia*“, siedziby prezydenta Stanów Zjednoczonych. Tu muszę nadmienić, że miasto ma wygląd europejski, gdyż budowanie drapaczy chmur jest w tym mieście wzbronione. Biały Dom, rezydencja prezydenta, jest budynkiem jednopiętrowym tj. posiada parter i I piętro. Godnym zwiedzenia jest przede wszystkim *Capitol*, budynek parlamentu Stanów Zjednoczonych, wybudowany z białego marmuru i piaskowca. Jego kupała o średnicy 41 m oświetlona jest wieczorem silnymi reflektorami.

Celem wycieczki kongresowej do *Washington'u* było *National Bureau of Standards*, założone w r. 1901. Do zadań jego należą prócz utrzymania i przygotowania wzorców rozwiązywanie problemów w związku z wzorcami, badanie i cechowanie aparatów, wyznaczanie stałych fizycznych i właściwości materiałów, prace badawcze w dziedzinie fizyki, chemii i nauk inżynierskich itd. Zakłady te obejmują 12 dużych budynków laboratoryjnych i 7 mniejszych; zatrudnionych jest obecnie 929 osób. Około 70 specjalnych grup laboratoryjnych jest czynnych; ponad 600 różnych badań było współcześnie w czasie naszego pobytu w toku z różnych dziedzin nauki. *Bureau of Standards* wydaje dwa

periodyczne pisma i 7 rodzajów innych publikacji.

Członkowie Kongresu zwiedzili laboratorium hydrauliczne, mieszczące pomiędzy innymi kanał doświadczalny 67,05 m (220 stóp) długi, o przekroju 3,66 × 3,66 m (12 × 12 stóp), następnie hangar, w którym przeprowadza się badania drgań śmigieł, polegające na pomiarze rozkładu naprężeń na ramieniu śmigła pobudzonego do drgań, ale nie rotującego, badania drgań wymuszonych na skrzydle i kadłubie, pomiary wytrzymałości przy zmęczeniu części konstrukcyjnych samolotu itp. Z kolei oprowadzano przez laboratorium akustyczne, w którym przeprowadza się bardzo obszerne badania nad materiałami, które odbijają, absorbują lub przepuszczają fale głosowe. Następnie zwiedzono budynek mieszczący tunel aerodynamiczny (4,5 stóp = 1,37 m), przeznaczony do badań specjalnych, jak studia nad wpływem burzliwości strugi na miejsca przejścia w warstwie przysięennej itd. i laboratorium metalurgiczne. Po południu odbyły się pokazy w budynku przemysłowym, przy czym na szczególne wyróżnienie zasługują badania wytrzymałości i stateczności, mające specjalne znaczenie dla konstrukcyj lotniczych, jak badania na skręcanie rur ze stali chromo-molibdenowej i aluminium, stateczność cienkich blach z ma-

teriału lekkiego, ściskanie płyt żebrowanych, krótkich rur itp.

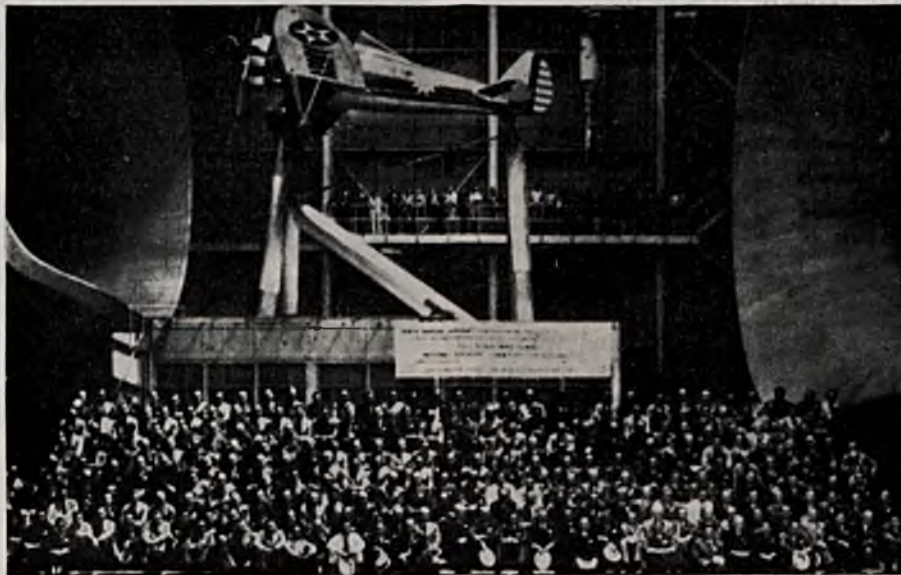
Należy podnieść, że badania z zakresu lotnictwa inspirowane są w dużej części przez National Advisory Committee for Aeronautics (Narodowy doradczy komitet dla aeronautyki), działający na podstawie aktu Kongresu Stanów Zjednoczonych z r. 1915, a mający swoją siedzibę w *Washington'ie*. Komitet ma zadanie ogólnego kierownictwa i dozoru nad pracami dotyczącymi problemów lotu. Członkowie komitetu w liczbie 15 są mianowani przez Prezydenta Stanów Zjednoczonych spośród reprezentantów departamentu wojny, marynarki, handlu, biura Standard i osób pracujących teoretycznie lub praktycznie w dziedzinie lotnictwa wojskowego lub cywilnego. Członkowie komitetu pełnią swoje funkcje honorowo. Komitet posiada swego przedstawiciela w Paryżu dla zbierania materiału naukowego i technicznego.

Field dwa razy, ale i to jest za mało, jeśli zważymy olbrzymią różnorodność urządzeń pomiarowych i bezmiar tematów, jakie tam są w opracowaniu. Zaznaczam, że w r. 1938 zatrudnionych było w Laboratorium w *Langley Field* 450 pracowników.

W Laboratorium znajdują się pomiędzy innymi następujące urządzenia pomiarowe:

Tunel o wysokiej prędkości (*high — speed wind tunnel*) o średnicy strugi 2,44 m (8 stóp) i szybkości 223,5 m/s (804,6 km/godz, 500 mil/godz), wybudowany w r. 1936 kosztem około 500.000 \$, dozwala na przeprowadzanie badań aerodynamicznych w warunkach szybkości w locie, przez co ujawnia się efekt ściśnięcia przy dużych szybkościach.

Tunel o pełnej skali (*full - scale wind tunnel*) (fot. 5) z r. 1931 dwuobiegowy o długości 132,43 m, wysokości 29,56 m i szerokości 67,66 m, posiada dyszę eliptyczną o wymiarach 9,14×18,29 m.



Fot. 5.

Tunel aerodynamiczny o pełnej skali w laboratorium N. A. C. A. w *Langley Field*. Struga pomiarowa o przekroju eliptycznym i wymiarach osi 9,14×18,29 m.

Komitet rozporządza laboratorium aerodynamicznym pod nazwą *Langley Memorial Aeronautical Laboratory* mieszczącym się w kilku nastu budynkach na lotnisku wojskowym w *Langley Field*, w stanie *Virginia*. Komitet wydaje drukiem prace badawczo - naukowe w odrębnych zeszytach, tzw. *Report* numerowanych kolejno.

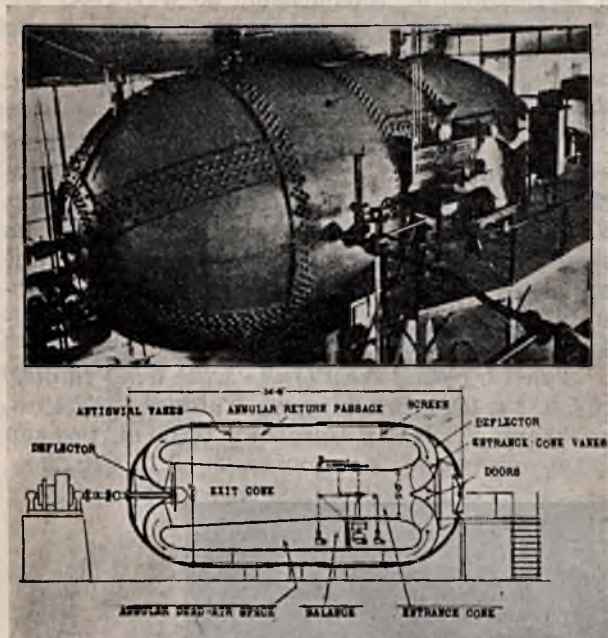
Dla zwiedzenia laboratorium aerodynamicznego N. A. C. A. udali się członkowie Kongresu dla mechaniki stosowanej z *Washington'u* statkiem do *Old Point Comfort*, skąd autami zostali przewiezieni do *Langley Field*. Tu muszę zaznaczyć, że ponieważ jednodniowa wycieczka w tak liczny gronie była dla mnie niewystarczającą dla zwiedzenia tego największego na świecie laboratorium, przeto już w czasie przedkongresowym wyjechałem tam z *New - York'u*, uzyskawszy za pośrednictwem Ambasady Polskiej w *Washington'ie* zezwolenie na zwiedzenie tych zakładów. W ten sposób byłem w *Langley*

Największa szybkość strugi wytworzonej przez 2 śmigła - wentylatory o średnicach 10,79 m wynosi 52,75 m/s (189,90 km/g), moc silników elektrycznych 8000 KM. W tym tunelu mogą być przeprowadzane badania aerodynamiczne na kompletnych samolotach w warunkach lotu.

Tunel o średnicy strugi 6,09 m (20 stóp) z r. 1926, wówczas największy na świecie, dozwala na badanie części samolotów w naturalnej wielkości, śmigieł, modeli sterowców itp. Tunel ten został zmodernizowany w r. 1936 i rozwija szybkość 44,7 m/s (100 mil/godz).

Tunel o zmiennej gęstości (*variable - density tunnel*) (fot. 6), pracujący powietrzem zgęszczonym do 20 atm., dozwala na osiągnięcie wysokiej liczby Reynolds'a przy małych rozmiarach modeli. Średnica strugi pomiarowej wynosi 1,52 m, szybkość maksymalna przy największym ciśnieniu 24 m/s. Moc kompresora 300 KM, moc silnika dla popędu śmigła 250 KM. Tunel zbudowany jest jako kocioł o średnicy 4,57 m o gru-

bości ścianki 54 mm, który osłania właściwy tunel dwuobiegowy z wolną strugą pomiarową. Tunel pochodzi z r. 1921.



Fot. 6.

Tunel aerodynamiczny o zmiennej gęstości w laboratorium N. A. C. A. w Langley Field. Sprężenie powietrza do 20 atm.

Przy opróżnianiu tego tunelu zużywa się energię ściśnionego powietrza do uruchomienia dwu tuneli typu smoczkowego o wysokiej prędkości strugi, rzędu prędkości rozchodzenia się głosu (*high-velocity jet-typ wind tunnel*), o średnicy strugi 27,94 cm (11") i 60,96 cm (24").

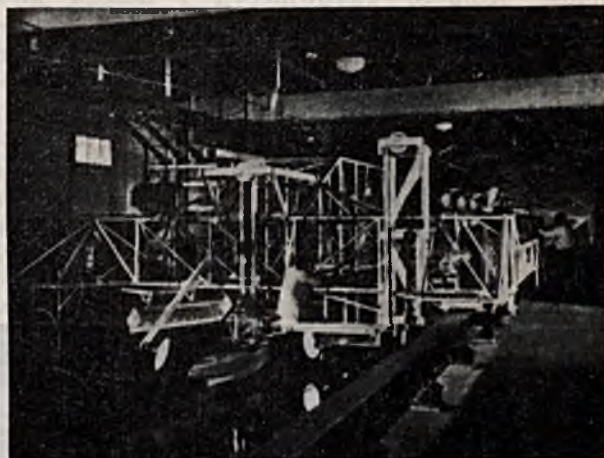
Tunel pionowy (*vertical wind tunnel*) o średnicy strugi 1,52 m (5 stóp) przepływającej z góry na dół z wagą na 6 składowych, służący głównie do badania warunków powodujących korkociąg, tudzież pionowy tunel o strudze skierowanej z dołu do góry do badania modeli wolnolatających przy korkociągu (*free-spinning tunnel*) ($\Phi = 4,57 \text{ m} = 15 \text{ stóp}$).

Spośród innych ciekawszych tuneli wymienić należy tunel dymowy pracujący przy pomocy czterochloru tytanu, służący do badania opływów, tunel do badania modeli w locie (*free-flight wind tunnel*), jako tunel przelotowy ($\Phi = 3,66 \text{ m} = 12 \text{ stóp}$), osadzony obrotowo na osi poziomej, przy czym dla zmiany kąta natarcia przechyła się rurę tunelową, zaś zmiana kątów wychylenia sterów modelu odbywa się elektromagnetycznie, tudzież tunel do badania warunków oblodzenia. Ciekawe jest też urządzenie do badania modeli w locie przy działaniu porywów, przy czym model samolotu zostaje wyrzucony z katapulty. Wyznaczenie drogi, szybkości itd. dokonuje się przy pomocy aparatów fotograficznych.

W budowie znajduje się pomiędzy innymi duży tunel (5,79 m = 19 stóp) ciśnieniowy z kompresją powietrza do kilku atmosfer, otaczany na razie tajemnicą. Tunel ten zdaje się być po-

dobnego typu, jak opisany poprzednio nowo wybudowany tunel w *Cambridge* amerykańskim.

Tu muszę nadmienić, że Niemcy posiadają już podobny tunel w Göttingen o dyszy eliptycznej $7 \times 4,7 \text{ m}$ i stosują naciśnienie do 3 atm. i podciśnienie do 0,3 atm. Istnieją zatem 3 tunele tego typu na świecie, a być może, że przybędzie jeszcze czwarty, a mianowicie we Lwowie. Tunele te pozwalają bowiem przy możliwych



Fot. 7.

Urządzenie pomiarowe w kanale wodnym N. A. C. A. w Langley Field do badania pływaków hydroplanów itp. Długość kanału 883,89 m, przekrój $7,31 \times 3,66 \text{ m}$. Szybkość przeciągania modeli do 35,8 m/s.

jeszcze kosztach budowy i ruchu na otrzymanie warunków badania odpowiadających warunkom w locie.

Wspomnę wreszcie o urządzeniu do badania pływaków hydroplanów itp. Otóż w r. 1931 wybudowano w *Langley Field* kanał wodny (N. A. C. A. „*Tank*”) (fot. 7), o długości 2000 stóp i przedłużono go w r. 1936 o dalszych 900 stóp, tak że obecnie wynosi jego długość 883,89 m przy 7,31 m szerokości i 3,66 m głębokości. Cały kanał znajduje się w krytej hali. Pomiaru przeprowadza się metodą przeciągania modeli wzdłuż kanału przy pomocy ruchomego pomostu, do którego przymocowany jest model; szybkość jazdy dochodzi do 35,8 m/s.

Prócz badań laboratoryjnych przeprowadzają w *Langley Field* rozległe pomiary w locie w tzw. latającym laboratorium, tj. w samolocie specjalnie przysposobionym do tego celu, a więc mającym powierzchnie skrzydeł i opierzenia zaopatrzone w otworki pomiarowe ciśnienia, przyrządy do określania szybkości i przyspieszenia samolotu, do pomiaru naprężeń wzgl. odkształceń różnych części konstrukcyjnych itd.

Przeladowani wrażeniami opuściliśmy *Langley Field*, by udać się do *Pittsburgh'a* w stanie *Pensylwania*, światowego centrum stali. Miejscowy komitet zorganizował szereg wycieczek, które obejmowały zwiedzenie kilku instytucji naukowych wzgl. naukowo-badawczych prowadzonych przez zakłady przemysłowe, tzw. *Research Laboratories*. Te pracownie badawcze

znamionują dziś wielki przemysł Ameryki, który z dumą przyznaje, że wprowadzenie nauki do murów fabrycznych przyczyniło się do wspaniałego rozkwitu tego przemysłu. Pod hasłem: *Research — an eye to the future* (badanie — to spojrzenie w przyszłość), angażuje przemysł nawet wybitnych uczonych, którzy zamieniają katedry uniwersyteckie na placówki badawcze w laboratoriach fabrycznych, gdzie przy pomocy całego sztabu pracowników naukowych i fizycznych, mając do dyspozycji wszelką potrzebną aparaturę, mogą po prostu wyżywać się do syta w swojej specjalności.

Jak dalekosiężne są zadania tych laboratoriów świadczyć może np. budowa specjalnego laboratorium do rozbijania atomów firmy *Westinghouse* w *Pittsburgh'u*, której byliśmy świadkami. Warto nadmienić, że w budynku tym w kształcie gruszki, będzie wewnątrz w próżni do dyspozycji 5,000.000 V. napięcia.

Brak czasu nie dozwala na bliższe zajęcie się wspaniałymi wprost dalszymi działaniami *Westinghouse Research Laboratory*, z których zwłaszcza laboratorium wytrzymałości pod kierownictwem prof. *Nádai'a* z *Göttingen* przedstawia się imponująco.



Fot. 8.

Cathedral of Learning, uniwersytet w *Pittsburgh'u*, o wysokości 42 pięter. Wnętrze w stylu gotyckim. Może pomieścić 12000 studentów.

Poza tym zwiedzono pracownię *Aluminium Company of America*, gdzie podziwialiśmy konstrukcje wykonane z aluminium, laboratoria fir-

my *Gulf Oil Corporation* i *Mellon Institute of Industrial Research*, przeprowadzające badania chemiczno - przemysłowe.

Instytut *Mellon'a* przynależy do *University of Pittsburgh*, nazywanym także katedrą nauki *Cathedral of Learning*, wybudowany w stylu gotyckim o wysokości 42 pięter (fot. 8). Ten drapacz chmur, którego budowa zaczęła się jeszcze w r. 1926, a którego wnętrze nie jest w całości wykończone, obliczony jest na 12.000 studentów. Jego osobliwością jest poza tym zasada budowy i urządzania sal wykładowych i seminaryjnych w stylu poszczególnych narodowości. Tak np. w czasie naszego pobytu wykończone były sale: szwedzka, niemiecka, szkocka, rosyjska i staroamerykańska, zaś projektowane były sale dla dalszych 13 narodowości, pomiędzy tymi sala polska z motywami wawelskimi z XV wieku.

Następnym etapem było miasto *Detroit*, w stanie *Michigan*, liczące około 1,600.000 mieszkańców, główne centrum przemysłu samochodowego, gdyż około 77% aut w U. S. A. dostarczają miejscowe wytwórnie *Ford'a*, *General Motors*, *Chrysler'a* itd. Wycieczka kongresowa zwiedziła *General Motors Research Laboratories* wraz z tunelowym laboratorium aerodynamicznym i komorą oziębianą do -45° C. dla badania warunków pracy kompletnych aut, a następnie tzw. *Proving Ground*, tj. próbny tor o długości łącznej ponad 40 km (25 mil ang.), wybudowany kosztem 3,000.000 dol., na który składają się różnego rodzaju drogi budowane na świecie o różnych spadkach, tudzież tor wyścigowy. Ten próbny tor służy do badania gotowych fabrykatów w warunkach rzeczywistych przy dokładnym uwzględnieniu stanu pogody, do czego służy własna stacja meteorologiczna. Podobno jest to najdłuższy próbny tor fabryczny na świecie.

Dużo stosunkowo czasu zajęło zwiedzanie osobliwości *Ford Motor Company* założonej w r. 1903, zatrudniającej ponad 80.000 pracowników, posiadającej własne statki i pociągi, własne lotnisko, która wyprodukowała dotychczas ponad 25,000.000 wozów. Jak wiadomo *Edison Thomas*, genialny wynalazca, był głównym inspiratorem zakładów *Ford'a*. W uznaniu tego Ford ufundował na swoich terenach muzeum techniczne pod nazwą *Edison Institute Museum*, które obecnie jest jeszcze in statu nascendi. Ponadto założył Ford tzw. *Greenfield Village*, historyczne miasteczko, obejmujące oryginalne wzgl. kopiowane budynki wraz z całym inwentarzem, posiadające wartość historyczną wzgl. naukową. Szczególne wzmruszenie ogarnia widza naukowego, gdy ogląda pamiątki po *Edisonie* przeniesione po jego śmierci w r. 1931 wraz z budynkiem jego laboratorium i innymi pomocniczymi z *Menlo Park* w *New Jersey* obok *New York'u*. Charakterystyczne jest, że wraz z budynkami przewieziono do *Detroit* ziemię z *New Jersey*, którą usypano dokoła budynków *Edison'a*. Samo laboratorium, budynek drewniany dwuetażowy, urządzony jest w sposób identyczny jak z życia *Edison'a*. Nawet krzesło, na którym siedział słynny wynalazca w r. 1879, obserwując długość użycia swojej nowo wynalezionego za-

rówki elektrycznej, ustawione jest przy odpowiednim stole laboratoryjnym. W hali maszynowej znajdują się generatory elektryczne, które zapoczątkowały pierwsze elektrownie na świecie. O pietyźmie okazywanym wielkim ludziom świadczy fakt, że ogień zapalony przez Edison'a w jednym z pieców, pali się dotychczas i nie śmie nigdy wygasnąć.

Z innych ciekawych eksponatów wymienić należy budynek, w którym bracia Wright zbudowali pierwszy samolot, tudzież tunel aerodynamiczny wraz z wagą z r. 1901, na którym przeprowadzali swoje wstępne pomiary.

Detroit leży nad granicą kanadyjską. Warto więc było zobaczyć osławione wodospady Niagary, które znajdują się po stronie amerykańskiej i kanadyjskiej. Rzeka Niagara, tylko 58 km długa, łączy dwa jeziora o różnicy poziomów wody wynoszącej 100 m. Wodospad amerykański jest mniejszy, zaś kanadyjski w kształcie podkowy większy; długość wodospadów wynosi 1200 m, wysokość 49 m, wyżłobienie u podnóża około 46 m. W 1 min. spada około 350.000 t wody. Moc wodospadów oszacowana jest na około 7.000.000 KM, z czego obecnie wykorzystuje się po stronie amerykańskiej i kanadyjskiej 1.250.000 KM. *Niagara Falls Power Co.* (U. S. A.) zasilane jest przez kanał pobierający wodę 2 km powyżej wodospadu. Turycy oglądają wodospady z dołu, dokąd dostają się przy pomocy zjazdu przez szyb, zaś wieczorem podziwiają je

z brzegu przy wspaniałym różnokolorowym oświetleniu przez baterię reflektorów.

Ostatnim etapem wycieczki było *Schenectady* w stanie *New York*. Tam zwiedziliśmy olbrzymie zakłady *General Electric Company*, wśród nich bogato wyposażone laboratoria badawcze. Dość powiedzieć, że laboratoria te wysłały aż 5 delegatów na Kongres, z których trzech wygłosiło referaty. Na wyróżnienie zasługują przyrządy pomiarowe do mierzenia bardzo małych długości wzgl. tensometry do pomiaru naprężeń statycznych i dynamicznych, dające powiększenie długości od 10.000 — 100.000 razy. Zasada ich polega na zmiennej szczelinie w obwodzie magnetycznym cewki w połączeniu z mostkiem *Wheatstone'a*. W ten sposób można mierzyć zmiany długości rzędu 25-ciu milionowych części milimetra. Z badań materiałów należy podnieść prześwietlanie promieniami Röntgena aż do 15,24 cm (6") głębokości. Z prac badawczych nad turbinami zasługuje na uwagę próbny zakład turbinowy, w którym jako medium stosuje się parę rtęci. Maszyny elektryczne budowane przez *General Electric* dochodzą do 165.000 KW mocy.

Ze *Schenectady* powróciłem do *New York'u*, skąd na statku Batory udałem się w powrotną drogę do Polski.

Muszę zakończyć ten krótki zarys podróży naukowej do Stanów Zjednoczonych uwagą, że wrażenia z tej podróży sugerują wniosek, iż Ameryka zdąża w podziwu godnym tempie do zdystansowania Europy.

Kronika

Wojna gazowa na co dzień. Niepokojem przejmują widmo wojny gazowej. Zapominamy jednak, że w życiu codziennym, a zwłaszcza przy pracy, mamy do czynienia z gazami również niebezpiecznymi, jak bojowe, a często nawet bardziej od nich zdradliwymi.

O jakież to gazy chodzi? Najbardziej niebezpiecznym z nich jest tlenek węgla. Gaz ten, bez barwy, bez woni czai się niepostrzeżenie w domu i warsztacie pracy. Jest w gazie świetlnym, wchodzi w skład czadu, wydobywającego się z pieców, zawierają go gazy spalinowe samochodów. Już drobne zanieczyszczenie powietrza tlenkiem węgla może wywoływać zatrucie. $\frac{1}{100}\%$ tlenku węgla w powietrzu wywołuje objawy zatrucia, $\frac{1}{10}\%$ grozi śmiercią. Wystarczy na krótko puścić motor w zamkniętym garażu, aby wywołać niebezpieczną dla życia koncentrację tlenku węgla w powietrzu.

Innym gazem o właściwościach trujących, nie mniejszych niż gazy bojowe, jest siarkowodor. Spotykamy go najczęściej w kanałach, gdzie powstaje wskutek gnicia substancji organicznych. Jest on sprawcą licznych zatruc

robotników przy zstępowaniu do kanałów. Zatrucia te przebiegają tak piorunująco, że zazwyczaj kilku robotników, jeden po drugim, ulega zatruciu, zanim pozostali zorientują się, o co chodzi.

Jednym z niebezpiecznych gazów bojowych na froncie pracy są także tzw. tlenki azotu. Wydzielają się one zazwyczaj przy pracach z dymiącym kw. azotowym. Są to gazy o działaniu bardzo zdradliwym, gdyż w pierwszej chwili po wchłonięciu tych gazów robotnik nie odczuwa żadnych dolegliwości, a dopiero w kilka godzin pojawia się śmiertelna duszność wywołana obrzękiem płuc.

Spotykamy się czasem przy pracy i z prawdziwymi gazami bojowymi. Należy do nich chlor i fosgen. Ciekawą jest rzeczą, że fosgen w warsztatach pracy powstaje zwykle wskutek rozkładu niektórych związków organicznych używanych w przemyśle (jak np. czterochlorek węgla) pod wpływem światła i temperatury.

Wojna gazowa istnieje więc także na froncie pracy i pochłania ofiary. Trzeba o niej pamiętać i być na nią przygotowanym. (Kom. Inst. S. S. Nr 12—1939).

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

$\frac{1}{2}$ str. zł. 240; $\frac{1}{3}$ str. zł. 140
 $\frac{1}{4}$ „ „ 80; $\frac{1}{8}$ „ „ 50
 $\frac{1}{16}$ „ „ 30; $\frac{1}{32}$ „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zafiarowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji:

Lwów ul. Zimorowicza 1. 9.
 Telefon Redakcji 226 - 60. Telefon
 Redaktora 236—46 Konto P. K. O.
 511.738.

Prenumerata w kraju: rocznie
 zł. 32; kwartalnie zł. 8.
 Cena pojedynczego zeszytu zł. 1-60.

Przy ogłoszeniach powtarzanych

udziela się następujących opustów:

| | |
|---------------|---------------|
| 2-krotnie 10% | 3-krotnie 12% |
| 4- „ 15% | 6- „ 20% |
| 10- „ 25% | 12- „ 30% |
| 18- „ 40% | 24- „ 50% |

Dla ogłaszających się stale, zmiany w tekstach ogłoszeń są bezpłatne.