

# TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE



REDAKCJA I ADMINISTRACJA: CZER  
WONEGO KRZYŻA 9 m. 12 tel. 252-22  
CZYNNE CODZIENNIE OD G. 17 DO 18

PRZEDPŁATĘ KWARTALNĄ 7 ZŁ.  
PRZYJMUJE ADMINISTRACJA I POCZT.  
KASA OSZCZĘDN. NA KONTO NR. 28358

CENY OGŁOSZEŃ JEDNORAZOWYCH  
ZA JEDNĄ STRONĘ ZŁ. 60  
ZA PÓŁ STRONY ZŁ. 35  
ZA CIEWIERĆ STRONY ZŁ. 20  
ZA JEDNĄ ÓSMĄ STR. ZŁ. 12  
DOPEŁATA ZA IV STR. OKŁADKI - 50%.

CENA NUMERU ZŁ. 2.50

W A R S Z A W A

**Nr. 6**

**LUTY  
1934**





DOKŁADNE BADANIA PORÓWNAWCZE WYKAZAŁY, ŻE

# OLEJE I SMARY AUTOMOBILOWE **POLMIN**

ORAZ OLEJE I SMARY DO WSZYSTKICH  
MASZYN I SILNIKÓW ZAPEWNIĄJĄ PEŁNE  
ZADOWOLENIE I KORZYSTNY ZAKUP

**P O L M I N**  
**PAŃSTWOWA FABRYKA OLEJÓW**  
**MINERALNYCH • LWÓW • ALA**  
**DEMICKA 7**

ODDZIAŁY I SKŁADY WE WSZYSTKICH  
WIĘKSZYCH MIASTACH POLSKI



# **ZRZESZENIE POLSKICH PRZEMYSŁOWCÓW LOTNICZYCH**

**WARSZAWA • SMOLNA 23 m. 5 • TEL. 503-52**

**ŁĄCZY WIĘKSZOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTW  
POLSKIEGO PRZEMYSŁU LOTNICZEGO  
A MIANOWICIE:  
WYTWÓRNIE SAMOŁOTÓW • WYTWÓR-  
NIE SILNIKÓW • WYTWÓRNIE PRZE-  
MYSŁU POMOCNICZEGO • KOMUNI-  
KACJA POWIETRZNA (P.L.L. LOT).**



## **POPIERA „TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE„**



# PRZEMYSŁOWCY LOTNICZY

WARSZAWA • 5 MOJNA 23 M. 3 • TEL. 505-51

WYTWÓRNIE SAMOLOTÓW • WYTWÓRNIE SILNIKÓW • WYTWÓRNIE PRZEMYSŁU POMOCNICZEGO • KOMUNIKACJA POWIETRZNA (P.W.P.O.T.)



# POPIERA „TECHNICZNE” NOWOŚCI LOTNICZE

W tym tygodniu w „Technicznych Nowościach Lotniczych” zamieszczamy artykuły poświęcone nowym osiągnięciom w dziedzinie lotnictwa. W szczególności omawiamy najnowsze konstrukcje samolotów, silników i innych urządzeń lotniczych. Artykuły te są napisane przez doświadczonych specjalistów z naszego przemysłu lotniczego. Wierzymy, że będą one cenne dla czytelników „Technicznych Nowości Lotniczych”, którzy interesują się rozwojem lotnictwa. W tym tygodniu w „Technicznych Nowościach Lotniczych” zamieszczamy również ogłoszenia o nowych produktach i usługach naszego przedsiębiorstwa. Zapraszamy do zapoznania się z nimi i do składania zamówień. Wierzymy, że nasze produkty i usługi będą służyły rozwojowi naszego przemysłu lotniczego i państwa. W tym tygodniu w „Technicznych Nowościach Lotniczych” zamieszczamy również ogłoszenia o nowych produktach i usługach naszego przedsiębiorstwa. Zapraszamy do zapoznania się z nimi i do składania zamówień. Wierzymy, że nasze produkty i usługi będą służyły rozwojowi naszego przemysłu lotniczego i państwa.



# TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE

MIESIĘCZNIK TECHNICZNO-NAUKOWY, POŚWIĘCONY LOTNICTWU .

Nr. 6

L V T Y

1934

TRESC :

str.

1. Sposoby wykonywania kół zębatach, zapewniających spokojną pracę..... 1
2. Bronzy glinowe/ dokończenie/..... 9
3. O zużywaniu się tulei cylindrów silników spalinowych.... 18
4. Zastosowanie duralu w konstrukcjach lotniczych..... 24
5. Nowsze badania nad frezowaniem..... 33
6. Doświadczenia nad pracą silników lotniczych/dokończenie/ 37

---oooOooo---

SPOSOBY WYKONYWANIA KOŁ ZĘBATYCH, ZAPEWNIJĄCYCH SPOKOJNĄ PRACĘ.  
Quieter Gears Are Being Demanded. How Shall We Make Them?

Fred W. Cederleaf.

S.A.E. Journal, November 1933 r.

W przeciągu ostatnich czterech lat autor stwierdził istnienie wielkiej różnorodności materiałów i metod służących do wykonywania kół zębatach spokojnie pracujących. W 1930 r. zostały wprowadzone do skrzynek biegowych koła o zębatach śrubowych, poprzedzane szumną reklamą, i rozpoczęła się usilna praca nad udoskonaleniem ich produkcji, której należy zawdzięczać to, że koła te, aczkolwiek nie pracują zupełnie cicho, to są spokojniejsze w pracy od zwykłych kół czołowych. Podczas tych trzech lat przekształcono całe fabryki, zreorganizowano personel, wydano miliony dolarów na nowe urządzenia, wprowadzono i zarzucono szereg nowych procesów—wszystko to w celu wyprodukowania cicho pracujących kół. Osiągnięte wyniki, aczkolwiek bardzo znaczne, są znikome w porównaniu do zużytej na to energii i środków.

Pragnąc znaleźć odpowiedź na pytanie, czy z wymaganiem spokojnej pracy jest związana dokładność wykonania, leżąca poniżej czy powyżej możliwości współczesnych metod obróbkowych, Tow. Olds Motor Works oszlifowało przed jakimś czasem 10 kompletów kół śrubowych z dokładnością wymaganą dla kół wzorcowych; oznaczało to maksymalne odchylenia  $\pm 0,005$  mm w wykonaniu profilu zębatach, podziałki, pochylenia zębatach i współosiowości. Po sprawdzeniu tych kół zmontowano je w dziesięć skrzynek biegatach, wykonanych i sprawdzonych również bardzo dokładnie, poczem skrzynki te założono na samochody. Po sprawdzeniu w ruchu cztery skrzynki biegatach zostały odrzucone jako zbyt hałaśliwe.

Przyczyna tego niepowodzenia była tłumaczona w różny sposób. W każdym razie próba wykazała, że pożądanym jeśli nie koniecznym warunkiem przy wytwarzaniu zamiennych kół do skrzynek biegatach jest



przestrzeganie dokładności, obowiązującej przy wytwarzaniu kół wzorcowych. Wpływ na ostateczny wynik mają zmiany profilu zębów, różne połączenia podziałek, położenie kół w skrzynce, żadna z tych zmienionych nie wpływa jednak w tym stopniu na hałasowanie kół jak błędy profilu, podziałki międzyzębnej i współosiowości.

Mimo znacznej liczby metod wytwarzania kół śrubowych koła te można zasadniczo podzielić na dwie kategorie: szlifowane i nieszlifowane. Z jedenastu wziętych pod uwagę zakładów, wytwarzających takie koła tylko dwa szlifują koła po obróbce cieplnej podczas gdy pozostałe postępują w ten sposób, aby uniknąć tej czynności. Nie istnieje żadna inna hartowana część samochodu, któraby musiała być równie dokładnie wykonana i nie była przytem szlifowana po obróbce cieplnej. Szlifowane są zatem we wszystkich fabrykach wałki rozrządowe, zawory, łożyska kulkowe i rolkowe, rolki i inne podobne części.

Zakłady, produkujące szlifierki do kół zębatach, usiłowały zawsze przekonać fabrykantów kół o zaletach szlifowania, a ustęp wzięty z cyrkularza, wydanego przez wytwórnię takich szlifierek brzmi, jak następuje: "Konkluzją powyższego porównania jest stwierdzenie, że obróbka kół przy pomocy tarczy szlifierskiej zmniejsza o 83 1/3 % straty na czasie podczas obróbki, o 80 % koszt robocizny i o 76 % koszt wykonania koła. Zastosowanie tej metody przy pomocy naszej szlifierki umożliwia zmniejszenie kosztów wykonania koła szlifowanego poniżej kosztów związanych z kołem nieszlifowanym".

Inny ustęp głosi: "Wytwarzanie do przekładni samochodowych kół spokojnie pracujących i odpornych na zużycie jest zagadnieniem, sprawiającem oddawna dużo kłopotu inżynierom. Jest to zwłaszcza trudne jeżeli chodzi o koła, poddane obróbce cieplnej, tracące pierwotną dokładność wykonania wskutek odkształceń zachodzących podczas tego zabiegu. Współczesne mechanizmy wymagają od kół zębatach ogromnej wytrzymałości i dokładności wykonania, zalet dających się otrzymać jedynie drogą szlifowania kół po obróbce cieplnej. Po uwzględnieniu wszystkich czynników, wchodzących w rachubę, dochodzi się do wniosku, że czynność szlifowania zębów nie wymaga większych kosztów, aniżeli każda inna, mająca zapewnić konieczną dokładność."

Wzięcie tego pod uwagę prowadzi do przekonania, że wszyscy szlifowaliby dziś koła zębate gdyby nie to, że istnieje pewna liczba warsztatowców, usiłujących zawsze dokonać rzeczy niemożliwych i to nieraz z powodzeniem.

Wymienione dwa zakłady, wykańczające zęby kół przez szlifowanie, postępują przy wykonywaniu kół w sposób mniej więcej podobny. W jednym wypadku koła są wykonywane ze stali S.A.E 3315A, w drugim zaś ze stali S.A.E 5140A. W obu wypadkach zęby są obrabiane z początku jedną tylko operacją przy pomocy freza ślimakowego, po której dokładność wykonania profilów, podziałki, pochylenia i współosiowości wynosi  $\pm 0,025$ , a na flankach zębów pozostaje od 0,05 do 0,13 na szlifowanie. Po zahartowaniu koła są osadzone w uchwytych, centrowanych na kole podziałowym, poczem zostaje obrabiona wewnętrzna średnica koła zapomocą szlifowania lub nożem djamentowym zależnie od sposobu w jaki koło będzie później pracowało. W obrabiony otwór zostaje wciśnięty trzpień, poczem następuje szlifowanie zębów współosiowo z otworem. Omawiane zakłady używają dwóch rodzajów szlifierek. Jeden z nich pracuje na zasadzie zębatego przy pomocy tarczy, osadzonej na suporcie, który wykonywa ruch posuwisty zwrotny w poprzek obrabianego koła i przesuwa się w kierunku obwodowym, przy końcu każdego suwu. Druga szlifierka obwodzi ewolwentę wskutek tego, że obrabiane koło wykonywa jednocześnie ruch obrotowy i posuwisty zwrotny pod tarczą szlifierską. W rękach wprawnego robotnika każda



z tych szlifierek może wykończyć koło z dokładnością koła wzorcowego, to też wytwórcy kół wzorcowych posługują się obiema temi metodami.

Określone powyżej tolerancje wykonania kół wzorcowych wynoszą  $\pm 0,005$ . Taka dokładność pociąga za sobą wzrost ceny koła wzorcowego do około 50 dolarów, Cena ta idzie przede wszystkim na opłacanie wykwalifikowanego robotnika, posługującego się tą samą szlifierką, która znajduje zastosowanie również przy wykonywaniu zwykłych kół przekładniowych. Jest rzeczą oczywistą, że ustalenie ceny zwykłych kół na tym samym poziomie nie byłoby możliwe do przyjęcia.

Zgodnie z wygłoszonym poprzednio twierdzeniem koła mające spokojnie pracować winny być wykończone z dokładnością, obowiązującą przy wykonywaniu kół wzorcowych. Jeśli jednocześnie z tem wziąć pod uwagę, że koła przekładniowe są wykonywane przez robotników znacznie mniej płatnych, że czas szlifowania musi być znacznie krótszy i że koszt całej przekładni winien wypaść mniejszy, aniżeli koszt jednego koła wzorcowego, wówczas okaże się rzeczą konieczną zastosowanie metod, ułatwiających zadanie. Metody te polegają na mniej dokładnem oszlifowaniu kół, na dotarciu oszlifowanych kół i na doborze kół do przekładni drogą selekcji przez oparcie się na dźwięku, wydawanym przez koła osadzone w specjalnym przyrządzie.

#### Trudność dalszych udoskonaleń.

Nie jest zadaniem niniejszego artykułu krytykowanie i wynajdywanie wad jakiejkolwiek metody wykonywania kół. Usiłowaniem autora jest wykazać, że produkcja osiągnęła kres możliwości dających się osiągnąć przy pomocy posiadanych maszyn, i że dążnością zatrudnionych na produkcji jest przerzucenie dalszych trudów na projektujących, którzy nie powinni domagać się spokojniejszych przekładni dopóki nie znajdą sposobu posługiwania się kołami zębatymi, wykonane z dokładnościami, odpowiadającymi tym normom, które obowiązują przy wyrobie innych części samochodowych.

Dalszy ciąg zostanie poświęcony rozpatrywaniu metod, którymi się posługują pozostałe dziewięć zakładów, unikające szlifowania kół.

Dokładność wykonania wykończonych kół zależy od trzech czynników:

1/ Błędy profilu, podziałki, współosiowości i pochyleń zębów, istniejące po frezowaniu, struganiu lub polerowaniu przed poddaniem koła obróbce cieplnej.

2/ Wielkość odkształceń przy wysokiej temperaturze i umiejętność przeciwdziałania im.

3/ Metoda usuwania łącznego błędu po zahartowaniu.

Zdanie co do najlepszego materiału do wykonywania kół jest podzielone i w każdym z dziewięciu wypadków spotyka się inny materiał, poczynając od stali o niewielkiej zawartości węgla / 0,03 do 0,05 % / do stali z zawartością chromu i 0,45 do 0,60 % węgla przeznaczonych do hartowania w oleju. Niektóre z ostatnich stali bywają ogrzewane w kąpielach cjanowych inne zaś w powietrzu. Dużo pisano o zaletach różnych gatunków a mimo to nie ustalono ostatecznie, jakie właściwości materiału są najważniejsze dla trwałości koła.

Jeśli wziąć pod uwagę wspólny cel wszystkich metod, którym jest odesłanie do obróbki cieplnej koła możliwie dokładnie wykonanego, wówczas wyraźnie wystąpi wielka różnica między poszczególnymi meto-



dami. Jedna z firm frezuje zgrubnie zęby przy pomocy nieszlifowanych ślimaków dwu- i trzyzwojowych, z kolei wykańcza zęby na strugarce poczem koło poddaje polerowaniu celem usunięcia śladów obróbki. Inne zakłady posługują się do obróbki zębów frezami ślimakowymi zgrubniami i wykańczającymi, poczem zęby zostają polerowane. Jedna z metod przewiduje jednorazowe frazowanie zębów zapomocą szlifowanego ślimaka następnie zaś polerowanie. Inna fabryka jeszcze frezuje jednorazowo zęby przy pomocy nieszlifowanego ślimaka, zbiera z zębów warstwę grubości 0,08 do 0,13 na strugarce wreszcie zaś lekko poleruje. Wszystkie firmy posiadają laboratoria z instrumentami, służącymi do mierzenia zębów po każdej czynności. Dokładność pomiarów jest 0,0025.

O każdym z powyższych procesów można by wiele powiedzieć; w każdym razie należy stwierdzić, że żaden z nich nie pozwala na wykonanie kół dających się zmontować po zahartowaniu w zespoły dobrze pracujące bez przedsięwzięcia czynności poprawczych.

### Obróbka.

Niektóre procesy obróbkowe pozwalają na otrzymanie kół o dokładności, zbliżonej do kół wzorcowych, jednak narzędzia skrawające i polerujące wytwarzają na zębach naprężenia powierzchniowe, które doprowadzają podczas obróbki cieplnej do powstania błędów, wymagających późniejszego poprawiania przed zmontowaniem koła. Idealnym byłby taki proces obróbkowy, któryby pozwalał na osiągnięcie wielkiej dokładności bez wytwarzania żadnych naprężeń powierzchniowych, ponieważ wszystkie stosowane metody korygowania zębów po obróbce cieplnej oprócz szlifowania umożliwiają tylko opanowanie normalnych odkształceń, zachodzących jedynie w wyniku obróbki cieplnej. Taki proces obróbkowy dotychczas nie istnieje. Dla zachowania błędów w profilu, podziałce, pochyleniu i współosiowości zębów w obrębie 0,013 trzeba ściślejszej kontroli, sprawdzania i starań, aniżeli przy jakiegokolwiek innej części samochodu. Możliwe wyniki dadzą się utrzymać jedynie przy ciągłym czuwaniu.

### Zmiary podczas obróbki cieplnej,

Wytwarzanie zadawalających kół przekładniowych bez szlifowania jest możliwe według następującego sposobu postępowania:

1/ Stal winna być nabywana w stalowniach, zaopatrzonych w takie urządzenia, organizację i personel, że przy ich współdziałaniu może być i będzie otrzymany materiał, odpowiadający postawionemu warunkom.

2/ Kuźnia winna wytwarzać surówki o wszędzie jednostajnie ścisłej budowie.

Otrzymanie równomiernych surówek jest możliwe tylko ze stali o jednostajnej budowie. Normalizowanie nierównomiernych surówek nie pozwala na utrzymanie jednostajnej budowy, bez której wyeliminowanie zmian, zachodzących podczas obróbki cieplnej i przeciwdziałanie im jest niemożliwe. Nieznajomość zmian, zachodzących podczas hartowania, nie pozwala na przystosowanie do nich wymiarów zębów przed obróbką cieplną, w wypadku zaś, gdy zmiany takie nie są przewidywane, odkształcenie zahartowanych zębów będzie tak duże, że usunięcie jego przy jakiegokolwiek innej metodzie poza szlifowaniem nie będzie możliwe.

Zmiany profilu zębów, wywołane obróbką cieplną, wahają się w granicach 0,005 - 0,013. Frezy ślimakowe i noże do strugania zębów



mogą być z łatwością przystosowane do tych zmian, gdyż dokładność przy wykonywaniu tych narzędzi wynosi zazwyczaj 0,005. Najtrudniejszym zagadnieniem jest zdecydowanie do jakiej zmiany wymiary zębów mają być przystosowane.

Właściwe zapasy na odkształcenie podczas obróbki cieplnej mogą być zestawiane jedynie przy posiadaniu materiału dobrze przetętego, ulegającego znanemu odkształceniu podczas tej obróbki. Zazwyczaj spotykane surówki zbyt się różnią między sobą pod względem budowy a odkształcenie ich podczas obróbki cieplnej nie da się dokładnie przewidzieć. Im jednostajniejsze wyniki będą otrzymywane po hartowaniu, tem większa będzie istniała możność ustalenia zmian i pozostawienia właściwych naddatków.

Jako przykład trudności związanych z uzyskaniem poglądu na odkształcanie się handlowej surówki w czasie obróbki cieplnej podaje autor wypadek, w którym pewien pracownik otrzymał za zadanie stałe mierzenie kół przed i po obróbce cieplnej celem zebrania materiału, mającego stanowić podstawę dla ustalenia wymiarów frezów ślinakowych. Praca ta trwała pełny rok i nie dała wyników wskutek tego, że pomiary z jednego tygodnia nie zgadzały się z pomiarami następnego tygodnia wskutek niestałości rozporządzalnych materiałów.

Przez jednostajną budowę surówek autor rozumie tę budowę, która jest spotykana w surówkach wykonanych ze stali o określonej wielkości ziarna, kutej przy kontrolowanej temperaturze w matrycach zaprojektowanych w ten sposób, że nacisk wywierany przez prasę jest zużywany całkowicie na ściskanie samej surówki. Sposób ten przyczynia się do otrzymania surówki o zwartej budowie, pochłaniającej i oddającej ciepło podczas normalizowania i hartowania w stopniu jednostajnym i dającym się zmierzyć.

Praca niniejsza powinna być właściwie poświęcona znaczeniu, jakie posiada budowa surówek dla otrzymania kół przekładniowych, niewymagających szlifowania, szczególnie jednak, o których tu napomknęto, mogą być znalezione gdzieindziej.

Aczkolwiek dokładność nacinania i centrowania koła odzwierciadla się następnie w koszcie szlifowania, możliwe jest otrzymywanie tą metodą dobrych kół nawet przy zębach źle naciętych i mimośrodkowych przed szlifowaniem. Proces docierania wymaga aby poprawiane przy jego pomocy koła posiadały błędy w profilu, podziałce i współosiowości nie większe niż 0,025. Okoliczność ta nie pozwala na centrowanie kół na średnicy podziałkowej zębów i zmusza do stosowania ścisłego centrowania tam, gdzie to jest możliwe.

Jeśli się weźmie pod uwagę, że współpracujące koła muszą posiadać według dzisiejszych wymagań dokładność od 0,005 do 0,013 i że maksymalny błąd, dający się ekonomicznie poprawić docieraniem, wynosi 0,025, oraz jeśli sobie zdać sprawę, że najlepsze centrowanie i nacinanie musi mieć swoje tolerancje, a niezależnie od tych wszystkich tolerancyj wchodzi jeszcze w rachubę odkształcenie, spowodowane obróbką cieplną, wówczas porównanie stawianych wymagań z istniejącym stanem rzeczy musi nasunąć pewne wątpliwości.

Koła zębate średniej wielkości, otrzymane z surówek prawidłowo zbudowanych, skurczą się lub rozszerzą w wyniku obróbki cieplnej o około 0,05 na średnicy podziałkowej, co się da wykryć przez zmierzenie jej zapomocą wałeczków. Zmiana rozstawienia zębów i profilu ich nie powinna być większa niż 0,025, przyczem przy pozostawianiu naddatku można się liczyć ze zmianą dwukrotnie mniejszą. Zmiana średnicy podziałkowej nie jest bardzo szkodliwa przy zazębianiu ewolwentowem i wpływa jedynie na luz międzyzębny.



Błędy nacinania zębów, spowodowane właściwościami maszyny zastosowanej do tego celu, zmieniają się odpowiednio do użytej obrabiarki i do stanu, w jakim się ona znajduje.

#### Nacinanie zębów frezami ślimakowymi.

Znana wytwórnia obrabiarek do frezowania kół zębatach przy pomocy frezów ślimakowych wypuściła przed paroma laty maszynę, zbudowaną przy zastosowaniu możliwie dokładnych części, celem przekonania się z jaką dokładnością można nacinąć zęby przy pomocy tej metody. Na podstawie badań zostało wydane następujące sprawozdanie:

" Wierzmy, że wyniki, otrzymane przy pomocy tej obrabiarki, nie będą pod względem dokładności gorsze od wyników, dających się uzyskać na jakiegokolwiek innej maszynie produkcyjnej. Przy pomocy naszej maszyny możemy wykonywać koła o odstępach międzyzębnych, różniących się między sobą mniej niż o 0,013. Ponadto pragniemy zwrócić uwagę Wp. na tę okoliczność, że celem otrzymania wyników zgodnych z powyższymi danymi obsługa winna zwracać szczególną uwagę na zachowanie maszyny w jaknajlepszym stanie. Dla przykładu podajemy, że pracujemy przy bardzo małym luzie międzyzębnym między ślimakiem a ślimacznicą, nie powodując mimo to nadmiernego wzrostu temperatur wskutek tarcia. Każda część maszyny powinna pozostać w niezmiennym stanie celem stałego otrzymywania właściwych wyników."

Aczkolwiek powyższa próba została przeprowadzona na frezarce, te same wymagania, dotyczące zachowania pracujących części maszyny w doskonałym stanie, obowiązują również dla jakiegokolwiek innego typu współczesnej obrabiarki do nacinania kół zębatach. Błędy w szlifowanych frezach ślimakowych i nożach do strugania nie powinny przekraczać 0,005 do 0,008. Sposoby centrowania są różne w poszczególnych zakładach, najlepsze z nich jednak pozwalają jeszcze na błąd we współosiowości równy 0,025 do 0,05. Jeśli zatem dodać błędy, pochodzące z obróbki cieplnej, nacinania zębów i centrowania, powstanie błąd, przekraczający to, co może zostać usunięte przez docieranie.

Prawdą jest, że wytwórcy nie mogą wykonać kół śrubowych do przekładni o dokładności kół wzorcowych i nie wykonywują ich. Mimo to usiłowania ich doprowadzają do tego, że dzięki selekcji i stałej kontroli i sprawdzaniu wykonana przekładnia jest równie spokojna w pracy, jak przekładnia z kół szlifowanych.

Zasada przyjęta w przeszłości głosi, że wyniki stają się tem lepsze im praca nad pewnym procesem trwa dłużej. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że obrabiarki się zużywają, narzędzia stępią a uchwyty również ulegają zmianie i że otrzymywanie spokojnie pracujących kół jest ciągle połączone z trudnościami. Gdyby nie względy na wydatki wyjście byłoby bardzo proste i polegałoby na szlifowaniu. Autorowi udało się zebrać na podstawie dwuletnich doświadczeń dane dotyczące kosztów wykonania kół śrubowych według obu metod. Dane te są zestawione w tablicy I i dotyczą urządzeń potrzebnych do produkcji 30 zespołów kół na godzinę.

Zespół kół, którego dotyczy ta analiza, jest używany w skrzynce biegów, a w skład jego wchodzi koła śrubowe, posiadające w sumie 78 zębów. Bez brania pod uwagę amortyzacji koszt szlifowania jest 1 1/3 centa na ząb większy, aniżeli koszt docierania. Aczkolwiek 37 szlifierek zajmuje większą powierzchnię, aniżeli 12 maszyn do docierania, nie dodano z tego tytułu żadnego kosztu, ponieważ różnica ta jest mniej więcej wyrównana przez dodatkową kontrolę i większe zapotrzebowanie miejsca w laboratorium kół zębatach i od-



dziale frezarek, potrzebne ze względu na konieczność dokładniejszego wykonywania kół, przeznaczonych do docierania.

Tablica I

	Szlifowanie.		Docieranie.	
Czynności porównywane	Szlifowanie, docieranie i dobieranie		Polerowanie, docieranie i dobieranie.	
Zastosowane urządzenia	Szlifierki do kół zębatych, maszyny do docierania, maszyny do dobierania.		Polerki, maszyny do docierania, maszyny do dobierania.	
Ilość maszyn, potrzebnych do wykonania 30 zespołów kół na godzinę	Szlifierki	37	Polerki	4
	M.docierające	4	M.docierające	12
	M.dobierające	2	M.dobierające	2
Całkowity koszt maszyn	285.134 dolarów		34.950 dolarów.	
Spadek wartości maszyn na 1 zespół, oparty na rocznej prod. 73.500	0,393 dol.		0,048 dol.	
Robocizna na zespół:				
szlifowanie:	0,325 dol.		0,000 dol	
Polerowanie:	0,000		0,022	
Docieranie:	0,036		0,043	
Dobieranie:	0,021		0,048	
Razem :	0,382 dol.		0,113 dol.	
Koszt tarczy szlifierskiej na zespół	0,082 dol		0,000	
Koszt narzędzi do docierania i polerowania na zespół	0,000		docieranie	0,010 dol
			polerowanie	0,012
			razem	0,022 dol
Reszta obciążenia na 1 zespół: 150,7 % robocizny na zespół/ norm - malne obciążenie minus spadek wartości maszyn i koszt zużywających się narzędzi/	0,575 dol		0,170 dol.	
Koszt własny fabryki na zespół za przeprowadzone czynności	1,432 dol		0,353 dol.	
Czczędnosc przy przejściu na docieranie wyniosła 1,079 na jednym zespole co stanowi 78.227,50 dolarów rocznie.				

Metoda docierania wymaga surówek o równomiernej budowie aby otrzymać stałe odkształcenie po obróbce cieplnej; dodatkowe wydatki, przeznaczone na osiągnięcie tej budowy, są wyrównane przez oszczędności, osiągnięte dzięki stosowaniu większych posuwów i szybkości, możliwych wskutek właściwości surówki. Jak się okazało, udoskonalony typ surówki pozwolił na zmniejszenie kosztów szlifowania jednego zęba, ponieważ mniejsze odkształcenie pozwala na zostawienie mniejszego zapasu na szlifowanie.



Szlifowanie wzięte pod uwagę w niniejszej analizie odbywa się w połączeniu z następującymi czynnościami:

- 1/ Jednorazowe obrobienie zębów przy pomocy freza ślimakowego.
- 2/ Szlifowanie zębów na szlifierce do kół zębatach.
- 3/ Docieranie zębów na maszynach do docierania, w zespołach.
- 4/ Dobieranie kół parami w razie potrzeby na specjalnych maszynach.

Docieranie kół zębatach rozpatrywane powyżej odbywa się w połączeniu z następującymi czynnościami:

- 1/ Jednorazowe obrobienie zębów przy pomocy freza ślimakowego.
- 2/ Polerowanie zębów na specjalnej maszynie.
- 3/ Docieranie zębów na maszynach do docierania, pojedynczo.
- 4/ Dobieranie kół parami na specjalnych maszynach.

#### Dane dotyczące szlifowania zębów.

Tolerancje. Poszczególne rozstępy międzyzębne różnią się między sobą o 0,005 do 0,008 przy przesuwaniu się tarczy szlifującej o jeden ząb. Kształt ewolwenty zostaje wykonany z dokładnością  $\pm 0,005$ . Luz międzyzębny waha się od 0,05 do 0,1.

Szlifowanie. Do szlifowania służy tarcza Nortona 3850 K5P o średnicy 305 mm, wykonywująca 2400 obr/min. Po zmniejszeniu średnicy tarczy do 280 mm zostaje ona przeniesiona na szlifierkę o 2650 obrotach. Wszystkie szlifierki pracują luzem dwie godziny dziennie celem doprowadzenia części do równowagi cieplnej, przed rozpoczęciem pracy.

Jedna tarcza kosztuje w przybliżeniu 2,28 dol. i wystarcza na przeszlifowanie 2000 zębów, co daje 0,0011 dol na ząb.

Jeden człowiek obsługuje trzy i pół maszyny, a załoga z ośmiu operatorów, z których dwóch sprawdza jeszcze koła, a jeden jest kierownikiem grupy, oraz trzech ludzi nocnej zmiany wykańczają razem 14 1/2 kompletów przekładni na godzinę. Każde koło jest poddawane trzem operacjom szlifierskim, z których dwie są zgrubne jedna zaś wykańczająca.

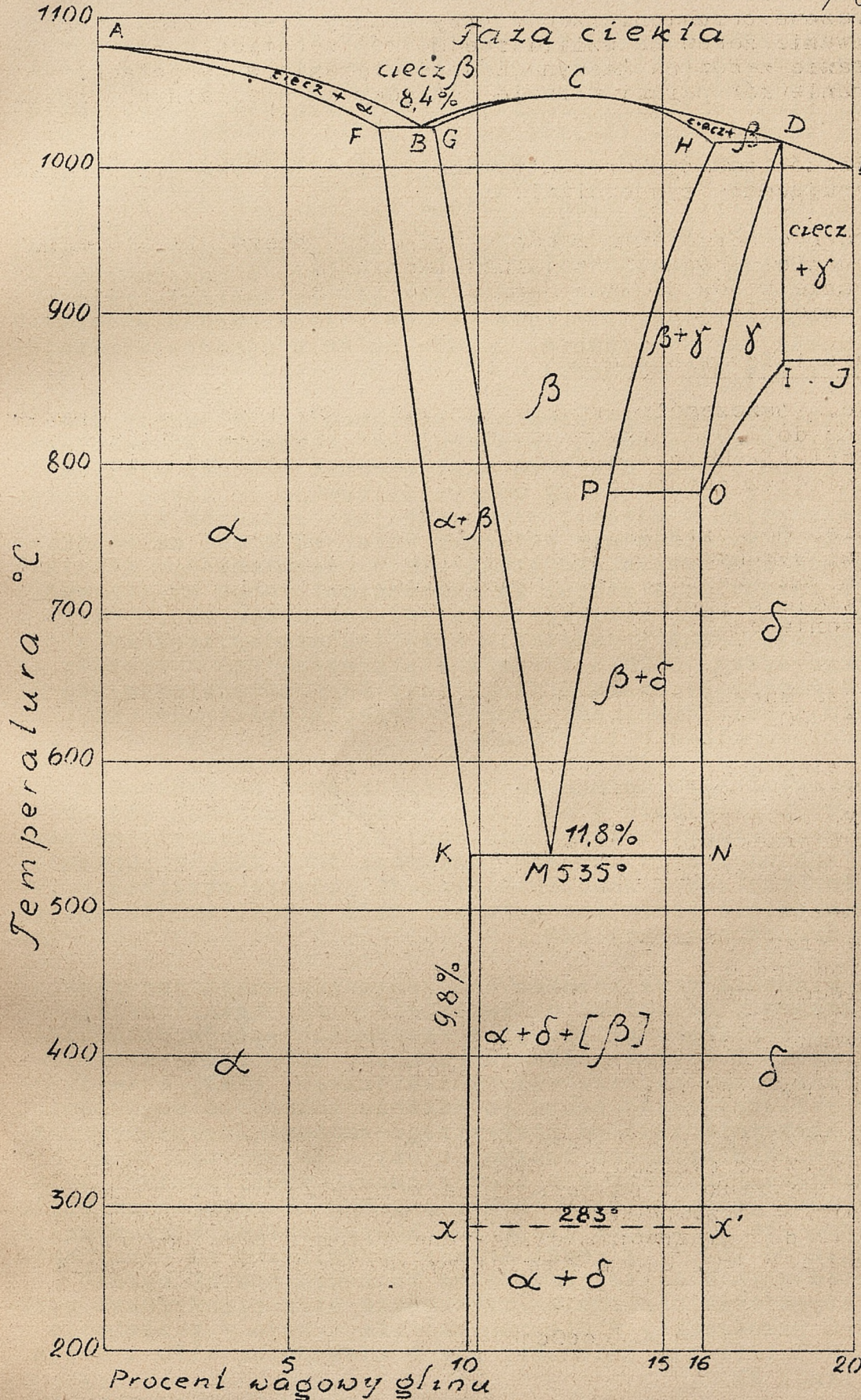
Tolerancje przy docieraniu. Odstępy międzyzębne zmieniają się przy przejściu od jednego zęba do drugiego nie więcej niż o 0,013. Dokładność ewolwenty wynosi  $\pm 0,013$  zaś luz międzyzębny równa się 0,05 do 0,2. Opisany proces wymaga aby frezowanie frezem ślimakowym było wykonywane zgodnie z powyższymi tolerancjami ponieważ ostatnie docieranie ma za zadanie tylko usunięcie odkształcenia wywołanego przez obróbkę cieplną.

Docieranie wszystkich kół trwa jednakowo długo, to znaczy dwie minuty. Jeden człowiek obsługuje cztery maszyny. Docieraki kosztują około 8 dolarów na sztukę i są poprawiane trzy razy przed zbrakowaniem. Każdy z nich dotrze 5400 kół co daje koszt 0,01 dolarów na zespół. Narzędzia do polerowania są używane w kompletach po trzy, kosztujących 150 dolarów. Jeden komplet wystarczy na wypolerowanie 50.000 kół.



BROZNY GLINOWE.  
The Aluminium Bronzes.  
E.C.J. Marsh i E. Mills.  
Aircraft Engineering, November 1933.

/ dokończenie /



Rys. 1.

Wykres termiczny.

Z punktu widzenia metalografia dla należytego poznania jakiegokolwiek metalu lub stopu a więc i bronzów glinowych konieczny jest wykres termiczny. Prawidłowy dobór składu stopu i obróbki cieplnej jest niemożliwy bez tej pomocy, pozwalającej na zbadanie wpływu poszczególnych czynników fizycznych. Rys. 1 pokazuje wykres termiczny dla stopów miedź-glin do zawartości do 20 % glinu według Stockdale'a. Na przeprowadzenie szczegółowych rozważań metalograficznych na temat bronzów glinowych, zabrakłoby tu miejsca, nastąpi więc tylko krótki opis tego, co może się zdarzyć lub co się istotnie zdarza w stopach



o różnych składach podczas stygnięcia lub po obróbce cieplnej, gdyż znajomość tego jest konieczna dla mających styczność z odlewaniem, prasowaniem, obróbką cieplną i innymi czynnościami, przeprowadzanymi na tych stopach.

Glin i miedź rozpuszczają się nawzajem we wszelkich stosunkach, w stanie ciekłym i stałym; przy temperaturach powyżej linii likwidusu, ACDE, wszystkim składom odpowiada masa ciekła i jednorodna. Poniżej linii solidusu AFBGCIJ, całość krzepnie. Powierzchnia zawarta między temi dwiema linjami daje pojęcie o zakresie krzepnięcia; krzyści pochodzące z wąskości tej powierzchni, zostały powyżej oświetlone. Jak widać, stopowi, zawierającemu 5 % glinu odpowiada odstęp 10-stopniowy między obiema linjami, podczas gdy ten sam odstęp dla stopów, zawierających od 10 do 15 % glinu, wynosi praktycznie biorąc, zero. Wskutek tego otrzymuje się całkowite prawie wyrównanie składu warstw, kolejno krzepnących, a maksymalna różnica składu wynosi około 2 %. Z drugiej strony, dyfuzja przy tych wysokich temperaturach / powyżej 1000° / jest bardzo szybka co również sprawia, że wyżarzanie, mające na celu ujednostajnienie składu odlewu, staje się zbędne.

W fazie stałej brzozy glinowe nie potrzebują być jednorodne pod względem składu fizycznego; występujące składniki są zależne nie tylko od składu stopu, ale i od zastosowania obróbki cieplnej. Na przestrzeni linii likwidusu AB wykryalizowuje ze stopu ciekłego stały roztwór glinu w miedzi, oznaczony jako składnik alfa. Podobnie od B do D wydziela się składnik beta, od D zaś składnik gamma. Te postaci nie zawsze zachowują się w niezmienionym stanie do całkowitego ostygnięcia stopu. Po skrzepnięciu mogą występować dalsze zmiany, dające się stwierdzić na podstawie wykresu. W ten sposób powierzchnia AFKLA przedstawia stop jednorodny, złożony z roztworu stałego alfa; GCHM - roztwór stały beta; DIO - roztwór stały gamma. Pomiędzy pierwszą a drugą leży FGML, przedstawiająca mieszaninę alfa i beta, pomiędzy drugą a trzecią występuje HDOP, odpowiadająca mieszaninie beta i gamma.

Opisanych składników można się już spodziewać na podstawie przebiegu krzywych likwidusu i solidusu. Poza tem zachodzą jednak dalsze zmiany przy niższych temperaturach. Są one uwidocznione powierzchniami, ograniczonymi linjami poziomymi PO i KMN. Z punktu widzenia stopów handlowych znaczenie posiada jedynie ostatnia z tych zmian, mianowicie przemiana połączeń alfa i beta w mieszaninę alfa i delta, zachodzącą przy 537°.

Z punktu widzenia praktycznego znaczenie posiadają jedynie trzy postaci stopów miedź-glin, a mianowicie alfa, beta i delta. W zakresie do 16 % glinu możliwe jest otrzymanie stopów, składających się całkowicie z postaci alfa lub z beta, albo z mieszaniny składników alfa i beta, albo ze wszystkich trzech, alfa, beta i delta. Metalograficzny skład stopu po odlaniu zależy od szybkości stygnięcia po skrzepnięciu i od pierwotnego składu. Zawartości 7 % glinu będzie zawsze odpowiadać roztwór stały alfa ze względu na niewystępowanie żadnych zmian dla tego składu. Czysty roztwór beta może być otrzymany jedynie przez bardzo szybkie ostudzenie ze względu na znajdującą się po drodze linję KN. 10-procentowy stop wymagałby hartowania od 1000°, i nawet to nie pozwoliłoby na otrzymanie stopu wolnego od alfa i delta, zmiany te zachodzą bowiem bardzo szybko. Przy stygnięciu z normalną szybkością stop o powyższym składzie z początku przeszedłby w mieszaninę alfa i beta / przecięcie z linją GM/, następnie zaś zmieniłby się w mieszaninę alfa i delta po przejściu linii KN.

Wyżej podany krótki opis przebiegu stygnięcia podkreśla w do-



stateczny sposób wagę rozumienia tego zjawiska. Obecnie zostaną podane własności poszczególnych składników.

Roztwór alfa jest dostatecznie ciągliwy aby umożliwić obróbkę na gorąco i na zimno. Roztwór beta jest mniej ciągliwy, jednak przeróbka na gorąco jest dostatecznie dobra. Składnik delta jest bardzo kruchy, to też w pewnych wypadkach należy poszukiwać specjalnych metod obróbki cieplnej / zwłaszcza szybkości studzenia/, któreby pozwoliły na uniknięcie jego obecności. Z drugiej strony ten sam twardy składnik delta posiada cenne cechy, które zostają wyzyskane w specjalnych wypadkach, jak na przykład dla łożysk nośnych. Otrzymywanie takich stopów powinno się znajdować pod ścisłą kontrolą aby zapewnić jednostajne rozproszenie drobnych cząstek delta w całej masie, tak aby jego obecność nie powodowała spadku wytrzymałości części. Budowa 10- procentowego stopu, stosowanego zazwyczaj dla tego rodzaju potrzeb, powinna się składać ze składnika beta równomiernie rozdzielonego w podłożu z miększego alfa jako osnowy, przyczem beta w dużej mierze równomiernie przechodzi w alfa, a w tem wszystkim znajdują się jednostajnie rozdzielone, drobne i twarde cząsteczki delta. Obciążenie jest przenoszone przez delta, a cząstki alfa podlegają zużywaniu. Konieczne jest właściwe ustosunkowanie ilości składników dla zapobieżenia z jednej strony nadmiernemu zużywaniu z drugiej zaś zatarciu.

Aby ocenić w całej pełni zalety bronzów glinowych jako stopów łożyskowych przeprowadzone zostanie w dalszym ciągu porównanie między niemi, a innymi stopami tego rodzaju. Jedna grupa zawiera stopy oparte na cynie, zawierające od 60 do 90 % cyny, 0 do 20 % ołowiu, 4 do 15 % antymonu i 2 do 4,5 % miedzi. W tym wypadku obciążenie jest przenieszone przez twarde kryształy miedzi z cyną oraz antymonu, rozdzielone w miększej osnowie z cyny. W drugiej grupie znajdują się metale oparte na ołowiu, mającym za zadanie tworzenie miękkiej osnowy, i występującym w ilościach 60 do 90 %, wraz z antymonem od 10 do 15 %, cyną od 0 do 20 % i miedzią od 0 do 4 % ; rolą ostatniego składnika jest wytworzenie twardych punktów podparcia. Ponadto szerokie zastosowanie znajdują zwykłe stopy miedzi z cyną, brzozy fosforowe; zawierają one cynę w ilości do 20 %. Stopy te posiadają twardą rozproszoną fazę na tle miększej osnowy z miedzi. Istnieją jeszcze inne rodzaje, jednak wyżej podane wystarczą już dla uwypuklenia zalet bronzów glinowych jako metali łożyskowych. Wadą pierwszych dwóch rodzajów, opartych na cynie i ołowiu, jest zbyt mała odporność na odkształcenie i zużycie przy dużych naciskach. Ponadto skład i budowa ich są dość złożone, a kontrola produkcji, mająca za zadanie otrzymanie odpowiedniej budowy jest utrudniona. W pewnych warunkach są one podatne na zmęczenie spowodowane korozją, któremu towarzyszy powstawanie pęknięć międzykrystalicznych. Bronzozy fosforowe posiadają tę samą skłonność, a ponadto mogą zawieść pod wpływem uderzeń. W przeciwieństwie do tego brzozy glinowe odznaczają się prostą budową i z łatwością dają się obrobić cieplnie dla niezawodnego zapewnienia potrzebnej budowy. Posiadają one dostatecznie dużą wytrzymałość oraz odporność na zmęczenie i korozję. Ponadto oba składniki łożyskowe powstają w tym samym stopniu bez potrzeby uciekania się do innych metali; obróbka cieplna zostaje każdorazowo dobrana do okoliczności.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że każda z podanych postaci, alfa, beta i delta, została wykryta na podstawie analizy termicznej i obserwacji pod mikroskopem.



się pod postacią odlewów, części prasowanych lub kutych na gorąco, przeciąganych prętów lub blachy. W obecnych rozważaniach przyjmiemy, że odlewy i inne produkty nie zostały poddane obróbce cieplnej i że profile przeciągane lub walcowane przedstawiają znaczne wahania w budowie, zależnie od temperatury, przy której były wykonane, i stopnia przeróbki na zimno.

Miedzy budową prętów i odlewów, a w mniejszym stopniu części prasowanych i kutych na gorąco mogą zachodzić znaczne różnice. Uzasadnia to potrzebę poddania obróbce cieplnej tych materiałów, które mają posiadać specjalne własności. Możliwości istniejące w tym kierunku są widoczne z wykresu termicznego i zostaną przedyskutowane na podstawie stopu zawierającego 10 % glinu, reprezentującego sobą szereg najbardziej rozpowszechnionych kompozycji. Powyższy rodzaj nie może być wyżarzany ze względu na punkty przemiany napotymane poniżej temperatury krzepnięcia i oznaczające skłonność stopu do przejścia z jednej postaci w drugą. W razie zdecydowania się na przeprowadzenie zabiegu zmiękczonego wskazana jest daleko posunięta ostrożność, należy bowiem dbać o zachowanie równowagi między zawartościami składników alfa, beta i delta, zapewniającej utrzymanie potrzebnego zmiększenia bez kruchości. Biorąc dla przykładu stopy 10 i 11- procentowe które były wolno ochłodzone od 750° następnie zaś ogrzane i ostudzone od dowolnej temperatury w zakresie do 540° / plus około 40° ponieważ początkowa szybkość stygnięcia w okresie czasu między wyjęciem części z pieca a włożeniem jej do ośrodka studzącego nie może być kontrolowana/, nie zauważy się po drugim ostudzeniu zmniejszenia twardości w porównaniu do tej, która się otrzymała za pierwszym razem w wyniku powolnego studzenia. Z drugiej strony jeśli ogrzanie nastąpi do temperatury w zakresie 520 do 620°, szybkie ostudzenie wywoła spadek twardości/ odpowiednio 20 i 40 jednostek Vickersa/. Należy to zawdzięczać przemianie alfa i delta w alfa i beta, zachodzącej przy wyższej temperaturze. Dalsze podnoszenie temperatury, od której następuje szybkie studzenie, staje się przyczyną wzrostu twardości, spowodowanego zwiększeniem się ilości składnika beta kosztem alfa. Przy hartowaniu zatem od 870° osiągnie się powiększenie twardości odpowiednio o 50 i 90 jednostek Vickersa. Przykład ten wskazuje na konieczność ścisłej kontroli koniecznej przy stosowaniu zabiegów zmiękczących i na to, że wysiłków tych należy zaniechać jeśli się nie rozporządza pomocą wprawnego metalurga. Te same przykłady wykazują duże możliwości obróbki cieplnej w stosunku do tego materiału. Dalsze badanie wykresu w połączeniu z poprzednimi rozważaniami pozwala na stwierdzenie, że celem właściwego zahartowania i otrzymania maksymalnej trwałości budowy stop 10-procentowy winien być hartowany w zimnej wodzie od temperatury 860°, przyczem cała ilość alfa i delta zostaje zamieniona w alfa i beta z bardzo małą zawartością alfa. Przy zachowaniu właściwych warunków studzenia temperatura ta zapewnia maksymalne ograniczenie procesu przemiany beta w alfa i delta. Po zahartowaniu następuje odpuszczanie we właściwie dobranej temperaturze, wahającej się od 400° do 630°. Dobór temperatury odpuszczania zależy od wymaganej twardości i wytrzymałości, podyktowanych przez warunki pracy; w ten sam sposób następuje określenie czasu ogrzewania. Następnie ma miejsce wolne studzenie w piecu. Odpuszczanie pociąga za sobą przemianę beta w alfa i delta w stopniu, pozostającym pod wpływem czasu i temperatury.

Zdjęcia mikrograficzne próbek bronzowych w różnych stanach pozwalają na wyciągnięcie wniosków, zgodnych z poprzednimi rozważaniami. Jeśli chodzi zatem o pręty przeciągane w stanie dostarczonym, to budowa ich z jednej strony wykazuje obecność nadmiernej ilości postaci delta z drugiej strony zaś jest bardzo nierówno-



mierna i inna dla różnych miejsc pręta wykonywanych przy różnych temperaturach i szybkościach stygnięcia. Stan takiego materiału nie budzi zatem zaufania. Po hartowaniu materiał otrzymuje typową budowę martenzytyczną dzięki zamianie składników alfa i delta w beta. Zamiana ta nie jest kompletna, gdyż bardzo nawet szybkie studzenie nie ma możliwości zapobieżenia częściowemu wydzieleniu się postaci alfa. Próbkę odpuszczone we właściwy sposób charakteryzują się obecnością drobno rozproszonych delta, nadającego bardzo ciągliwemu materiałowi znaczną odporność na zużycie. Układ tych cząsteczek wskazuje na występowanie sferoidyzacji i na całkowitą nieobecność budowy warstwicznej, co wyłącza możliwość powstawania pęknięć. Skutkiem niewłaściwej obróbki cieplnej, a więc wyżarzania i powolnego studzenia jest wydzielanie się nadmiaru składnika delta.

Porównanie próbek, wziętych ze zwykłego pręta i z części prasowanych na gorąco, dla których materiałem wyjściowym był taki sam pręt, pozwala na stwierdzenie, że duże naciski, występujące przy prasowaniu, przyczyniają się do powstawania równomierniej rozdzielonego eutektoidu. Materiał taki jest odporniejszy na uderzenia i zużycie, a jego budowa jest niemal idealna. Ponadto obserwacja materiału części prasowanych na gorąco i zawierających ołów wskazuje na doskonały rozdział tego dodatku, osiągnięty oczywiście jeszcze podczas odlewania. Osiągnięcie tej zalety staje się ułatwione przez dodanie niewielkich ilości cyny / 0,15 % / i manganu.

#### Samowyżarzanie.

Jak wiadomo, wolne studzenie 10-procentowego stopu od temperatury, leżącej poniżej punktu krzepnięcia powoduje rozkład fazy beta na alfa i delta, współistniejące w budowie warstwowej. Im studzenie będzie przebiegało wolniej, tym ostrzejszy będzie rozdział składników i wyraźniejsze płaszczyzny kruchości wyznaczone przez rozkład składnika delta. Rozdzielenie się składników, które nosi często nazwę samowyżarzania, zachodzi w dużych odlewach piaskowych, dużych przeciąganych prętach i często częściach kutych. Odlewy kokilowe i piaskowe z właściwie rozmieszczonymi chłodnikami nie posiadają tej wady. Droga odpowiedniego obchodzenia się z częścią jest możliwe, takie nastawienie szybkości i studzenia odlewu, aby nastąpił rozkład eutektoidu i powstała wskutek tego budowa, występująca w bronzach glinowych, poddanych właściwej obróbce cieplnej. Osiąga się to przez zastosowanie chłodników, studzenie odlewu w powietrzu i przez specjalne dodatki, jak żelazo. Obawa przed pęknięciem części poddanej zmiennym naprężeniom, nakazuje ulepszyć ją cieplnie w tych wypadkach, w których istnieje możliwość występowania opisanych wad budowy.

#### Czyszczenie, trawienie i wykańczanie.

Odtłuszczanie części wykonanych z bronzów glinowych w poszczególnych stadiach fabrykacji nie przedstawia żadnych trudności i może być dokonywane przy użyciu normalnych instalacji i kompozycji czyszczących. Należy zwrócić uwagę, że zawartość glinu w tych bronzach nie jest dostatecznie wysoka, aby miała uniemożliwić zastosowanie kaustycznych środków czyszczących i innych mieszanin zasadowych, pospolicie używanych w poszczególnych warsztatach. Chemiczne odtłuszczacze z tróchlorkiem etylu przedstawiają w stosunku do wymienionych korzyści wtedy, gdy typ roboty i sposób przepływu pozwalają na ich zastosowanie, jak to zwykle bywa przy końcowych czynnościach.

Celem trawienia jest przywrócenie powierzchni części jej naturalnego złotożółtego zabarwienia przez usunięcie plam lub śladów



obróbki cieplnej. W ostatnim wypadku warstwa tlenku trzyma się dość uporczywie, mimo to należy jednak unikać zanurzania części w silnych mieszaninach kwasów siarkowego i azotowego, które przyspieszają czyszczenie tylko kosztem gładkości powierzchni. Poza wymaganiem pozostawienia czystej powierzchni trzeba się często liczyć z tolerancją wykonania. Polecane są rozcieńczone roztwory kwasu siarkowego, którym odpowiadają czasy zanurzenia części zależne od koncentracji i temperatury. Dobrze działa mieszanina 1 części kwasu siarkowego o stężeniu handlowym z trzema częściami wody na objętość, pracująca przy temperaturze 60 do 80° i usuwająca najciemniejsze plamy tlenków bez uszkodzenia metalu podstawowego w przeciągu nie więcej, niż jednej minuty. Zależnie od stopnia naruszenia powierzchni część wyjęta z tego roztworu ma zabarwienie mniej lub więcej jasne; uzyskanie ostatecznego wyglądu zostaje osiągnięte przez 1 - do 3-sekundowe zanurzenie części do kwasu azotowo-siarkowego. Wskazany jest następujący skład: 3 części wody, 6 części kwasu siarkowego i 2 części kwasu azotowego, przy czym kwasy są brane o jakości handlowej, a części objętościowo.

Piaskowanie przy pomocy piasku, lub śrutu może być stosowane jeśli połysk i wykończenie nie mają zasadniczego znaczenia; cienkie przekroje winny być przytem oszczędzane przez dobór niewielkich ciśnień i wielkości ziaren; normalnie przyjęte wielkości dają nacgół dobre wyniki.

Wiele części, na przykład ruchome, nie mogą być emaljowane ani malowane, dla innych wszakże ten rodzaj wykończenia może się okazać konieczny czy to ze względu na uniknięcie korozji czy też celem ujednostajnienia wyglądu części, położonych obok siebie. Tutaj będzie mowa tylko o jednym lakierze bezbarwnym; istniejącym w większej ilości typów. Lakier celulozowy posiada tę zaletę, że nakładanie ich zabiera niewiele czasu. Przedstawiają one dostateczną ochronę przed czynnikami, umiarkowanie korodującymi. W razie konieczności przeciwstawienia się surowszym warunkom okaże się usprawiedliwione zastosowanie bezbarwnego lakieru bakelitowego połączone z wypiekaniem części. Dla warunków pośrednich nadają się olejowe lakiery bakelitowe i łatwe w obchodzeniu się z nimi nakładane na gorąco kompozycje Dulux.

W pewnych wypadkach może zająć konieczność nałożenia powłok galwanicznych/ ujednostajnienie wyglądu/. Mogą być do tego celu użyte bez trudności nikiel, miedź lub chrom, ten ostatni oczywiście za pośrednictwem warstwy niklu. Konieczne jest przytem staranne przygotowanie części do galvanizacji oraz obranie pewnej minimalnej grubości metalowej ze względu na czas używania części. Na zakończenie część powinna być dokładnie wymyta w wodzie, zwłaszcza w wypadku odlewów, mogących zawierać pory powierzchniowe, oraz w wypadku części z wgłębieniami i ślepymi otworami.

### Zastosowania i korzyści.

Podanie dziedzin zastosowania materiału o tak wielkich możliwościach jest możliwe jedynie w bardzo pobieżny sposób. Piękny wygląd i znaczna trwałość tych stopów oraz wybitne własności użytkowe otwierają przed nimi duże możliwości we wszelkich dziedzinach. Mogą być więc z nich wykonywane wszelkie części ruchome, odporne na zużycie i korozję i takie, które wymagają doskonałych właściwości mechanicznych. Te same cechy pozwalają na wykonywanie z bronzów glinowych kół poddanych wysokim obciążeniom/ silnie obciążonych łożysk.

Współczesne dążenie do zwiększenia wydajności urządzeń przemysłowych pociąga za sobą wzrost szybkości, dłuższy czas pracy i



zmniejszanie zużywania się części pracujących. Bronzy glinowe stanowią znaczny postęp w porównaniu do wszystkich innych metali nieżelaznych, zwłaszcza te które, zawierają mangan i ołów. Budowa tych stopów po obróbce cieplnej jest zbliżona do budowy babitów, w których wydziela się podczas stygnięcia siatka iglastych kryształów, zawierających cynę i miedź i uniemożliwiających swobodne rozrastanie się sześciennych kryształów cyny z antymonem. Te ostatnie kryształy są twarde i przejmują obciążenie, jest zatem pożądane, aby były równomiernie rozdzielone w masie stopu. Podobnie powinien być rozdzielony we właściwie przygotowanych bronzach glinowych składnik delta na tle alfa. Ten rodzaj budowy, stanowiący o wielkiej odporności na zużycie, pozwala na użycie tych bronzów do wykonywania ślimaków, ślimacznicy i kół zapadkowych. Doskonałym przykładem odporności tego materiału są koła zapadkowe o średnicy 50 mm i 104 małych zębach, pracujące w połączeniu z hartowanymi zapadkami ze stali lanej/ twardość przy końcu 500 jednostek Vickersa/. Po 7500000 obrotach nie stwierdzono na kołach tych śladów zużycia.

Po należytem zapoznaniu się ze stosunkowo prostą obróbką cieplną tych stopów i z możliwością utrzymania różnych cennych właściwości mechanicznych zastosowanie bronzów glinowych ogromnie wzrosło. Istnieje dziś znaczna ich ilość o własnościach zmienianych przez dodawanie różnych składników. Porównyując te bronzy z innymi, posiadającymi również cenne właściwości, jak berylowe i krzemowe, można się przekonać, że przedstawiają one sobą cały zakres właściwości mechanicznych od małej wytrzymałości, połączonej z dużą ciągliwością do materiałów bardzo wytrzymałych lecz nieciągliwych.

Przeciętne właściwości mechaniczne normalnego bronzu glinowego są następujące: odlew piaskowy: granica płynności 17 kg/mm<sup>2</sup> wytrzymałość na rozervanie 47 kg/mm<sup>2</sup>, przydłużenie 20 %; odlew kokilowy: granica płynności 19 kg/mm<sup>2</sup>, wytrzymałość na rozervanie 55 kg/mm<sup>2</sup>, przydłużenie 34 %; pręt ciągniony na zimno: granica płynności 63 kg/mm<sup>2</sup>, wytrzymałość na rozervanie 71 kg/mm<sup>2</sup>, przydłużenie 12 %. Trzyprocentowy dodatek żelaza podnosi granicę płynności w bardzo niewielkim stopniu i zwiększa wytrzymałość o 6 do 8 kg/mm<sup>2</sup> nie wpływając prawie na przydłużenie. Przez dodanie 1 % manganu uzyskuje się powiększenie granicy płynności i wytrzymałości o 6 kg/mm<sup>2</sup> i zmniejszenie przydłużenia o 5 %, O wpływie niklu na zwiększenie wytrzymałości była już mowa uprzednio.

Blacha z bronzu glinowego, używana znacznie mniej aniżeli odlewy i pręty z tego samego materiału, stanowi cenny materiał dla wytwarzania części tłoczonych. Wysoka odporność na zmęczenie posiadana przez bronzy glinowe zostaje wyzyskana przy wykonywaniu płaskich sprężyn z tego materiału. Materiał ten może być otrzymywany w trzech rodzajach: miękki, twardy i sprężysty, i posiada następujące granice twardości:

	Skleroskop		Rockwell		Vickers pryzmat	djament
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Miękki	--	32	--	B85	--	185
Twardy	33	42	B87	B95	190	230
Sprężysty	44	--	B97	--	235	--

#### Odporność na korozję.

Bronz glinowy posiada bardzo wysoką odporność na korozję i zajmuje pod tym względem przedujące miejsce pośród metali nieżelaznych. Rozwiązuje on wiele trudności przy budowaniu urządzeń fabrycznych, przeznaczonych do stykania się z substancjami chemicznymi



w stanie stałym, płynnym i gazowym. Ogólnie biorąc, zastosowanie bronzu glinowego pociąga za sobą korzyści pochodzące z przedłużenia używalności i zmniejszenia możliwości uszkodzeń części wskutek ich większej odporności na działanie atmosfery. Przyczynia się do tego zawartość glinu, wywołująca powstawanie na powierzchni części warstwy tlenku. Zjawisko to występuje pod postacią zmiany złotożółtego koloru części na szarożółty, nie robiący bynajmniej ujemnego wrażenia. Zawartość siarki w atmosferze czerni powierzchnię części podczas gdy działanie soli kuchennej jest widoczne po występowaniu zielonych osadów. Mimo to powstawanie na powierzchni nierówności i produktów korozji jest bez porównania mniejsze aniżeli przy innych metalach nieżelaznych. Najlepszym today sposobem przekonania się o właściwościach bronzów glinowych jest zapoznanie się z wynikami badań laboratoryjnych, odzwierciadlających różne warunki pracy. Wyniki tych prac są zestawione na tabl. 1, zawierającej również dane dotyczące innych pospolitych metali. Próba na natryskiwanie solą polegała na zwilżaniu części 20-procentowym roztworem soli, rozpryskiwanym przy pomocy strumienia wilgotnego powietrza, wypływającego pod ciśnieniem 5 kg/cm<sup>2</sup>, przy temperaturze pokojowej. W odstępach jednodniowych próbki były zmywane pod bieżącą wodą i suszone miękką szmatką. Próba na wilgotność polegała na wywołaniu kondensowania się pary wodnej na powierzchni części, które były w tym celu umieszczone w specjalnem pomieszczeniu, zawierającym tace z wodą, o temperaturze 50 do 60° w ciągu dnia, spadającej na noc do wielkości normalnej. Próbe na działanie atmosfery stanowiło ułożenie próbek obok siebie pod przykrywą drewnianą o kształcie " v " w sąsiedztwie prowincjonalnej fabryki o niewielkiem zanieczyszczeniu powietrza. Wystawienie na działanie produktów spalania / dwutlenek siarki i siarkowódór / odbywało się przez zawieszenie próbek w dużej komorze / 120 x 60 x 180 cm / w której zwolna paliła się niewielka ilość rozdrobnionego ebonitu. Próba w zamkniętem pomieszczeniu miała miejsce w zwykłym biurze w taki sposób aby uniknąć uszkodzenia części przez przenoszenie i kontakt mechaniczny.

Zebrane dane dowodzą wyższości bronzów glinowych w porównaniu do mosiądzów jak również doskonałości właściwości w porównaniu do stopów z niklem. Bronzy te nie pokrywają się tak szybko nalotem jak srebra niklowe i jakkolwiek produkty korozji wydzielają się przy ich wystawieniu na wpływ soli wyraźniej ze względu na ich jaśniejsze zabarwienie to z punktu widzenia głębokości zaatakowania odporność na korozję jest w obu wypadkach jednakowa. Większa zawartość miedzi jest przyczyną szybszego ciemnienia bronzów, wystawionych na działanie siarki.

Przy rozważaniu odporności na szybciej działające odczynniki chemiczne należy pamiętać, że brony glinowe cierpią na zetknięciu z kwasami mineralnymi i ich solami, nie wyklucza to jednak ich zastosowania w podobnych wypadkach, ponieważ inne metale mogą się jeszcze mniej nadawać do tego celu lub mieć gorsze właściwości mechaniczne. Bronzy glinowe powinny być brane pod uwagę przy budowaniu urządzeń do galwanizacji, do czyszczenia chemicznego i podobnych, zwłaszcza jeśli chodzi mniej o odporność na bezpośredni atak a raczej o wytrzymanie działania atmosfery, przesyconej oparami. Opary kwasu solnego nie są dla bronzów glinowych szkodliwsze, aniżeli dla innych metali z tablicy 1; opary kwasu azotowego działają słabiej jedynie na stopy niklu z miedzią o dużej zawartości niklu. Opary amoniaku wywierają znacznie mniejszy wpływ na brony glinowe aniżeli na mosiądze i nieco mniejszy aniżeli na stopy z niklem; odporniejsze od tych bronzów są jedynie stopy miedzi z dużą zawartością niklu. Te zasady mają charakter ogólny, decydujące zaś będą warunki otrzymane w praktyce.



Tablica 1

Odporność na korozję bronzów glinowych w porównaniu do innych metalów nieżelaznych.

Rodzaj próby	A	B	C	D
	10-procentowy bronz glinowy	Bronz glinowy z 1,5% ołowiu	Mosiądz /60/40/	Tombak /85% Cu, 15% Zn
Natryskiwanie solą/ jeden okres miesięczny/	Natychmiastowe stopniowe zaatakowanie z występowaniem niebieskiego szlamu związków miedzi. Bardzo silne zabarwienie po upływie dwóch dni. Zaatakowanie nieznaczne, nawet po upływie 1 miesiąca.	Jak pod A	Jak pod A jednak zaatakowanie intensywniejsze i silniejsze nagryzienie powierzchni po upływie 1 miesiąca.	Jak pod C
Próba na wilgotność/ jeden okres miesięczny/	Bardzo nieznaczna zmiana na powierzchni/ zmatowienie/	Cokolwiek silniej za- znaczone niż pod A.	Matowa w nie- regularne ciemne plamy	Jak pod C
Wpływ atmosfery zewnętrznej/ okres trzymiesięcz.	Stopniowe występowanie na lotu, przechodzącego w czarno szary	Jak pod A	Zielonkawa z czarnymi osadami	Jak pod C
Atmosfera zawierająca siarkę.	Warstwa brunatno-czarna, stopniowo powstająca.	Jak pod A	Znacznie szybsze zczernienie, niż pod A	Jak pod C
Próba w zamkniętym pomieszczeniu.	Nienaruszona	Nienaruszona	Matowa w nie- regularne plamy	Jak pod C
Rodzaj próby	E	F	G	H
	18-procentowe srebro niklowe	14-procentowe srebro niklowe	15 % niklu z miedzią	45 % niklu z miedzią
Natryskiwanie solą/ jeden okres miesięczny/	Natychmiastowe stopniowe zaatakowanie z występowaniem zielonego szlamu.	Zaatakowanie jakby nieco silniejsze, niż pod E.	Niebieskie zabarwienie produktów korozji robi gorsze wrażenie, niż pod E, jednak stopień zaatakowania wyrażający się w nagryzieniu i roztworzeniu powierzchni mniejszy.	Odporność jakby większa, niż pod G.
Zaatakowanie nieznaczne po upływie jednego miesiąca.				
Próba na wilgotność/ jeden okres miesięczny/	Delikatny lecz wyraźny żółty nalot.	Zmiana zabarwienia na brunatno-żółte.	Lekkie zmatowienie bez wyraźnego nalotu	Lekkie zmatowienie.
Wpływ atmosfery zewnętrznej/ okres trzymiesięcz.	Dość gruba, luźno przylegająca żółto-brunatna warstwa.	Silniej za- znaczone, niż pod E.	Czarne, nieregularne plamy.	Odporniejszy niż G, powstanie nieznacz- nego odbarw.



E

F

G

H

Atmosfera za- wierająca ciarkę.	Nabranie bru- natnego za- barwienia, wy- rażniejszego pod E niż pod A.	Brunatno-czar- ny nalot wyra- źniejszy niż bny do F.	Lekki bru- natny na- lot.
---------------------------------------	--	---	---------------------------------

Próba w zamk- niętem pomie- szczeniu .	Wyraźne lecz delikatne żół- tawe zabarwie- nie.	Żółte ślady Lekkie zma- towienie.	Nienaruszo- na.
--	--	---	--------------------

Opisane właściwości bronzów glinowych uzasadniają wyjątkowe ko-  
rzyści, które mogą być osiągnięte przez stosowanie ich do konstrukcji  
lotniczych i zastąpienie nimi innych materiałów, posiadających nie-  
dostateczną odporność na zmęczenie lub nieodpowiednie właściwości  
wytrzymałościowe. Jest to materiał, otrzymujący swe wybitne właściwoś-  
ci drogą prostej obróbki cieplnej nie zaś przez przeróbkę mechanicz-  
ną na zimno, wprowadzającą do materiału naprężenia wewnętrzne.

---oooOooo---

#### O ZUŻYWIANIU SIĘ TULEI CYLINDRÓW SILNIKÓW SPALINOWYCH

Wyjątek pracy p.t.: Some Notes and Observations on Petrol and Diesel  
Engines.

H.R. Ricardo

The Journal of the Royal Aeronautical Society, June 1933.

Zagadnieniem, sprawiającem dziś dużo kłopotów, jest sprawa  
zużywania się tulei cylindrów, na które nie znaleziono dotychczas  
żadnego lekarstwa. Z pewnem zużyciem należy się zawsze liczyć, autor  
nie może jednak uwierzyć, aby nie było sposobu na zmniejszenie znacz-  
nego stosunkowo zużycia, które się dziś z konieczności toleruje.  
Przed zastosowaniem środków zaradczych konieczne jest znalezienie  
bardziej prawdopodobnej przyczyny zła, niż te, które są dziś poda-  
wane. Od paru lat autor zajmował się zbieraniem materiałów statys-  
tycznych i ubocznych obserwacyj, wiążących się z tem zagadnieniem.

Na podstawie danych, zebranych w wyniku obserwacji wolnobież-  
nych silników okrętowych i stałych, szybkobieżnych silników benzy-  
nowych i na olej, silników samochodowych oraz różnych próbnych sil-  
ników laboratoryjnych da się zformułować, co następuje:

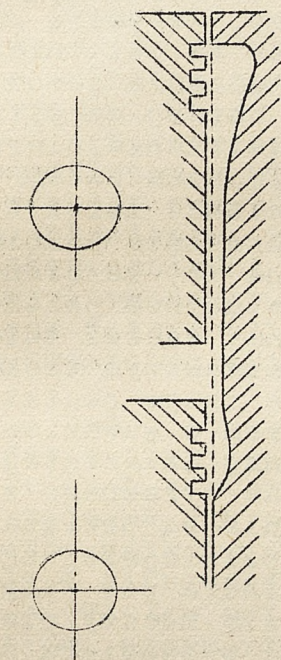
1/. Średnia szybkość zużywania się tulei w miejscu, leżącym  
naprzeciw górnego pierścienia w chwili, gdy ten zajmie najwyższe  
położenie w cylindrze, wynosi około 0,08 do 0,1 mm na tysiąc godzin  
pracy dla silników benzynowych i w przybliżeniu 75 % więcej dla sil-  
ników wysokoprężnych • wtrysku bezpowietrznym. Większość danych po-  
daje co prawda niższe wartości, należy jednak wątpić, czy pomiar jest  
zawsze dokonywany na dostatecznie wąskiej części powierzchni i wy-  
kazuje rzeczywiste maksimum, a ponadto istnieje skłonność do kładze-  
nia większego nacisku na przykłady zużycia mniejszego, niż średnie.

3/. Szybkość zużywania się jest w dużym stopniu niezależna od  
ilości obrotów silnika; wbrew ogólnie przyjętemu mniemaniu autorowi  
nie udało się zebrać danych, któreby wykazały różnice w zużywaniu się



tulei dwóch silników, z którychby jeden pracował przy 3000; drugi zaś przy 80 obr/min, pod warunkiem naturalnie występowania w obu wypadkach jednakowych ciśnień i paliw.

3/. Występowanie i charakter zużycia wydają się być we wszystkich wypadkach jednakowe i odpowiadają w przybliżeniu rysunkowi 1. Profil zużytej powierzchni ma postać wgłębienia, położonego w miejscu, do którego dochodzi górny pierścień tłokowy, i przechodzącego według stożka z początku bardziej, następnie zaś mniej zbieżnego w część walcową, rozpoczynającą się mniej więcej w połowie skoku, gdzie zużycie jest najmniejsze, ciągnącą do końca drogi tłoka i kończącą się zazwyczaj małym rozszerzeniem. Poniżej części, objętej drogą tłoka, zużycia można nie brać pod uwagę.



Rys. 1

4/. Autorowi nie udało się stwierdzić, aby materiał tłoka miał jakikolwiek wpływ na szybkość zużywania się cylindra i ustalić pierwszeństwo pod tym względem dla któregośkolwiek ze stosowanych materiałów jak glin lub żeliwo pod warunkiem, że pierścienie będą w każdym wypadku w równie dobrym stanie i jednakowo dopasowane.

5/. W wypadku silników na ciężkie paliwo rodzaj użytego paliwa ma wielkie znaczenie dla szybkości zużywania się tulei.

6/. Wyjawszy wypadki nienormalne autor nie widzi, aby szybkość zużywania się tulei zależała od celu, do którego silnik jest zastosowany.

7/. W silnikach z rozrządem suwakowym zużywanie się ma całkiem inny charakter i wynosi niewiele ponad jedną dziesiątą zużycia tulei nieruchomych.

8/. Zużycie tulei jest w bardzo szerokich granicach niezależne od zużycia paliwa.

9/. Autor nie posiada niestety danych, dotyczących zużycia tulei w zależności od intensywności obciążenia silnika. Otrzymanie takich danych jest bardzo trudne wówczas kiedy się ma do czynienia z masową obserwacją i jest się zdany na silniki obciążane według wymagań związanych z ich przeznaczeniem.

Zazwyczaj przyjmuje się, że zużywanie się tulei jest spowodowane przez mechaniczne ścieranie materiału. Założenie to zostanie narazie przyjęte celem przekonania się, czy pozwoli ono na wytłumaczenie wyżej podanych punktów, a pozatem zostanie podany przebieg zjawisk zachodzących w cylindrze podczas poruszania się w nim tłoka.

Jest rzeczą przyjętą, że tarcie części, pozostającej w ruchu posuwistym zwrotnym zmienia się od płynnego występującego wówczas, gdy część posiada największą szybkość, do półpłynnego lub półsuchego, spowodowanego przez zwolnienie i zatrzymanie się tłoka w bliskości punktów zwrotnych. W tych warunkach pierścienie tłokowe będą spoczywały przez większą część skoku na warstwie smaru stosunkowo znacznej grubości dopóty, dopóki warstwa ta nie zostanie wyciśnięta w chwili zbliżenia się tłoka do punktu zwrotnego, a pierścień i tuleja będą od siebie przedzielone warstwą o grubości, nieznacznie przekraczającej wymiar cząsteczki. Teoria ścierania wskazuje na to, że zużywanie musi być najsilniejsze przy końcach drogi tłoka. Z dru-



giej strony badania zmian ciśnienia występującego pod pierścieniami tłokowymi wykazały, że jeśli chodzi o pierścienie górne, to zmiany te odpowiadają prawie zupełnie zmianom zachodzącym w przestrzeni dawkowej. Zostało to wykazane przez Turnera, który zdejmo-  
wał za pomocą indykatora wykresy ciśnienia, występującego za pierścieniami nieruchomego tłoka, połączonego z przestrzenią dawkową dużego silnika Diesla, i to samo potwierdziły badania autora nad ciśnieniem, panującym pod nieruchomymi pierścieniami uszczelniającymi silnika o rozrządzie suwakowym. Ponadto stwierdzono, że jeśli gazy nie mają swobodnego dostępu za pierścienie, wówczas te ostatnie nie będą przyciskane do ścianek tulei i pozwolą na uchodzenie gazów. Oznacza to, że jeśli boczny luz pierścieni będzie bardzo mały, lub jeśli przestrzeń pod nimi będzie posiadała odpowietrzenie, pierścienie zostaną wgnieciony do wewnątrz i może się złamać. Można zatem wymagać, aby ciśnienie przyciskające pierścień do ścianki tulei było tylko nieznacznie mniejsze i powstawało tylko nieznacznie później, niż ciśnienie w przestrzeni dawkowej. Ze względu na to, że ciśnienie to jest największe w górnym, najmniejsze zaś w dolnym położeniu tłoka, powstawanie największego zużycia w górnej części tulei jest zupełnie zrozumiałe. W silniku o rozrządzie suwakowym tłok i suwak znajdują się w ciągłym ruchu względem siebie czego skutkiem jest stałe utrzymanie warstwy smaru między cylindrem a suwakiem i nie tylko zmniejszenie zużycia się suwaka do jednej dziesiątej tego, co występuje przy nieruchomej tulei, ale i brak wyraźnego zlokalizowania tego zużycia. Wszystkie te spostrzeżenia są powiązane między sobą w bardzo logiczny sposób i są w najzupełniejszej zgodzie z teorią, tłumaczącą zużywanie się tulei cylindra pod wpływem zanieczyszczeń i obcych cząstek, przedostających się między pierścieniem a cylinder. Sam korpus tłoka nie może brać w zjawisku ścierania żadnego udziału, porusza się bowiem z dużym luzem i ma zupełną swobodę ustawiania. W związku z tem tłok jest stale oddzielony od tulei warstwą smaru i nie zużywa się wcale lub w bardzo niewielkim stopniu, podobnie jak tuleja nie wykazuje przewagi zużycia w miejscach, poddanych największemu naciskowi bocznemu ze strony tłoka. Zdaniem autora, teoria o zużywaniu się tulei wskutek ścierania mechanicznego zawodzi, pod następującymi względami.

1/. Gdyby zużywanie się było wywoływane jedynie ścieraniem wówczas stopień ścierania się tulei i pierścieni, wyrażony w stracie tych części na wadze, byłby dla ich obu taki sam pod warunkiem, co zresztą jest zazwyczaj przyjęte, że byłyby one wykonane z tego samego materiału. W rzeczywistości tuleja traci znacznie więcej aniżeli pierścienie. Tożatem trzeba sobie jeszcze zdać sprawę, że zużywanie się pierścienia zachodzi w głównej części na powierzchniach płaskich a nie na średnicy. Zużycie to ma oczywiście przyczyny czysto mechaniczne i jest spowodowane tarciem powierzchni pierścienia o tłok, występującem wówczas, kiedy osł tłoka waha się podczas pracy w stosunku do osi cylindra, i kiedy pierścienie sprężają i rozprężają się wskutek niejednakowej na całej długości średnicy cylindra. Po wzięciu pod uwagę zużycia występującego po bokach pierścieni, różnica między stopniem zużywania się współpracujących powierzchni pierścieni i tulei wystąpi jeszcze wyraźniej.

2/. W wypadku stosowania na tuleje cylindrów materiałów znanych ze swej wyjątkowej odporności na ścieranie, jak cementowana lub azotowana stal, stopień zużycia się tulei okazuje się zazwyczaj znacznie większy, aniżeli stopień zużycia tulei żeliwnej.

3/. Szybkość zużywania się jest dla tulei znacznie większa aniżeli dla jakiegokolwiek innej części, pracującej w tych samych warunkach obciążenia. Można by to co prawda wytłumaczyć tem, że większość cząsteczek ścierających jest doprowadzana z powietrzem, nie



jest to jednak tłumaczenie właściwe jeśli się zważy, że tuleje maszyn okrętowych zużywają się również bardzo szybko mimo, że maszyny te pracują w atmosferze niemal zupełnie czystej.

4/. Tuleje silników pracujących na paliwie ciężkim zużywają się w stopniu, zależnym od jakości paliwa i to tem prędzej im wyższa jest temperatura zapłonu tego paliwa, co wykazał Boerlage.

Powyższe rozważania rzucają podejrzenie, że wysunięta teoria o przyczynie zużywania się tulei nie odpowiada prawdzie i ścieranie nie może być nawet uznane za główny czynnik, będący przyczyną tego zjawiska. Mniej więcej przed rokiem, częściowo pod wpływem ubocznych spostrzeżeń, autor wysunął przypuszczenie, że zużycie to jest spowodowane w przeważającej części korozją, zachodzącą pod wpływem produktów częściowego spalania. Każdy wie, że po nagłym zetknięciu się płomienia, powstającego przy spalaniu ciekłego paliwa, ze stosunkowo chłodną ścianką, proces spalania zostaje częściowo zahamowany i produkty niezupełnego spalania, niektóre z nich o właściwościach silnie utleniających, osiadają na ściankach i wywierają swoją chemiczną aktywność na materiale tych ścianek.

Autor podaje następującą kolejność zjawisk, zachodzących w cylindrze silnika. W miarę zbliżania się tłoka ku górnemu punktowi zwrotnemu ochronna warstewka smaru pomiędzy cylindrem a pierścieniami zaczyna się przerywać, czemu towarzyszy wzrost ciśnienia pod pierścieniami. W górnym zwrotnym punkcie tłok się na chwilę zatrzymuje a ciśnienie pod pierścieniem gwałtownie wzrasta, wskutek czego niewielka pozostała ilość smaru zostaje z pod niego wyciśnięta, a ilość smaru zredukowana do grubości molekuly. Powierzchnie tulei można uważać w tym momencie za suchą. Jednocześnie z opuszczaniem się tłoka ciśnienie pod pierścieniem nadal wzrasta i przechodzi jeszcze pewien okres czasu zanim szybkość tłoka i ciśnienie to pozwolą na utworzenie między pierścieniem a tuleją warstwy smaru. Schodzący tłok pozostawia za sobą prawie suchą powierzchnię tulei, pozbawionej wskutek tego ochrony przeciw atakowi ze strony produktów częściowego spalania. Za następnym suwem zjawiska te się powtarzają.

Dla poparcia tego przypuszczenia autor przytacza parę spostrzeżeń.

1/. Przed paroma laty odleciał podczas próby cylinder próbnego silnika benzynowego. Mimo że silnik był przedtem w ruchu 30 sekund, w cylindrze tym był widoczny na poziomie, osiąganym przez górny pierścień w górnym zwrotnym położeniu, pas rdzy. Pozostała część powierzchni tulei pod i nad pasem pozostała czysta. Sposobność dokonania takiego spostrzeżenia jest nader rzadka ponieważ normalnie nie jest możliwe nagłe zatrzymanie silnika w biegu, a zawsze następuje przedtem szereg obrotów bez spalania, wystarczających dla usunięcia wszelkich śladów tego rodzaju.

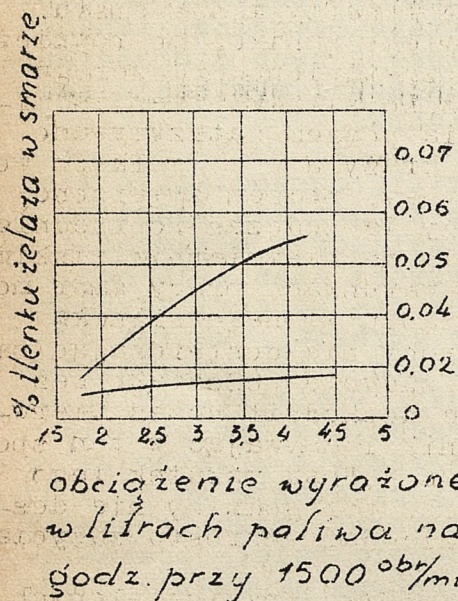
2/. Doświadczenie pokazało, że tuleje sprężarek, dostarczających powietrza w Dieslach o wtrysku powietrznym, zużywają się w znacznie mniejszym stopniu aniżeli tuleje samych silników mimo, że warunki pracy cylindrów sprężarek są znacznie cięższe jeśli chodzi o występujące naciski.

3/. W silnikach benzynowych spalanie bywa zazwyczaj zupełne a produkty niezupełnego spalania wytwarzają się jedynie wówczas gdy płomień uderza o zimne ścianki. W silnikach typu Diesla spalanie nie bywa naogół tak dokładne a produkty przejściowe występują znacznie częściej. Boerlage i inni wykazali, że zużycie cylindra zależy w dużej mierze od właściwości paliwa, przyczem Boerlage poszedł



jeszcze dalej dowodząc, że na zjawisko to wpływa temperatura zapłonu paliwa, sprawiająca, że spalanie się opóźnia i staje się niezupełne.

Autor dokonał ostatnio szeregu prób, uzupełniających próby, przeprowadzone przez Boerlage'a. Zamiast zmieniać paliwo obrano drogę zmieniania głowicy. Pierwsza serja prób była dokonana przy użyciu głowicy, posiadającej komorę spalania zaprojektowaną w ten sposób, aby spalanie miało możliwie pomyślny przebieg i aby płomień nie napotykał chłodnej powierzchni, powodującej wytwarzanie produktów niezupełnego spalania. W następnej serji prób znalazła zastosowanie głowica, będąca co prawda w powszechnym użyciu, dająca jednak wskutek złe ukształtowanej przestrzeni dawkowej bardzo nieczysty wydech i niekompletne spalanie. Próby były prowadzone w okresach dziesięciogodzinnych przy różnych obciążeniach, a po każdym takim okresie zbierano smar z silnika i określano w nim zawartość żelaza, Rys. 2 podaje wyniki tych prób i pozwala na stwierdzenie, że ilość tlenków żelaza wykrytych w smarze silnika, posiadającego głowicę, która dodatkowo wpływała na przebieg spalania, jest drobnym ułamkiem ilości, stwierdzonej w drugim wypadku. Co więcej, ilość ta pozostawała w pierwszym wypadku niezmienną przy zmianach obciążenia, podczas gdy w drugim rosła w miarę, jak przy wzrastającym obciążeniu płomień sięgał dalej i silniej uderzał o ścianki. Pewna ilość żelaza wykrytego w smarze była zapewne zassana z powietrzem, część jego również musiała pochodzić z innych części silnika, wpływy te jednak istniały w równym stopniu w obu wypadkach i nie powinny wpływać na powyższe porównanie.



Rys. 2.

Autor nie twierdzi, aby jego teoria o korozji wyjaśniała całkowicie przyczynę zużywania się cylindrów, aby dojść do pewniejszych wniosków należy jeszcze przekonać się o wielu rzeczach. Można przypuszczać, aczkolwiek brak jeszcze pod tym względem pewnych danych, że cylindry silników lotniczych zwłaszcza chłodzonych powietrzem, są znacznie odporniejsze na zużycie, i że spadek temperatury tulei przyczyniłby się do pogorszenia warunków pracy. Jeśli się udało dowiedzieć, że korozja jest odpowiedzialna za zużywanie się cylindrów, wówczas należałoby pomyśleć nad chemicznymi środkami zapobieżenia temu zjawisku. Do zmniejszenia się zużycia przyczyniłoby się również wprowadzenie sposobu, któryby zapobiegał przerywaniu się warstwy smaru pod pierścieniami, co się daje osiągnąć przy silnikach o rozrządzie suwakowym. Stwierdzono, że pewne gatunki żeliwa zużywają się w mniejszym stopniu, jak na przykład zawierające znacznie większe ilości chromu i fosforu; być może, że są one odporniejsze na korozję.

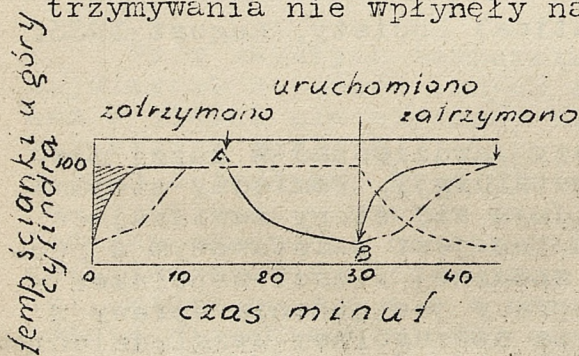
W dyskusji nad powyższym referatem zabrał między innymi głos W.N. Duff i wypowiedział następujące ciekawe uwagi, popierające teorię, wygłoszoną przez Ricardo.



Research Department of the Institution of Automobile Engineers p przeprowadził badania nad zużywaniem się tulej silników samochodowych. Aczkolwiek badania te są tajne, to Stowarzyszenie postanowiło w związku z odczytem Ricardo ogłosić część otrzymanych wyników.

Badano silniki benzynowe, pracujące przy różnych warunkach w laboratorium w Chiswick i stwierdzono, że przy ustalonych warunkach pracy stopień zużycia się tulej był niezmiernie niski i wynosił mniej niż pół tego, czego się można było spodziewać na podstawie informacji, otrzymanych od wytwórców. Dało to podstawę do wniosku, że warunki próby nie odpowiadały normalnej służbie silnika. Na podstawie otrzymanych danych, twierdzących, że zużycie jest spowodowane rozcieńczeniem smaru przez paliwo, że zachodzi ono przy startowaniu i bywa również konsekwencją zbyt ubożego smarowania, przeprowadzono dalsze próby. Próby te nie wykazały wzrostu zużycia przy smarowaniu silnika mieszaniną, złożoną z 95 % nafty i 5 % smaru. Zmniejszono zużycie smaru do prawie całkowitego zaniku, co również nie wpłynęło na zużycie. W dalszym ciągu przystąpiono do szeregu prób rozruchu i zatrzymywania silnika. Pędzono silnik przez 15 minut przy trzech czwartych pełnego obciążenia poczem zatrzymywano go na 15 minut, podczas których woda nadal krążyła w koszulkach wodnych silnika. Próby te powtórzone szereg razy, poczem zmierzono zużycie. Było ono co prawda większe, niż zużycie podczas poprzednich prób, w dalszym ciągu jednak utrzymywało się na niezmiernie niskim poziomie. W przypuszczeniu że w normalnych warunkach pracy smar może nie dochodzić do cylindrów przy zapuszczaniu zimnego silnika przez pierwsze 5 do 10 minut, powtórzone próby nie dostarczając smaru przez pierwsze 5 minut. Stwierdzono, że zużycie pozostało bez zmiany. To samo było wówczas kiedy smar nie dochodził przez pierwsze 10 minut. Powtórzone próby dławiąc gaźnik i zmywając w ten sposób smar ze ścianek cylindrów, nie powodując jednak wskutek tego wzrostu zużycia. Wreszcie pędzono silnik przez pół godziny nie dostarczając smaru przez 25 minut, lecz i to nie dało wzrostu zużycia.

Dalszy ciąg prób polegał na pędzeniu silnika przy ustalonych warunkach pracy i chłodzeniu go bardzo zimną wodą. Wywołało to natychmiastowy skutek pod postacią znacznego wzrostu zużycia tulej; wówczas wyrażono zdziwienie, że poprzednie próby zapuszczania i zatrzymywania nie wpłynęły na wzrost zużycia.



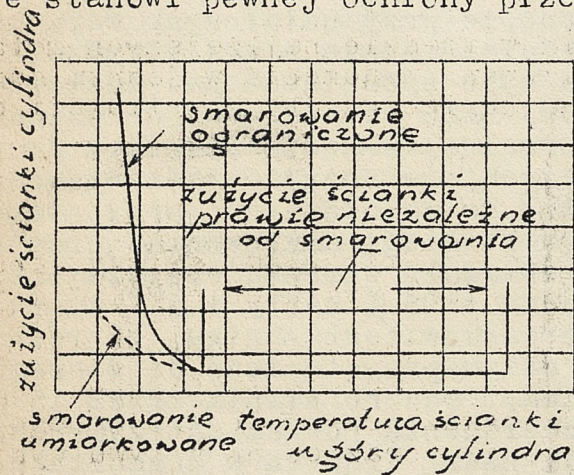
Rys. 3.

Wyznaczono zależność temperatury ścianek cylindra od czasu zapomocą termopary, umieszczonej możliwie blisko wnętrza cylindra. Wyniki badań przedstawia rys. 3. Jak widać temperatura osiągała stałą wielkość 120° po około 2 1/2 minutach. Przy A następowało zatrzymanie silnika i chłodzenie go, przy B miało miejsce dalsze uruchomienie. Linja przerywana dotyczy 30-minutowego okresu pracy podczas którego smar nie był puszczany przez 25 minut. Krzywe te wskazują,

że aczkolwiek zmieniały się takie rzeczy, jak smarowanie, dławienie mieszanki i inne, to jedna pozostawała bez zmiany, a mianowicie mała powierzchnia zacięniowana, odpowiadająca okresowi czasu podczas którego silnik pracował poniżej temperatury normalnej. Druga rzecz, która się nie zmieniała, było to zużycie, nasunęło się zatem przypuszczenie, że zwiększenie tej powierzchni mogłoby wpłynąć na wzrost zużycia tulej. W tym celu przeprowadzono następną serję prób, pędząc silnik bez obciążenia przez pierwsze pięć minut, przy trzech czwartych pełnego obciążenia przez następne 10 minut i odpoczywając przez 15 minut; otrzymano nową krzywą według linii kreska-kropka i zuży-



cie tulej ośmiokrotnie większe od zużycia, stwierdzonego podczas poprzedniej próby. Próba ta oraz oględziny nagryzionej powierzchni pierścieni i wykrycie w smarze pewnej ilości wilgoci doprowadziły do sformułowania hipotezy, że szybkość zużywania się tulej zależy od temperatury cylindra i że główną przyczyną tego zużywania się jest korozja. Jest ciekawe, że warstewka smaru niezależnie od grubości nie stanowi pewnej ochrony przed korozją.



Rys. 4

rażnie przy  $90^{\circ}$ , co odpowiada temperaturze skraplania się produktów spalania. Na litr spalowej benzyny powstaje mniej więcej tyleż wody, co odpowiada temperaturze skraplania  $90^{\circ}$  przy jednym końcu suwu i  $50^{\circ}$  przy drugim. Omawiana krzywa odpowiada bardzo ubogiemu smarowaniu; przy obfitszym smarowaniu uzyskano lepszy przebieg według linii kreskowanej. Korozja może być zatem złagodzona przez lepsze smarowanie.

Wyniki dalszych prób przeprowadzonych na czterech typach silników nie mogły być jeszcze ogłoszone wskutek braku odpowiedniego upoważnienia, poza tem jednym spostrzeżeniem, że zależność zużycia tulej od temperatury ścianek miała przebieg według rys. 4. Jak widać, zużycie to nie zmieniało się przy temperaturach od  $300$  do  $100^{\circ}$  i było niezależne od ilości doprowadzanego smaru. Poniżej  $100^{\circ}$  zużycie zaczyna gwałtownie wzrastać tak, że dla  $50^{\circ}$  jest ono ośmiokrotnie większe aniżeli zużycie przy  $100^{\circ}$ ; interesującym jest spostrzeżenie, że załamanie się krzywej występuje wy-

---oooOooo---

#### ZASTOSOWANIE DURALU W KONSTRUKCJACH LOTNICZYCH.

Duralumin Applied to Aircraft Construction.

W.H.Lewis.

The Journal of the Royal Aeronautical Society, August 1933.

#### Wstęp.

Postępy dokonane w lotnictwie należy zawdzięczać w dużej mierze intensywnym badaniom w dziedzinie metalurgji. Pomiedzy stopami, wprowadzonymi w wyniku tych badań, znajdują się stopy zawierające glin, jednym z których jest dural. Stop ten jest podstawowym z pośród materiałów, służących do wykonania znacznej ilości współczesnych samolotów. Przedmiotem niniejszej pracy jest zdanie sprawy z dzisiejszego stanu wiadomości o duralu ze szczególnem uwzględnieniem konstrukcyj lotniczych.

#### Dane, dotyczące glinu.

Glin jest najpospolitszym z metali, występujących w skorupie ziemskiej, niema go tam jednak w stanie czystym. otrzymanie glinu chemicznie czystego jest niezmiernie trudne. Handlowo czysty glin jest otrzymywany drogą elektrolitycznej redukcji bauksytu będącego tlenkiem glinu. Podczas procesu redukcyjnego zostają również zredukowane pewne ilości żelaza i krzemu, które były obecne w materiale surowym. W związku z tem większość stopów glinu zawiera pewne ilości krzemu i żelaza jako pozostałości po redukcji.



Czysty glin nie jest bardzo wytrzymały co umożliwia jego stosowanie jedynie w dziedzinach gdzie wysoka wytrzymałość nie jest konieczna, na przykład w elektrotechnice. Po odlaniu wytrzymałość glinu na rozerwanie wynosi  $10 \text{ kg/mm}^2$ , granica płynności zaś  $4 \text{ kg/mm}^2$ . Przeróbka na zimno może zwiększyć wytrzymałość glinu do  $20 \text{ kg/mm}^2$  przy przydłużeniu 30 %.

Ciężar właściwy 2,68 stawia glin w rzędzie najlżejszych metali, oddawna zatem należało oczekiwać usiłowań połączenia w jednym materiale lekkości glinu z wytrzymałością, konieczną dla konstrukcji maszyn.

### Skład duralu.

Tablica 1 podaje skład duralu wraz z wartościami wytrzymałości na rozerwanie, naprężenia powodującego stałe wydłużenie 0,1 % i przydłużenia.

Liczby dotyczące składu duralu podają jedynie ilość poszczególnych składników. Nie dają one żadnych wskazówek co do wzajemnego stosunku poszczególnych składników do siebie, oraz co do wpływu występujących połączeń na własności mechaniczne. Mimo jednakowego składu materiału prętowego, blachy i rur, cyfry, dotyczące wytrzymałości, naprężenia 0,1-procentowego i przydłużenia różnią się dość znacznie między sobą. Różnice te są spowodowane zmianami wewnętrznej budowy i są między innymi zależne od temperatury, czasu i utwardzenia przez zgniot.

Tablica 1.

#### Składniki w %

#### Dane wytrzymałościowe.

Miedź	3,5 - 4,5			Pręt	Blacha	Rura	
Mangan	0,4 - 0,7						
Magnez	0,4 - 0,7						
Żelazo	0,4 max	0,75 max	Wytrzymałość	32-40	40 min	41 min	
Krzem	0,5 max		kg/ mm <sup>2</sup>				
Cynk	zanieczyszczenia		Napreżenie 0,1%	16-24	24 min	28 min	
Glin			kg/ mm <sup>2</sup>			8 do 1,6 mm	
	pozostałość		Przydłużenie %	15 min	15 min	12,5 od 1,6 mm	

Przy zwykłych temperaturach miedź, której ilość w duralu jest największa z pośród innych składników, wchodzi w roztwór stały z glinem w ilości nie większej niż 0,3 % podczas gdy przy 500° ilość ta wzrasta do około 6 %. Przy temperaturze około 550° miedź tworzy z glinem eutektykę. Przy wysokich temperaturach miedź wstępuje z glinem w związek o wzorze  $\text{CuAl}_2$ , wchodzący również do roztworu stałego. Podczas przeróbki mechanicznej lub obróbki cieplnej stopniowemu spadkowi temperatury towarzyszy wydzielanie się z roztworu nadmiaru miedzi, która osadza się w obrębie kryształów roztworu stałego lub wypełnia przestrzeń między nimi pod postacią  $\text{CuAl}_2$ . Budowa ta jest zależna oczywiście od temperatury i szybkości chłodzenia.

Magnez wchodzi w połączenie z krzemem, występującym w charakterze zanieczyszczenia, tworząc krzemian magnezu o wzorze  $\text{Mg}_2\text{Si}$ . Związek ten zachowuje się w podobny sposób jak miedź i wchodzi w roztwór stały z glinem, dając eutektykę położoną przy 580°.

Żelazo i krzem występują jako zanieczyszczenia i nie powinny przekraczać pewnych maksymów. Żelazo wywiera ujemny wpływ na stop, mający podlegać obróbce cieplnej, co do krzemu zaś istnieje przekonanie, że ma on zasadnicze znaczenie dla skutecznego samoulepszenia się duralu.



Badanie odlanego duralu wykazuje, że stop ten składa się z dużych kryształów roztworu stałego z przestrzeniami międzykrystalicznymi wypełnionymi przez eutektykę, zawierającą  $\text{CuAl}_2$  i  $\text{Mg}_2\text{Si}$ . Budowa taka stanowi wyjaśnienie dlaczego stop znajdujący się w tym stanie, posiada gorsze cechy wytrzymałościowe. Po przekuciu budowa wewnętrzna zostaje zmieniona, czemu towarzyszy jak widać z tablicy I poprawa wytrzymałości. Z poprawą tą łączy się spadek ciągliwości. W ten sposób odpowiednie wartości wytrzymałości i przydłużenia stanowią miarę zmiany wewnętrznej budowy stopu. Jak widać z tablicy rurom o mniejszych grubościach ścianek odpowiadają niższe przydłużenia. Walcowanie i przeciąganie duralu w specjalne profile i rury w dalszym stopniu przyczynia się do powstania drobniejszej budowy.

### Obróbka cieplna.

Aczkolwiek utwardzenie przez zgmiot przyczynia się do poprawienia właściwości mechanicznych, znacznie skuteczniej działa pod tym względem obróbka cieplna. Dane wytrzymałościowe umieszczone w tablicy I dotyczą stopu całkowicie obróbnego cieplnie. Istnieją dwa sposoby ulepszenia tego materiału. Pierwszym z nich jest hartowanie, polegające na ogrzaniu stopu do pewnej z góry określonej temperatury i szybkim ostudzeniu go. Po dokonaniu tego stop osiąga największą wytrzymałość. Drugi sposób jest to wyżarzanie, to znaczy ogrzanie do innej temperatury określonej z góry i powolne oraz jednostajne ostudzenie. Po tym zabiegu materiał staje się miękki poza pewnym utwardzeniem, pozostałym w wyniku przeróbki.

### Hartowanie czyli całkowita obróbka cieplna.

Stop zostaje ogrzany do  $485^\circ$  a następnie ostudzony w wodzie lub oleju. Przestrzeganie tej temperatury staje się konieczne jeśli się zamierza osiągnąć całkowite korzyści, jakie może dać hartowanie. Przy tej temperaturze miedź, jej związki  $\text{CuAl}_2$  i związki magnezu  $\text{Mg}_2\text{Si}$  pozostają w roztworze stałym z glinem. Szybkie studzenie ma za zadanie zachowanie tej budowy w zwykłych temperaturach. Osiągnięcie tego warunku jest możliwe tylko na krótko gdyż wkrótce po studzeniu rozpoczynają się wewnętrzne przemiany i następuje starzenie lub samoulepszenie się duralu. Natychmiast po ostudzeniu to znaczy na przykład w przeciągu pierwszej godziny mechaniczne własności stopu są zaledwie nieco lepsze niż własności, otrzymane w wyniku wyżarzania, zaś mechaniczne przerabianie stopu jest być może nieco łatwiejsze.

Gdyby hartowanie odbywało się przez ogrzanie do temperatury, przekraczającej  $500^\circ$ , wówczas powstanie tendencja do wytwarzania się znacznych ilości związku  $\text{CuAl}_2$ , pozostających po zakończeniu okresu samoulepszenia się stopu. Stop nabywa wskutek tego kruchości i podobieństwa do materiału odlanego oraz traci swą wartość. Co więcej, stop staje się wskutek tego miękki, wobec czego może nastąpić odkształcenie. celem zabezpieczenia się przed tem zjawiskiem górna granica ogrzewania jest wyznaczona zazwyczaj na  $490^\circ$ . Doświadczenia i badania wykazały, że temperatura ogrzewania nie powinna być również niższa od około  $475^\circ$ . Dla zabezpieczenia się przed jej przekroczeniem wyznacza się zazwyczaj dolną granicę temperatury na  $480^\circ$ . Zakres temperatur ogrzewania, wahający się od  $480$  do  $490^\circ$ , nakłada konieczność zwrócenia bacznej uwagi na ścisłą kontrolę temperatur i obróbki cieplnej.

Przy studzeniu ważnem jest przestrzeganie, aby proces ten przebiegał szybko i równomiernie. Najrównomierniejsze chłodzenie da się osiągnąć przy zastosowaniu oleju. Przedmioty przeznaczone do studzenia w oleju powinny być ogrzewane w piecyku muflowym a nie w kąpeli solnej, która pozostawia na części warstwę soli, stanowiącą nie-

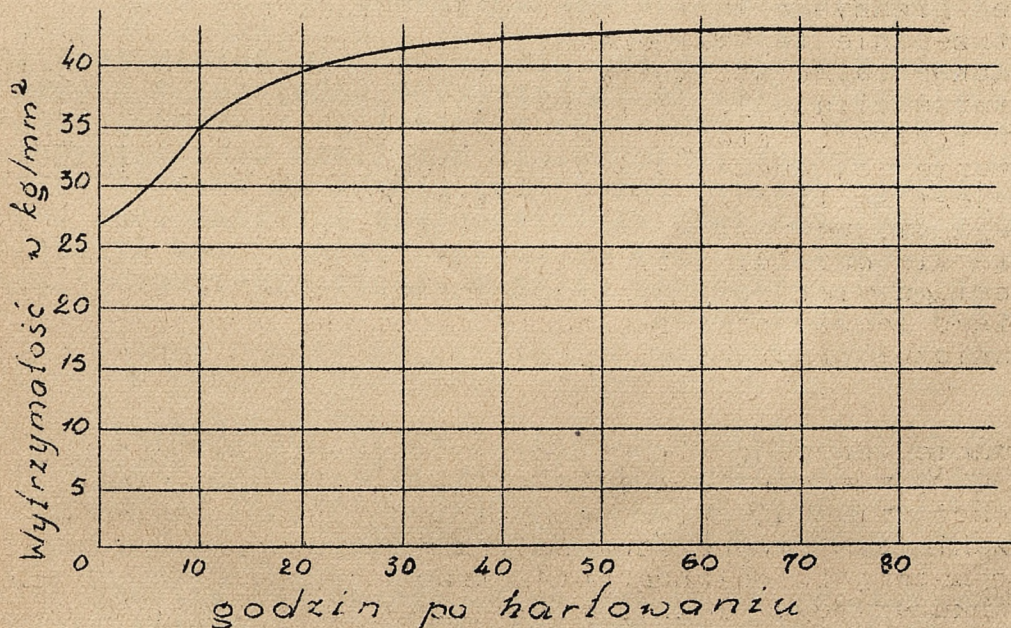


bezpieczeństwo przy studzeniu w oleju. Częściej znajduje zastosowanie do tego celu woda. Przy rozporządzaniu wodą bieżącą można część jednocześnie ostudzić i pozbawić warstwy soli. Temperatura wody nie gra ważnej roli, należy tylko zwracać uwagę na niepowstawanie pary, izolującej pewne miejsca powierzchni i pogarszającej równomierność studzenia. Małe części mogą być studzone w powietrzu.

### Samoulepszanie.

Samoczynne zmiany, zachodzące w budowie stopu po jego ostudzeniu, stanowią najważniejszą i najkorzystniejszą cechę hartowania. Okres, podczas którego te zmiany zachodzą jest nazywany okresem starzenia lub samoulepszania się stopu.

Przyjmuje się, że podczas tego okresu następuje zmiana budowy stopu. Składniki  $\text{CuAl}_2$  i  $\text{Mg}_2\text{Si}$  wydzielają się z roztworu stałego i tworzą drobną budowę krystaliczną w stanie bardzo drobno rozproszonym. Proces ten trwa bardzo długo, przyczem zaczyna przebiegać z dość dużą szybkością, malejącą z biegiem czasu. Można uważać dla celów praktycznych, że kończy się on po czterech dobach. Wszelkie dalsze zmiany w budowie części, poddanej właściwej obróbce cieplnej, są z punktu widzenia zmiany wytrzymałości bardzo nieznaczne i mają charakter dalszej poprawy. Okres trwania tych zmian może być skrócony, a szybkość ich zachodzenia zwiększona przez równomierne ogrzanie części do temperatury, nieprzekraczającej  $150^\circ$ , bez szkodliwych następstw.



Rys. 1.

Krzywa/rys.1, przedstawiająca samoulepszanie się duralu, wskazuje zmiany wytrzymałościowe zachodzące z biegiem czasu. Przy końcu 75 godzin wytrzymałość na rozzerwanie podnosi się z 26,5 na 42,5  $\text{kg/mm}^2$ , czyli wzrasta o 16  $\text{kg/mm}^2$ . Po 15 godzinach wzrost wynosi już 70 % całkowitego wzrostu wytrzymałości.

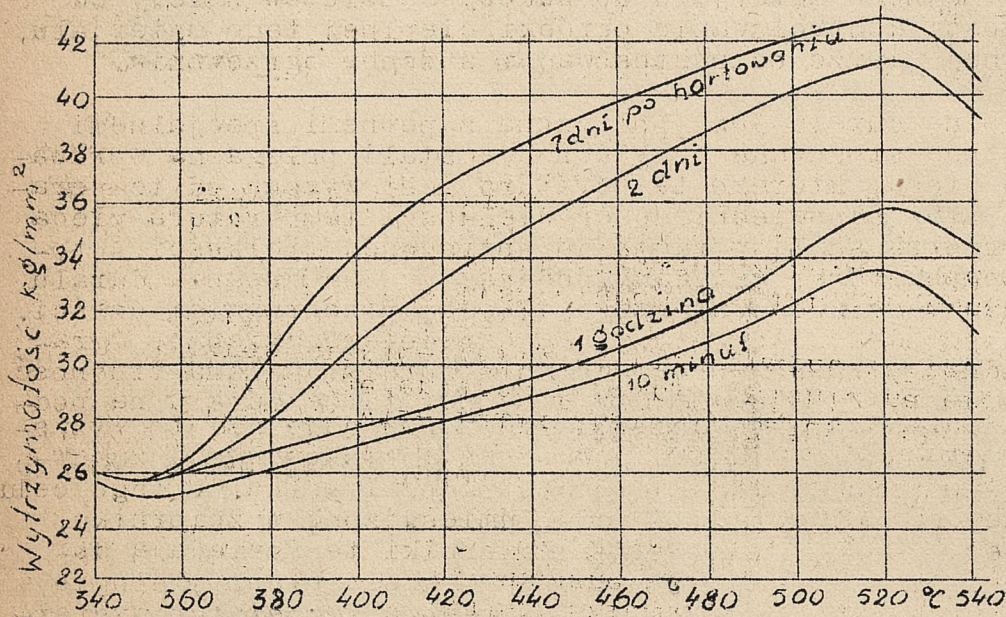
Krzywe na rys.2 / nie wiążą się one z krzywą rys.1 /

dotyczą wpływu temperatury ogrzewania i czasu na wytrzymałość. Osiąga ona wartość 42,5  $\text{kg/mm}^2$  dla hartowania od  $520^\circ$  i najdłuższego czasu samoulepszania. Wartość dla  $495^\circ$  da się porównać z płaską częścią krzywej rys. 1. Ujemny wpływ temperatur powyżej  $520^\circ$  na wytrzymałość jest zupełnie wyraźny.

Wszystkie krzywe zbiegają się przy wspólnej wartości, wynoszącej nieco powyżej 25  $\text{kg/mm}^2$ , co odpowiada temperaturze  $350^\circ$  i zmianie kierunku zakrzywienia. Podana wytrzymałość jest równa wytrzymałości stopu po wyżarzeniu. Spostrzeżenie to dowodzi, że ogrzanie duralu przy  $350^\circ$  i ostudzenie pozostanie bez wpływu na jego wytrzymałość nawet po upływie pewnego okresu czasu. Dla niższych tempera-



tur krzywe zaczynają się znowu podnosić. Wykres ten wskazuje, że celem skutecznego wyżarzenia stop winien być ogrzany przynajmniej do 350°.



Rys. 2.

Jest rzeczą ogólnie przyjętą, że hartowany dural może być bezpiecznie przerabiany na zimno w obrębie pierwszej godziny po ostudzeniu. Okoliczność ta jest wyzyskana przy przeróbce tego stopu. Jeśli by wynikała potrzeba dokonania dalszych przeróbek po upływie tej godziny wówczas przedmiot winien być ponownie poddany obróbce cieplnej. Taka obróbka nie pociąga za sobą złych

skutków pod warunkiem że jest prawidłowo przeprowadzona, jest ona wszakże zabiegiem niewygodnym. W takim wypadku należy się uciec do wyżarzenia a po ukończeniu roboty część hartować.

Ważnym przykładem wyzyskania samoulepszenia się duralu jest zakładanie nitów duralowych. Nity te są hartowane zazwyczaj w niewielkich ilościach, następnie zaś zakładane w przeciągu pierwszej godziny po tym zabiegu. Ten sposób postępowania umożliwia ukształtowanie główek nitów z miękkiego jeszcze materiału; główki są wówczas wolne od pęknięć i innych wad, zaś cały nit trwadnieje i osiąga taki sam stan, jak otaczający materiał. Jest to bardzo wygodne oraz lepsze i praktyczniejsze, aniżeli zakładanie nitów w stanie wyżarzonym i hartowanie całej części po znitowaniu.

### Wyżarzanie.

Po wyżarzeniu stop pozostaje miękki, a wpływ poprzedniej obróbki cieplnej i przeróbki na zimno zostaje usunięty. Część wyżarzona może być oczywiście hartowana w zwykły sposób. Wszelkie przeciąganie na zimno powinno się odbywać w stanie wyżarzonym.

Najniższa temperatura, do której dural winien być ogrzany celem wyżarzenia, wynosi około 350°, co wskazuje rys. 2. Studzenie stopu od tej temperatury może być połączone z wystąpieniem zmian w budowie wewnętrznej. Górna granica temperatur leży około 390°, co daje zakres 40°. Okoliczność ta w połączeniu z tem, że górna granica leży znacznie poniżej temperatury topliwości duralu, wynoszącej dla całego stopu około 650° podczas gdy niektóre składniki topią się w sąsiedztwie 550°, czyni tak dokładną kontrolę ogrzewania, jaka jest konieczna przy hartowaniu, zbędną. Przy podniesieniu temperatury ogrzewania powyżej 400° należy się liczyć ze skłonnością stopu do stwardnienia mimo, że szybkość studzenia będzie możliwie najwolniejsza. Główna trudność wyżarzania polega na powolnym i równomiernym studzeniu.



## Sposoby ogrzewania.

Przydatność pewnego materiału do budowy samolotów zależy od przebiegu i możliwości kontrolowania obróbki cieplnej tego materiału, to znaczy w głównej mierze od zastosowanego sposobu ogrzewania.

Obróbka cieplna duralu jest połączona z pewnymi specjalnymi trudnościami. Metoda stosowana przy obróbce stali polega na wprowadzaniu metalu do pieca, którego temperatura jest wyższa od temperatury pożądanej. Przez odpowiedni dobór wielkości temperatura pieca spada, zaś temperatura stali wzrasta do potrzebnej wielkości. Stosunkowo wysoka temperatura, osiągana podczas hartowania duralu, wyłącza stosowanie tego sposobu, zagrażającego przegrzaniem części. Ponadto nie jest pożądane stosowanie bezpośredniego grzania. Ograniczenia te utrudniają równomierne ogrzanie duralu. Dalsza trudność polega na niemożności przekonania się o temperaturze duralu na podstawie jego wyglądu. Mięknie on co prawda, lecz nie daje się to wyzyskać do oceny temperatury. Środkiem powszechnie stosowanym i zapewniającym dużą równomierność studzenia jest kąpiel solna. Do tego celu nadają się dobrze azotany potasu i sodu, umieszczone w zbiorniku, dającym się ogrzewać przy pomocy gazu. Zbiorniki te posiadają dostateczną objętość dla zmieszczenia dużego arkusza blachy; długie pasy są zwijane przed zanurzeniem. Do mierzenia temperatur wystarczy jeden przyrząd, wymagający jednak częstego kalibrowania. Wadami tej metody są: a/ pokrywanie się części warstwą soli, mogącą spowodować korozję b/ trudność utrzymania czystości, c/ konieczność suszenia.

Inna metoda posługuje się piecem muflowym, pozwalającym części uniknąć zetknięcia z paliwem i spalinami. Poza wadą trudnego uzyskania równomierności w grzaniu metoda ta odznacza się tem, że wymaga przynajmniej trzech przyrządów do pomiaru temperatury.

## Korozja.

Podobnie jak rdza nie przeszkadza w używaniu stali, tak samo korozja nie stanowi przeszkody w użyciu duralu. Zagadnienie zwalczania korozji jest bardzo ważne, zwłaszcza w wypadku wodnopłatowców.

Stopy oparte na glinie lub magnezie nie są bardzo trwałe, a dural w pewnych warunkach szybko ulega zniszczeniu pod wpływem korozji. Istnieją dwa główne typy korozji, z których jeden jest spowodowany zewnętrznymi warunkami jak wilgoć lub zetknięcie z słoną wodą, zaś drugi typ bierze początek z wnętrza części wskutek wpływu zanieczyszczeń. Pierwszy typ uwidacznia się jako biały proszek, przylegający do powierzchni. Działanie korozji drugiego typu ogranicza się do wewnętrznej budowy.

Najczęściej spotykaną przyczyną korozji jest wystawienie na działanie roztworów soli, na przykład wskutek rozpryskiwania słonej wody, z którą się spotykają wodnopłatowce, lub wskutek pozostania warstwy soli po kąpieli solnej. Kolejne wystawianie na działanie słonej wody i atmosfery w większym stopniu sprzyja korozji aniżeli zwykłe zanurzenie. Rozcieńczone roztwory odznaczają się silniejszym działaniem korozyjnym aniżeli skoncentrowane. Dural wyżarzony jest mniej odporny na korozję niż hartowany.

Szybkość korodowania jest dość znaczna, to znaczy, że stosunkowo nieznaczne oddziaływanie jest połączone z powstawaniem dużych ilości produktów korozji. Przyczyna ta jak również rozproszenie produktów korozji w początkowym stadium sprawiają, że zaatakowanie części wydaje się dalej posunięte, niż to ma miejsce w istocie. Wczesne



usunięcie nalotów i dokładne wyczyszczenie części pozostawia część bardzo nieznacznie naruszoną za wyjątkiem wyglądu powierzchni i skłonności do pewnej kruchości.

Drugi rodzaj korozji, to znaczy korozja międzykrystaliczna, jest spowodowany zjawiskami natury elektrolitycznej. We wnętrzu metalu istnieją małe różnice potencjału, będące przyczyną działania elektrochemicznego. Należy to być może zawdzięczać zanieczyszczeniom obecnym w stopie, wzajemnemu oddziaływaniu duralu i innego metalu pozostającego z nim w kontakcie lub też, co jest mniej prawdopodobne, tym warunkom, które stanowią przyczynę korozji powierzchniowej. W pewnych wypadkach, zwłaszcza w tych, przy których przyczyną zła są zanieczyszczenia wewnętrzne, ten typ korozji nie da się wykryć przez zbadanie powierzchni. Może się zdarzyć płytka pozornie w doskonałym stanie, dająca się złamać w rękach. Naogół wszakże wewnętrzne przemiany tego rodzaju dadzą się rozpoznać po nagryzieniu powierzchni. W związku z tem nie należy uważać powierzchniowych nagryzień za dowód istnienia wyłącznie korozji powierzchniowej lecz przystąpić w razie ich ukazania się do gruntownego zbadania części.

### Zapobieganie korozji.

Nie jest dziś znany sposób, pozwalający na całkowite zabezpieczenie duralu przed korozją. Przyczyna korozji powierzchniowej wskazuje na to, że można jej przeciwdziałać przez oddzielenie powierzchni od źródła zła i nałożenie w tym celu powłoki ochronnej. Stosowano do tego celu lakiery i emalję celulozową. Wadą tego jest pogarszanie własności ochronnych przy uszkodzeniu części powłoki.

Znacznie lepsze wyniki są utrzymywane przez poddanie części oksydacji anodowej. Zabieg ten wytwarza na powierzchni części warstwę tlenku i ma charakter elektrolityczny. Część poddawana oksydacji staje się anodą podczas gdy katoda jest wykonana z grafitu. Rolę elektrolitu gra roztwór kwasu chromowego  $\text{CrO}_3$ . Czas trwania oksydacji wynosi jedną godzinę przy natężeniu prądu wynoszącym 0,32 ampery na  $\text{dm}^2$  powierzchni części. Napięcie ulega zmianie, przechodząc przez maksimum 50 woltów.

Przed oksydacją części winny być oczyszczone z tłuszczu, soli topnika i t.d. Części spawane winny pozostawać w zetknięciu z wrzącą wodą przynajmniej przez pół godziny. Nieprzestrzeganie tych środków ostrożności może doprowadzić do nagryzienia powierzchni podczas oksydacji.

Celem określenia, czy oksydacja została prawidłowo dokonana, można przeprowadzić parę prób. Bardzo prosta próba polega na naznaczeniu powierzchni ołówkiem nieścierającym się i usiłowania zmazania śladu przy pomocy wilgotnej szmatki. Usunięcie śladu z dobrze uodpornionej powierzchni jest niemożliwe. Inny sposób polega na badaniu elektrycznego oporu powłoki.

Częściom oksydowanym daje się zazwyczaj powłokę lakierową lub emaljową.

### Alkład.

Usiłowanie walczenia z korozją według nowej metody powstało z chwilą wprowadzenia materiału, znanego pod nazwą alkladu. Alkład jest niczem innym jak blachą duralową, pokrytą obustronnie czystym glinem. Ochrona dawana przez glin jest wynikiem tego, że metal ten jest w stosunku do duralu elektrycznie negatywny, co daje efekt podobny do wpływu cynku na galwanizowanej blasze stalowej.



Glin nie jest czysty, ponieważ w trakcie obróbki cieplnej zachodzi przechodzenie do niego miedzi oraz związku  $Mg_2Si$ , obecnych w duralu, co jednak nie wywiera złego wpływu. Alkłod wykazał doskonałą odporność na korozję i jest od dość dawna stosowany w Stanach Zjednoczonych. Ostatnio został on wprowadzony w Anglii i obiecuje dać również bardzo dobre wyniki. Oksydacja anodowa może być korzystnie zastosowana również na alkladzie.

Obecność czystego glinu zmniejsza własności wytrzymałościowe alkladu jako całości w porównaniu do duralu. Jakkolwiek ciężar właściwy glinu jest mniejszy aniżeli duralu, to ciężary geometryczne podobnych części, wykonanych z alkladu i duralu, różnią się bardzo nieznacznie. Podaje się, że wytrzymałość na rozierwanie alkladu wynosi 90 % tej samej wielkości dla duralu.

### Znaczenie duralu w konstrukcjach lotniczych.

Materiały stosowane do wykonywania głównych części samolotu są stale, dural lub tam gdzie to jest potrzebne alklad, i drzewo. Dla wielu powodów drzewo jest wciąż jeszcze stosowane, jednak płatowce dużych wymiarów lub o specjalnych wyczynach są oparte wyłącznie na konstrukcji metalowej. Z pośród metali współzawodniczą ze sobą dural i stal.

Tablica II - proste rozciąganie i ściskanie.

	$k_r$	$k_r/c$	$k_c$	$k_c/c$
Dural	37,8	13,27	28,4	9,96
Stal	70,9	9,09	59,1	7,58

Dla części o jednakowych cechach geometrycznych.  
Dural równoważny stali, dla której  $k_r = 70,9$   
 $k_r = 70,9 \cdot 13,27 / 9,09 = 103,6$   
 $k_c = 59,1 \cdot 7,58 / 9,96 = 77,7$

Tablica III - wybachanie / podparcie przegubowe /

	D u r a l		S t a l	
l/i	$k_c$	$k_c/c$	$k_c$	$k_c/c$
30,2	22,5	7,89	47,6	6,11
102	6,3	2,2	17,2	2,2

Dla części o jednakowych cechach geometrycznych  
Dural lepszy niż podana stal lub jakakolwiek inna stal o niższej granicy płynności dla wartości l/i 102

Tablica IV - skręcanie.

	D u r a l		S t a l	
D/t	$k_t$	$k_t/c$	$k_t$	$k_t/c$
20	19,8	6,93	41,1	5,28
30	16,1	5,64	37,0	4,75

Dla części o jednakowych cechach geometrycznych.  
Dural lepszy niż podana stal lub jakakolwiek inna stal o mniejszej wytrzymałości, jednak różnica na jego korzyść maleje ze wzrostem stosunku D/t.

Tablice II, III i IV porównują oba metale pod względem wytrzymałości z uwzględnieniem ciężaru właściwego, który dla duralu wynosi 2,85, dla stali zaś 7,8. Porównanie to nie jest całkowite, należy jednak wątpić w możliwość przeprowadzenia takiego porównania. Wchodzi tu w grę poza specyficznymi danymi pewnego zagadnienia, takie czynniki, jak dostarczenie, koszt i ilość materiału, przechowywanego w magazynach, uniemożliwiające wszechstronne porównanie duralu ze stalą. W tablicach użyto następujących oznaczeń:  $k_r$  - wytrzymałość na rozierwanie,  $k_c$  - wytrzymałość na ściskanie i  $k_t$  - wytrzymałość na



skręcanie, wszystko w  $\text{kg/mm}^2$ . Odległość przegubów dzielona przez promień bezwładności oraz stosunek średnicy do grubości ścianek są oznaczone odpowiednio przez  $l/i$  oraz  $D/t$ .

Każda część powinna być również oceniana niezależnie od swych własności wytrzymałościowych. Nacgół można przyjąć, że pewne wymiary zasadnicze są zgóry naznaczone; w związku z tem porównanie zostało przeprowadzone w stosunku do części, posiadających wymiary jednakowe lub geometrycznie podobne.

Przy porównaniu sztywności i ciężaru obu materiałów oznaczono przez  $E$  współczynnik sprężystości podłużnej przez  $G$  zaś współczynnik sprężystości poprzecznej. Przytoczone dane dowodzą, że w grę wchodzi nie tylko ciężar właściwy ale również wielkości charakteryzujące sprężystość materiału. W związku z tem wartości na wytrzymałość i sztywność duralu nie mogą być pomnożone przez stosunek ciężaru właściwego stali do ciężaru właściwego duralu to znaczy przez 2,74 celem otrzymania wartości równoważnej dla stali.

Porównanie wielkości: sztywność-ciężar.

$E$  dla duralu wynosi  $7,4 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , dla stali -  $21 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$   
 $G$  dla duralu wynosi  $2,8 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , dla stali -  $8,4 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$

#### Zginanie

Odkształcenie  $\delta$  dwóch części o podobnych wymiarach geometrycznych, wykonanych z różnych materiałów jest proporcjonalne do  $1/E$

D u r a l

S t a l

$\delta$  proporcjonalne do  $1/7,4 \cdot 10^5$

$\delta$  proporcjonalne do  $1/21 \cdot 10^5$

$\delta \cdot c$  proporcjonalne do  $2,85/7,4 \cdot 10^5$

$\delta \cdot c$  proporcj. do  $7,8/21 \cdot 10^5$

czyli do  $0,385 \cdot 10^{-5}$

czyli do  $0,371 \cdot 10^{-5}$

Jeśli przyjąć, że wytrzymałość duralu na ściskanie wynosi  $28,4 \text{ kg/mm}^2$  wówczas okaże się, że dural jest równie sztywny jak stal o wytrzymałości  $k_c = 28,4 \cdot 0,371 \cdot 21 / : 0,385 \cdot 7,4 = 77 \text{ kg/mm}^2$

#### Skręcanie

Odkształcenie  $i$  dwóch części o podobnych wymiarach geometrycznych, wykonanych z różnych materiałów jest proporcjonalne do  $1/G$

D u r a l

S t a l

$i$  proporcjonalne do  $1/2,8 \cdot 10^5$

$i$  proporcjon. do  $1/8,4 \cdot 10^5$

$i \cdot c$  proporcjonalne do  $2,85/2,8 \cdot 10^5$

$i \cdot c$  proporcj. do  $7,8/8,4 \cdot 10^5$

czyli do  $1,02 \cdot 10^{-5}$

czyli do  $0,93 \cdot 10^{-5}$

Jeśli przyjąć, że wytrzymałość duralu na skręcanie wynosi  $19,8 \text{ kg/mm}^2$ , wówczas okaże się że dural jest równie sztywny jak stal o wytrzymałości:  $k_t = 19,8 \cdot 0,93 \cdot 8,4 / : 1,02 \cdot 2,8 = 54,1 \text{ kg/mm}^2$

Powyższe porównanie stanowi surową teoretyczną podstawę dla oceny duralu. Zakres zastosowania tego stopu jest dowodem praktycznym i bardziej przekonującym o jego wartości.



Pierwszy całkowicie metalowy samolot zbudowany w Anglii był to "Short Silver Streak" i ukazał się w 1919 r.; konstrukcja jego była w głównej mierze oparta na duralu. Od tego czasu stop ten jest szeroko stosowany w każdej konstrukcji lotniczej. Poza zaletą niskiego ciężaru odznacza się on łatwością z jaką się daje przerabiać a więc zginać, prasować i t.d. Zaopatrywanie się we wszelkie postaci duralu jest bardzo łatwe.

Najczęściej używanymi kształtami są blacha i pasy kształtowe. Są one wyzyskane przy budowie podłużnic, dźwigarów, pokryw skrzydeł, kadłubów zwykłych i łodziowych, pływaków, łóż silnikowych i t.d. Dural przedstawia duże korzyści przy budowie kadłubów łodziowych, ponieważ potrzebna grubość dolnej ścianki kadłubu może być otrzymana przy minimum ciężaru i to samo się tyczy sztywności ram. Dzięki łatwości kształtowania duralu nadaje się on doskonale do wykonywania podłużnic o przekroju bardzo skutecznym z punktu widzenia występujących naprężeń. Rury duralowe występują powszechnie w konstrukcjach wiązanych. Dural jest specjalnie ceniony przy budowie żeber, gdzie przekroje są często określone na podstawie wartości  $l/i$ .

Inne zastosowania duralu nie przedstawiają już takich korzyści konstrukcyjnych. Najważniejszym zastosowaniem kutej formy stopu są śmigła. W stanie odlanym jest on używany dla części wytrzymałych naprężenia bardzo niewielkie lub równe zero, albo tam, gdzie o zastosowaniu decyduje wygląd. Ze względu na to, że obróbka cieplna nie ma dużego wpływu na gruboziarnistą budowę, stop lany posiada niższe liczby wytrzymałościowe. Z tego względu spawanie duralu nie jest korzystne przy budowie samolotów, gdyż metal w sąsiedztwie spoiny zostaje doprowadzony do stanu równoważnego lanemu.

### Zakończenie.

Pomimo znacznego rozpowszechnienia w lotnictwie zastosowanie duralu w innych dziedzinach znajduje się dopiero w początkowym stadium rozwoju. Nowością, która wstrzymała wkroczenie duralu do innych dziedzin jest stal nierdzewiejąca. Można jednak przypuszczać, że możliwości stopów glinowych nie zostały jeszcze gruntownie zbadać i że stal może być przez nie wyparta z dalszych dziedzin. Przeshkodą w szybkim rozpowszechnianiu się duralu jest jego skłonność do korozji. Jest rzeczą niewątpliwą, że podobnie jak to miało miejsce ze stalą, trudność ta zostanie opanowana i pozwoli na dalszy postęp w stosowaniu tego metalu.

---0000000---

### NOWSZE BADANIA NAD FREZOWANIEM.

Neuere Untersuchungen des Fräsvorganges.

Ernst Brödner,

V.D.I., 14. Oktober 1933.

Zadaniem niniejszej pracy było zbadanie, jaki mają wpływ na przebieg pracy takie cechy frezów jak średnica, ilość zębów i pochylenie ich, i czy jest możliwe ustalenie w tej dziedzinie stałych zależności. Przy uwzględnieniu prac przeprowadzonych przez Bahlecke'a, Schlesinger'a, Eisele'a i Salomon'a ustalono następujący program badań:

#### I. Badanie frezów walcowych.

1. Pomiar sił, występujących podczas skrawania na obwodzie frezów



o jednakowej średnicy lecz o różnych ilościach i pochyleniach zębów; pozatem zmieniano materiał, szerokość skrawania i posuw, pozostawiając szybkość skrawania bez zmiany.

2. Badanie wpływu następujących czynników na średnie zapotrzebowanie mocy: pochylenie zębów i zmiany sił, występujących podczas skrawania, jako czynniki wpływające na równomierność pracy oraz bicie freza i zmiany sił skrawania.

3. Badanie wpływu szybkości skrawania w związku z ilością drgań własnych i spokojną pracą freza.

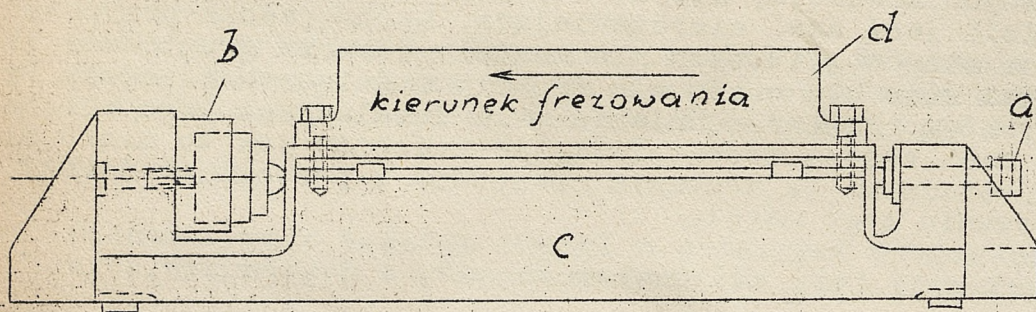
4. Wyciągnięcie wniosków dotyczących normalizacji frezów walco - wych.

II. Wyzyskanie wniosków wyciągniętych przy badaniu frezowania frezami walcowymi dla innych, równie ważnych postaci frezów, jak frezy czołowe, tarczowe i inne.

#### Urządzenie próbne.

Do przeprowadzenia prób służyła frezarka firmy Fritz Werner, której wrzeciono było napędzane silnikiem 11 Kw na prąd stały, o ilości obrotów, dającej się regulować w stosunku 1:3. Do napędu posuwu rozporządzano drugim silnikiem na prąd stały, regulowanym w stosunku 1:3, o mocy 3 Kw. Oba napędy były przenieszone bez poślizgu przy pomocy łańcuchów.

Elektryczne i mechaniczne straty napędu wrzeciona frezarki były sprawdzane przy pomocy bezpośrednio sprzęgniętego hamulca wodnego systemu Junkersa aby w ten sposób uzyskać możliwość sprawdzenia siły skrawania przez zestawienie energetycznego bilansu obrabiarki. Wrzeciono frezarskie było podparte na zwykłych łożyskach ślizgowych, inne wałki napędu zaś były osadzone w łożyskach rolkowych.



Rys.1 Widok stołu pomiarowego.

a - śruba do regulacji naprężenia wstępnego;  
b - urządzenie pomiarowe; c - łożo, przejmujące nacisk; d - przedmiot obrabiany.

Do pomiaru siły posuwu służył zwykły stół pomiarowy, przedstawiony na rys. 1. Ze względu na trudności, połączone ze zbudowaniem stołu, pozwalającego na pomiary trzech składowych, <sup>2/</sup>zadowolono się z pobudek oszczędnościowych tem

rozwiązaniem. Do powzięcia tej decyzji skłaniała pozatem jeszcze ta okoliczność, że siła posuwu jest główną siłą skrawania i może służyć do wyznaczenia całkowitej siły skrawania jeśli się zna rząd wielkości pozostałych dwóch składowych, nawet przy dużym pochyleniu zębów. Do mierzenia sił służyło elektryczne urządzenie pomiarowe systemu Wallichs-Opitz, lepiej nadające się do tego celu, aniżeli hydrau-

1/ Sprawozdanie z prac 1,4 i II zostanie podane w innym miejscu.

2/ F.Eisele, Masch. - Bau 1932 str. 37.



liczne. Główną zaletę jego stanowi jednakowa czułość przy różnych zakresach pomiaru i wysoka liczba drgań własnych, co umożliwia usunięcie wpływu bezwładności przy wykreślaniu przebiegu skrawania bez uciekania się do pomocy wzmacniaczy i urządzeń o wysokiej częstotliwości, jedynie przy zastosowaniu oscylografu i połączenia w mostek.

Badaniom poddano następujące materiały:

Stal o wytrzymałości  $60 \text{ kg/mm}^2$ , Brinell  $180 \text{ kg/mm}^2$ , 75 mm szerokości i 40 mm szerokości.  
Stal chromoniklowa, Brinell  $270 \text{ kg/mm}^2$ , 40 mm szerokości.  
Mosiądz, Brinell  $103 \text{ kg/mm}^2$ , 40 mm szerokości.

Pozatem przeprowadzono próby na stali chromoniklowej i żeliwie przy użyciu frezów czołowych.

Frezy były wykonane z następującego materiału: 18 % wolframu, 0,5 % wanadu, 3,8 do 4,3 % chromu, 0,3 % molibdenu i 0,7 węgla. Sześć frezów o średnicy 90 mm posiadało po 5 i 7 zębów o pochyleniu  $35^\circ$ ,  $45^\circ$  i  $55^\circ$ , jeden frez o średnicy 50 mm miał 4 zęby o pochyleniu  $60^\circ$ , jeden frez wreszcie o średnicy 90 mm był zaopatrzony w 12 zębów, pochylnych pod kątem  $30^\circ$ . Kąt natarcia w kierunku prostopadłym do ostrza wynosił  $7^\circ$ .

Celem uzyskania wyników, odpowiadających normalnym warunkom pracy, musiano dopuścić dla założonego freza największe bicie 0,06 mm. Większość frezów próbnych była mniej, co stwierdziły pomiary podczas frezowania. Na podstawie oscylogramów wyznaczono maksymalną i średnią siłę posuwu.

### Wyniki prób.

#### Pomiary siły skrawania.

Rys. 2 podaje średnie siły posuwu dla frezów o różnych ilościach i pochyleniu zębów w zależności od szybkości posuwu. Odpowiednie krzywe mają postać słabo zakrzywionych linii, co oznacza, że siła posuwu nie jest proporcjonalna do szybkości skrawania. Zgodnie z dotychczasowymi badaniami okazuje się, że średnia siła posuwu zmniejsza się ze spadkiem ilości zębów i zmniejszeniem się średnicy. Zwiększenie pochylenia zębów wpływa na nieznaczny wzrost siły posuwu; wpływ ilości zębów jest pod tym względem większy, aniżeli wpływ pochylenia i średnicy. Również zapotrzebowanie mocy przez frezarkę zwiększa się ze wzrostem pochylenia zębów w bardzo nieznacznym stopniu.

Obraz ten się zmieni jeśli wziąć pod uwagę największe siły występujące podczas posuwu, rys. 3. Okazuje się zatem, że frez o 5 zębach i pochyleniu  $45^\circ$  spotyka się z największą maksymalną siłą posuwu mimo, że średnia siła posuwu jest dla niego najmniejsza. Równomierność pracy przy jednakowej szerokości badanych frezów nie jest dla wszystkich jednakowa, o czym jeszcze będzie mowa dalej. Od równomierności zależą maksymalne występujące siły. Oscylogram dla omawianego freza wykazuje bardzo nierównomierny przebieg skrawania, wskutek czego wrzeciono i obrabiarka wytrzymują większe obciążenia, niż by można było przypuszczać na podstawie wykresu sił średnich.

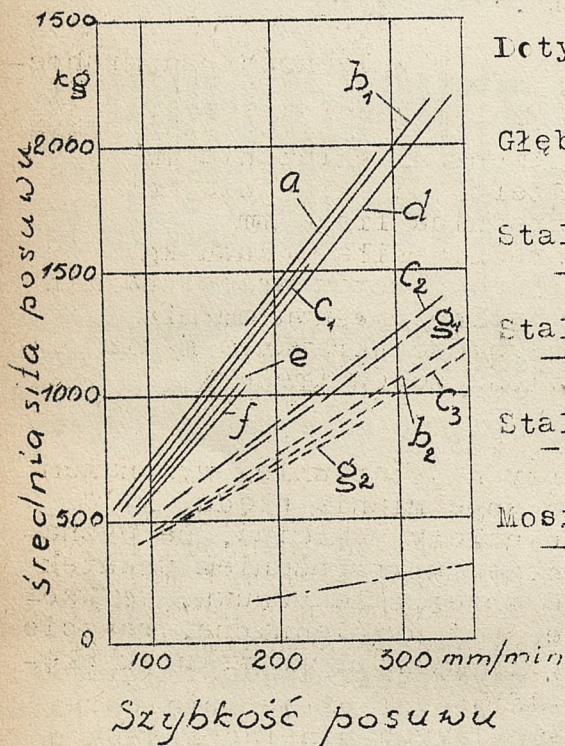
Z powyższego można wnioskować, że najlepszą wielkością odniesienia przy porównywaniu badań nad siłą posuwu jest średnia siła posuwu, wyrównująca wszelkie różnice, pochodzące z nierównomiernego przebiegu skrawania. Nie jest to założenie całkowicie jednoznaczne. Przy

1/ A. Wallichs i H. Opitz, V.D.I. 1932 str. 240.

2/ F. Eisele, Dynamische Untersuchungen des Fräsvorganges, Ber. Betriebswiss. Ark. Heft 7 Berlin 1931 str. 28.



silnie wahającej się sile posuwu, utrzymuje się nieco mniejsze wartości średnie. Da się to wyjaśnić wpływem drgań samej frezarki, zmniejszeniem tarcia w prowadnicach i wpływem drgań giętych wrzeciona. Niezwrócenie uwagi na powyższe różnice uniemożliwia porównanie wyników, otrzymanych przez różnych badaczy. Tak więc badania Eisele'a, który pracował przy szerokości skrawania 125 mm, dały większe siły skrawania, aniżeli badania autora. Różnica ta staje się zrozumiała po uwzględnieniu powyższych wyjaśnień. Ponadto należy pamiętać, że siły skrawania nie są dokładnie proporcjonalne do szerokości freza. Jest samo przez się zrozumiałe, że celem określenia wymiarów obrabiarki konstruktor winien znać maksymalne siły, występujące podczas najbardziej nierównomiernej pracy, podczas gdy określanie mocy silnika odbywa się na podstawie sił średnich.



Istotczy obu rysunków

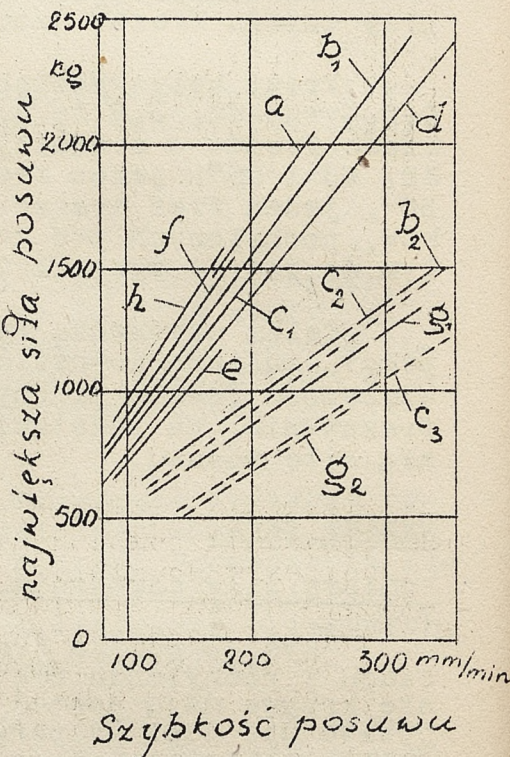
Głębokość skrawania  
5 mm

Stal, Szerokość 75

Stal chr. nikiel, szer. 40

Stal, szerokość 40

Mosiądz, szer. 40



Rys. 2. Średnie siły posuwowe.

Oznaczenie	Ilość zębów	Średnica	Pochylenie
a	12	30	30°
b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub>	7	30	55°
c <sub>1</sub> , c <sub>2</sub> , c <sub>3</sub>	7	30	45°
d	5	30	55°

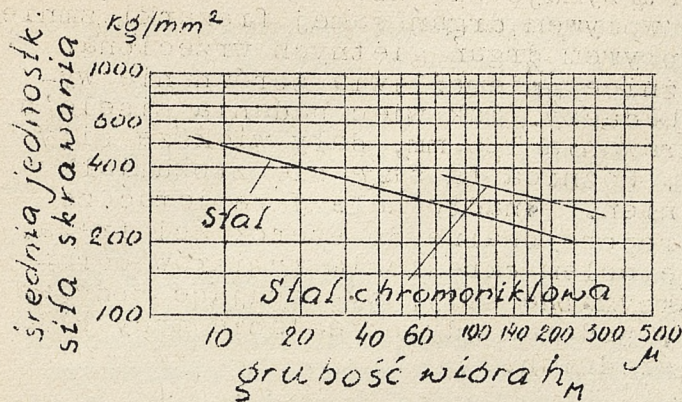
Rys. 3. Największe siły posuwowe

Oznaczenie	Ilość zębów	Średnica	Pochylenie
e	5	30	35°
f	5	30	45°
g <sub>1</sub> , g <sub>2</sub>	4	50	60°
h / rys. 3 /	7	30	35°

Na podstawie pomiarów sił posuwu można stwierdzić konieczność obierania możliwie dużej średnicy wrzeciona i jaknajmniejszej średnicy freza. Przyczynia się to po pierwsze do zmniejszania naprężeń, występujących we wrzecionie, które jest najsłabszą częścią obrabiarki, a po zatem skraca się w ten sposób czas trwały podczas wchodzenia i wychodzenia narzędzia z materiału, dający się bardzo we znaki przy obróbce większej ilości części. Względem sił skrawania nakazuje nadawanie frezom o mniejszych średnicach mniejszych ilości zębów i zwiększanie pochylenia zębów z uwagi na równomierność pracy.

Przedstawienie jednostkowych sił skrawania obliczonych według danych Schlesingera w zależności od grubości wióra, rys. 4 daje wy-





niki, zgodne z dotychczas ogłoszonymi.<sup>1/</sup> Tylko frezy o 5 zębach wykazują niezwykle małe wartości średniej jednostkowej siły skrawania. Bilanse energetyczne obrabiarki posiadają zazwyczaj dla tych frezów ujemne wyrazy, należy zatem z tego wnioskować o obecności błędów w oznaczaniu.<sup>2/</sup> Poza tym należy zauważyć, że jednostkowe siły skrawania wypadają przy szerokości 40 mm nieco większe, niż przy 75 mm.

Rys. 4 Średnia jednostkowa siła skrawania  $K_M$  w zależności od grubości wióra  $h_M$ .

$K_M$  i  $h_M$  obliczone z wzorów:

$$h_M = \frac{s}{n z} \sqrt{\frac{a}{d}};$$

$$K_M = \frac{H}{b h_M}; \quad h_M = \frac{a s}{v};$$

gdzie

a-głębokość skrawania mm

b-szerokość skrawania mm

d-średnica freza mm

H-średnia siła posuwu kg

n-ilość obrotów wrzeciona/min

s-szybkość posuwu mm/min

v-szybkość skrawania m/min

z-ilość zębów freza

1/ G.Schlesinger, Werkst.-Techn.1931 str. 409

2/ Należy zdać sobie sprawę, że nawet przy najstaranniejszym wykonaniu urządzenia próbnym istnieje możliwość popełnienia błędów 2-7% przy pomiarze siły skrawania. Ponadto należy pamiętać, że wyznaczenie  $K = H/b \cdot h_M$  jest połączone z dużym uproszczeniem wskutek zastąpienia całkowitej siły skrawania przez siłę posuwu. We wzorze Schlesingera pochylenie zębów nie jest uwzględnione. Wreszcie średnia grubość wióra  $h_M$  może zostać źle wyznaczona wskutek błędów w określeniu posuwu i ilości obrotów.

/ dokończenie w następnym numerze./

---oooOooo---

DOŚWIADCZENIA NAJ PRACA SILNIKÓW LOTNICZYCH.  
Erfahrungen beim Betrieb von Luftfahrzeugmotoren.

Bruno Bruckmann  
Z.F.M. 28 Juli 1932.

/ zakończenie/

Doświadczenia dotyczące zachowania się ważniejszych części silnika.

## 1. Karter.

Podczas gdy kartery silników gwiazdowych nie nastroczają naogół kłopotów, to zachowanie się w ruchu karterów dużych silników szeregowych, chłodzonych powietrzem pozostawia dużo do życzenia. Średni czas pracy tych części wynosi zazwyczaj około 700 godzin. W tym okresie czasu powstają na karterze liczne rysy, występujące przeważnie w dolnej części karteru, na ściankach, podpierających oba środkowe łożyska. Starannie przeprowadzone badania i próby wykazały, że kartery, pęknięte u podstaw łożysk, mogą być przywrócone do stanu używalności przez przynitowanie blach w uszkodzonym miejscu. Tworzenie się rys przenosi się od podstaw łożysk środkowych do sąsiadujących



z niemi dopóty, dopóki wszystkie podstawy nie będą nadpęknięte. Używanie takiego karteru nie będzie możliwe.

Przyczyna tworzenia się tych pęknięć nie została dotychczas całkowicie wyjaśniona. W każdym razie wiadomo, że działają tutaj wpływy mechaniczne nie zaś cieplne ze względu na całkowicie prawie równomierny rozkład temperatur w karterze.

Jak wiadomo, karter jest obciążony momentami zginającymi i skręcającymi, działającymi w osi głównej. Ostatni rodzaj obciążenia może przybrać w silnikach z reduktorami wartości bardzo znaczne zwłaszcza wówczas, gdy do obciążeń statycznych, wywołanych momentem obrotowym silnika, dodadzą się siły dynamiczne, spowodowane drganiem wału w kierunku obrotu, przenoszacem się na karter za pośrednictwem przekładni. Naprężenia gnące mają swe źródło w siłach wybuchu i bezwładności i mogą zostać powiększone pod wpływem składowych sił, powstających skutkiem obciążenia skręcającego wału, a zwłaszcza w wyniku drgań skrętnych. Dotychczas brak dokładnych badań, oświetlających wpływ ostatnio wymienionych sił.

Opierając się na praktyce, dochodzi się do wniosku, że największe naprężenia występują w połowie długości karteru to znaczy tam, gdzie przy silnikach 6- i 12-cylindrowych występują największe siły masowe, spowodowane jednokierunkowym ustawieniem wykorbień wału i gdzie jest brak specjalnego podparcia karteru. Celem zapobieżenia powstawaniu rys należy zwiększyć grubość ścianek, dać lepsze kształty i łagodniejsze przejścia, nie dopuszczając do występowania ostrych wcięć. Poza to nie jest rzeczą wykluczoną, że wprowadzenie do użytku tłumików drgań lub pozostawienie zdala od krytycznych obrotów przyczyni się do spadku naprężeń, wobec zmniejszenia się wyżej omówionych odkształceń wału.

W pewnym wypadku montaż silnika z reduktorem o dużej przekładni przewidywał wprowadzenie wstępного naprężenia skręcającego celem przeciwwstawienia się skierowanemu w przeciwnym kierunku obciążeniu, występującemu podczas pracy silnika. O skuteczności takich sposobów brak dotychczas danych, któreby pozwoliły na wyciągnięcie pewnych wniosków.

Inny rodzaj rys w karterze rozpoczyna się od otworów dla śrub mocujących cylindry na górnej połowie karteru. Wytlumaczono to działaniem rozpierającym, powstającym przy wkręceniu w karter śruby, nie posiadającej odsadzenia przy końcu gwintu. Nieznaczne odkreślenie założonej śruby pozwala na zmniejszenie niebezpieczeństwa.

Wiadomo, że przy otworach ślepych, przeznaczonych dla kołków śrubowych, powinny być wykonane otworki odpowietrzające, zapobiegające ściśnieniu oleju lub tłuszczu pod wkręcany kołek.

O elektronie jako materiale konstrukcyjnym na większe kartery można dziś stosunkowo niewiele powiedzieć ze względu na brak doświadczenia. Przy elektronowych karterach silników chłodzonych wodą spotykano występowanie podobnych rys do tych które się okazały właściwe karterom glinowym, jedynie okres pracy karteru elektronowego był zazwyczaj jeszcze krótszy. Można to wytłumaczyć niebraniem pod uwagę specyficznych właściwości elektronu, wyrażającym się w odlewaniu tego materiału według modeli, wykonanych dla karterów glinowych. Na wyniki poprawienia konstrukcji karterów elektronowych a więc zwiększenia grubości ścianek i dania łagodniejszych przejść należy jeszcze poczekać. Wadą karterów elektronowych jest nieszczelność powierzchni stykowych, przepuszczających smar wskutek odkształcenia, zachodzącego podczas pracy silnika i wywołanego niskim współczynnikiem sprężystości podłużnej elektronu. W pewnym wypadku zauważono wcisnięcie się kołnierzy cylindrowych w powierzchnię kutego karteru, wykonanego z e -



lektronu. Ostatnie trudności muszą być brane pod uwagę przy projektowaniu karteru, z drugiej strony wszakże należy się spodziewać prowadzenia dalszych badań nad ulepszeniem własności elektronu.

## 2. Cylindry.

Czas pracy cylindrów chłodzonych wodą wynosi około 800 godzin, koszulek zaś w wypadku gdy nie są konserwowane 500 do 600 godzin. Po tym czasie cylindry są odrzucane ze względu na zużycie po uprzednim przeszlifowaniu o 0,5 mm. Dopuszczanie większego zmniejszenia grubości ścianek jest niebezpieczne ze względu na to, że cylindry silnika chłodzonego wodą, zużywają się od wewnątrz i zewnątrz.

Z dużymi trudnościami jest połączona kwestja gniazd zaworów wydechowych i koszulek wodnych. Gniazdo było dawniej wyfrezowywane bezpośrednio w stalowym dnie cylindra; przy dużych dwuzaworowych cylindrach gniazdo takie wybijało się o parę milimetrów już po krótkim czasie pracy silnika. Nieuwzględnienie tego przez zmianę luzu zaworowego prowadziło do przepalania i szybszego zużywania się zaworów. Również cylinder osłabiał się bardzo w sąsiedztwie gniazd zaworów przy takim układzie.

Niedogodność powyższa została usunięta przez usztywnienie dnek cylindrów i założenie specjalnych gniazd zaworowych, wykonanych ze stali odpornej na gorąco. Celem trwałego umocowania gniazda w cylindrze i uzyskania dobrego odprowadzenia ciepła, gniazda takie były zakładane na gorąco. Zabezpieczenie przeciwko obluźnianiu się gniazd stanowiło zawałcowanie zewnętrznej krawędzi materiału cylindra wokół gniazda. W ten sposób udało się zrównać trwałość gniazda z trwałością cylindra; ponadto umożliwiono w ten sposób wymianę gniazd.

Liczne uszkodzenia koszulek wodnych, bardzo niebezpieczne dla silnika ze względu na uchodzenie wody, były spowodowane przyczynami dwojakiego rodzaju. Pierwszą z nich było powstawanie rys, spowodowane naprężeniami w koszulce, pochodzącymi ze spawania lub odkształcenia cylindra podczas pracy. Najbardziej narażone były przytem miejsca koszulki położone w sąsiedztwie śrub mocujących cylinder i stykające się ze szwem, oraz w samym szwie. Poprawę osiągnięto przez wykonanie części koszulki o kształcie karbowanym i specjalne ukształtowanie i umieszczenie spoin oraz lepsze przytwierdzenie i wzmocnienie kołnierza cylindra.

Inna kategoria uszkodzeń koszulek była powodowana przez korozję, ujawniającą się pod postacią rdzewienia blachy i elektrolitycznej korozji pomiędzy wysokowartościowym materiałem cylindra i gorszym od niego, z którego są wykonywane koszulki. Celem zmniejszenia korozji zaczęto unikać punktów kontaktu pomiędzy cylindrem a koszulką i wprowadzono odpowiednią konserwację. Z pośród zabiegów konserwujących znalazły zastosowanie parkeryzacja, zabieg atramentowy/Atramentverfahren/ i emaljowanie. Z chwilą wprowadzenia tych ulepszeń liczba uszkodzeń została znacznie zmniejszona, należy jednak jeszcze czekać na wynik dalszych doświadczeń ze względu na znaczne wahania we własnościach wody, używanej do chłodzenia. Obchodzenie się z koszulkami emaljowanymi wymaga znacznej ostrożności, gdyż emalja często odpada i zanieczyszcza chłodnicę.

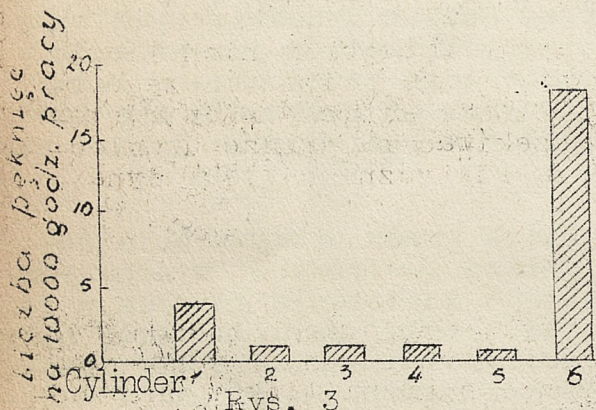
Cylindry silników chłodzonych powietrzem zachowują się w pracy znacznie lepiej. Gniazda zaworów w wypadku cylindrów otwartych, posiadających głowice z glinu, są wykonywane z brązu i dają w praktyce dobre wyniki. Cylindry wykonane w jednej sztuce z denkiem i z wyfrezowanymi w niem gniazdami powodowały te same trudności pod względem zużywania się gniazd, które zostały powyżej opisane dla



silników chłodzonych wodą. Cylindry chłodzone powietrzem mogą być trzykrotnie przeszlifowywane; średni czas pracy takich cylindrów nie został dotychczas ustalony.

Przy silnikach chłodzonych wodą z szeregowym ustawieniem cylindrów występują często pęknięcia kołków, mocujących skrzynkę wałka rozrządczego oraz, służących do przytwierdzenia cylindrów. Pęknięcia kołków pierwszego rodzaju nie zostały dotychczas całkowicie wyjaśnione. Należy przypuszczać, że przyczyna tego leży w odkształcaniu i wyginaniu się cylindrów pod wpływem sił wybuchu i nacisków bocznych wywieranych przez tłoki. Zmiany te wywołują powstawanie w skrzynkach rozrządu, łączących cylindry między sobą, sił, przekraczających obciążenie, które są zdolne przenieść kołki. Do uszkodzenia tych koł-

ków mogą się poza tym przyczyniać raptowne zmiany obciążenia, którym one podlegają. Rys. 3 pokazuje średnią ilość pęknięć, występującą na poszczególnych cylindrach. Silny wzrost uszkodzeń po stronie napędzanej może być przypisany występującym po tej stronie silniejszym zmianom obciążenia. Celem lepszego przystosowania kołków do tych trudnych warunków pracy dano im kształt, zapewniający dużą sprężystość, o znacznej długości, pracującej na zginanie, i zwrócono większą uwagę na lepsze dopasowanie powierzchni styku kołków ze skrzynką wałka rozrządczego.



Rys. 3

Pęknięcia kołków cylindrowych silników, chłodzonych wodą tłumaczone nierównym rozstawieniem tych kołków na obwodzie i niejednakową wysokością sąsiadujących kołnierzy, przymocowanych tym samym kołkiem. Spowodowane wskutek tego dodatkowe trwałe naprężenie zginające stanowiło przyczynę uszkodzenia. Ze względu na niemożność/ brak miejsca/ dostatecznego wydłużenia wolnej zginanej części kołka trzeba było dawać bardzo niskie kołnierze aby w ten sposób zmniejszyć naprężenie zginające w kołkach. Metoda ta dała dotychczas dobre wyniki, wyrażające się w spadku ilości uszkodzonych kołków do 1/8 - 1/10 tego, co obserwowano poprzednio.

Wobec prób na hamowni z cylindrami azotowanymi napotkano nieoczekiwane trudności, wyrażające się w znacznym wzroście zużycia pierścieni. Przyczyny tego zjawiska nie zostały dotychczas całkowicie zbadane, konieczna jest zatem dalsza praca badawcza, prowadząca do opanowania trudności, z którymi zagranicą umiano już sobie poradzić.

### 3. Zawory i sprężyny.

Podczas gdy zawory wlotowe zachowywały się w sposób zadowalający, to zawory wydechowe we wszystkich prawie silnikach były źródłem trudności, spowodowanych znacznym obciążeniem cieplnym. Warunki, powodujące uszkodzenia tych części nie zostały jeszcze całkowicie wyjaśnione. W osi głównej zaworu występują pęknięcia trojakiego rodzaju: pęknięcie w szyjce, pęknięcie przy przejściu trzonka zaworu w talerzyk i pęknięcie w samym talerzyku.

Pęknięcie szyjki jest zazwyczaj wywoływane działaniem karbu w miejscu przymocowania gniazda sprężyny i powinno być zwalczane drogą bardzo starannej obróbki i daniem wszędzie zaokrąglenia.



Pęknięcie zaworu przy przejściu w talerzyk ma swoją przyczynę w niedostatecznej wytrzymałości gorącego materiału, w złym prowadzeniu zaworu w przewodnicy lub nierównomiernym i nieszczelnym przyleganiu siedzenia zaworu. Dotychczas przeciwstawiano się tym uszkodzeniom przez zastosowanie odpornych na gorąco stali austenitycznych i przez polerowanie powierzchni przy przejściu trzonka w talerz. Należało się przytem liczyć z gorszym przewodnictwem cieplnym tych stali, co uszakże nie spowodowało dotychczas ujemnych skutków. Wprowadzenie tej stali zmniejszyło ilość pęknięć w stosunku do czasu pracy zaworu mniej więcej sześciokrotnie. Ponadto nowy materiał pozwolił na zwiększenie czasu pracy zaworu do 700-800 godzin.

Trzeci rodzaj pęknięć, występujących w samym talerzu zaworu, jest spowodowany trudnościami wykonania, występującymi zwłaszcza przy produkcji zaworów o dużej średnicy talerza. Lekarstwem na to niedomaganie jest ulepszenie sposobu odkuwania zaworów.

Co się tyczy sprężyn zaworowych i występujących w nich licznych pęknięć, to trwałość ich dałaby się poprawić przez szczegółowe zapoznanie się z dynamicznymi obciążeniami, które w nich występują. Poprawy w tej dziedzinie należy oczekiwać na drodze uwzględnienia w obliczeniach nie tylko obciążenia statycznego ale i dynamicznego wywołanego drganiem sprężyny.

#### 4. Tłoki.

W niemieckich silnikach występują tłoki dwójakiego rodzaju, szklankowe i trzewikowe, zarówno w silnikach chłodzonych wodą jak i powietrzem. Całkowity czas pracy tłoków i sworzni tłokowych wynosi między 400 a 800 godzinami podczas gdy pierścienie tłokowe pracują od 200 do 400 godzin. Granice używalności kładzie zazwyczaj zużywanie się tych części. Pęknięcia i rysy występowały we dnie tłoka i przy otworach dla sworzni. Rzadsze uszkodzenia dna miały postać odłamywania okrągłych kawałków i były zrazu przypisywane wpływowi zimnego powietrza ssanego przy rozruchu ciepłego silnika. W istocie rzeczy uszkodzenia te tłumaczą się raczej naprężeniami odlewniczymi, lub w pewnych wypadkach obecnością porowatości w odlewie. Rysy w pobliżu otworów dla sworzni były stwierdzane dość często. Przyczynę tego zjawiska mogło niekiedy stanowić owalizowanie się sworzni tłokowych, stwarzające dodatkowe naprężenia w przylegającym materiale tłoka. Krokami, zmierzającymi do poprawy były usztywnienie połączenia obsad sworzni z korpusem tłoka i zbliżenie miejsc podparcia dna tłoka. Podane wyjaśnienia wskazują na konieczność zdobycia doświadczeń nad przeniesieniem się sił ze sworzni tłokowego na korpus tłoka; jest to ważne zwłaszcza wobec istniejącej tendencji do zmniejszania ciężaru tłoka ze względu na siły masowe.

Bardzo nieprzyjemnym zjawiskiem jest zapiekanie się pierścieni w tłoku. Poprawę dało się tu co prawda osiągnąć przez wprowadzenie smarów, spalających się prawie bez pozostałości. Zagadnienie to nie jest jeszcze opanowane, a nadmierne zwiększanie luzu bocznego pierścieni jest szkodliwe, gdyż pogarsza odprowadzanie ciepła i szczelność i przyczynia się do zwiększenia zużycia pierścieni. Zapiekanie się pierścieni jest napotykanie zwłaszcza w dużych silnikach chłodzonych powietrzem i pracujących przy wysokich temperaturach, sprzyjających koksowaniu smarów.

Celem natychmiastowego wykrycia zła należy stale zwracać uwagę na sprężanie we wszystkich cylindrach. Stwierdzono, że cylindry muszą być zdejmowane po 70 - 100 godzinach celem wyczyszczenia pierścieni tłokowych.

Najbardziej narażony jest pierścień, położony u góry tłoka ze



względu na stykanie z gazami i pozostałościami po spalaniu. Przeciwdziałanie temu przez odsunięcie górnego pierścienia od dna nie przyczyniło się do poprawy, spowodowało jedynie wzrost temperatur tłoka wskutek powiększenia części tłoka leżącej nad pierścieniami. W ten sposób odległość pierścienia od górnej krawędzi tłoka musiała być przyjęta dla tłoków o większej średnicy na 6 do 8 mm, niedających się zwiększyć ze względów cieplnych, zmniejszyć - z wytrzymałościowych. Polepszenie istniejącego stanu rzeczy da się może osiągnąć przez doprowadzenie w jakiś specjalny sposób do zetknięcia części tłoka nad pierścieniami z cylindrem, co się przyczyni do zmniejszenia obciążenia cieplnego pierścienia i do ochrony ich przed zanieczyszczeniem.

Istnieje granica stosowalności tłoków trzewikowych, wyznaczona trudnościami niedopuszczania smaru do przestrzeni dawkowej, względy konstrukcyjne bowiem zmuszają do umieszczenia przy tych tłokach pierścienia zgarniającego w bliskości pozostałych pierścieni. W ten sposób następuje znaczne skrócenie przeszkody, chroniącej przed dostępem smaru do przestrzeni dawkowej. Poprawa nie da się osiągnąć przez powiększenie nacisku, wywieranego przez pierścienie, gdyż doprowadziłoby to do zwiększonego zużycia i tarcia pierścieni.

Na zakończenie należy zauważyć, że przy umieszczaniu na tłokach jak i na wszelkich innych częściach znaków i cyfr kontrolnych trzeba zachować dużą ostrożność, znaki te bowiem mogą dać początek rysom i pęknięciom.

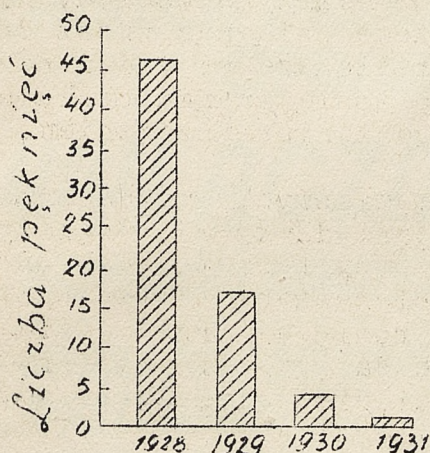
## 5. Korbowody.

Liczba uszkodzeń korbowodów była w przeciągu ostatnich lat dość znaczna. Brane są tu pod uwagę tylko uszkodzenia, występujące bezpośrednio a nie na przykład pod wpływem zatarcia tłoków lub wytępienia łożysk. Istnieją dwa typy pęknięcia: pęknięcie przy otworze dla łożyska rolkowego korbowodu i pęknięcie w łączniku. Poniżej będzie mowa tylko o pierwszym rodzaju uszkodzeń, który przyczynił się do zdobycia nowych doświadczeń. W pewnym wypadku miano do czynienia z korbowodem zaopatrzonym po stronie korby we dwa otwory: jeden dla czopa korbowego, drugi dla sworznia korbowodu bocznego. W obu wypadkach kontakt następował za pośrednictwem rolek toczących się po powierzchniach hartowanych. Pierwszą oznaką uszkodzenia było odpryskiwanie zahartowanej warstwy w otworze głównym korbowodu, doprowadzające przy dalszym działaniu szkodliwych wpływów do pęknięcia w sąsiadującym materiale. Pęknięcie to może również wystąpić bez uprzedniego uszkodzenia toru rolek. Przy szukaniu przyczyny zatrzymano się z początku na badaniu zachowania się korbowodu podczas hartowania. Przez wycięcie materiału stwierdzono istnienie naprężeń, wywołanych nierównomiernym studzeniem po hartowaniu, które postarano się usunąć przez wprowadzenie środków specjalnej izolacji, zmierzających do równomierniejszego studzenia części. Badając rozkład naprężeń, wywołanych statycznym obciążeniem korbowodu, przekonano się, że zamiana łożyska dla korbowodu bocznego z rolkowego na ślizgowe prowadzi do zmniejszenia maksymalnych naprężeń w ścianie, dzielącej oba otwory dla korbowodu. Należy poczekać na wyniki pracy przerobionych korbowodów aby móc coś powiedzieć o skuteczności dokonanych zmian. Być może, iż do uszkodzeń korbowodów przyczyniło się również większe łożysko rolkowe, ukształtowane we łbie korbowodu, ze względu na sztywność mniejszą od sztywności zwykłych łożysk o tej samej średnicy oraz na obecność otworów smarowych w powierzchni tocznej rolek. Na prawdziwość tych przypuszczeń zdaje się wskazywać szybkie zużywanie się łożyska.



## 6. Wały wykorbione.

Należy się tu przede wszystkim powołać na prace Lürenbauma,<sup>1/</sup> Stieglitza<sup>2/</sup> i Matthaesa<sup>3/</sup>, dotyczące drgań, występujących w wałach, oraz spraw materiałowych. Często zdarzające się za dawniejszych czasów pęknięcia wałów zostały w znacznym stopniu usunięte dzięki zastosowaniu tłumików drgań i unikaniu obrotów krytycznych. Rys. 4 wskazuje, w jak znacznym stopniu niebezpieczeństwo pęknięcia wału zostało w ostatnich czasach zwalczone. Przyczyny pojedynczo zachodzących pęknięć wałów już po wprowadzeniu tłumików mogą być związane z tem, że przed założeniem tłumika wał został w znacznym stopniu, że <sup>osłabiony</sup> ze osadzenie piasty na wale stwarzało niekorzystne warunki pracy, że wreszcie nastąpiła podczas pracy zmiana własności tłumika, zupełnie prawdopodobna jeśli chodzi o tłumiki tarciove. Przy badaniu wytrzymałości przedniego końca wału należy się również liczyć z momentem bezwładności śmigła. Przy samolotach o dużej zwrotności mogą wystąpić w czasie zmiany kierunku lotu



Rys. 4.

wskutek bezwładności osi obrotu śmigła dodatkowe naprężenia gnące w wale; wielkość ich może dochodzić do  $15 \text{ kg/mm}^2$ .

Stożkowe kształtowanie zakończenia wału, przeznaczonego do osadzenia na niem piasty, wychodzi obecnie z użycia, w jego miejsce zaś wchodzi koniec cylindryczny z nacięciami na obwodzie lub specjalny kołnierz. Wadą stożka była jego skłonność do zagryzania się w piastę, wywołanego trudnością dobrego dopasowania i możliwością sprężystych przesunięć obu części względem siebie.

## 7. Łożyska.

Ogólnie biorąc można powiedzieć, że okres pracy silnika między dwoma remontami zależy w dużej mierze od trwałości łożysk. Dotyczy to znajdujących się jeszcze w powszechnym użyciu łożysk z białego metalu i w pewnym stopniu również łożysk kulkowych i rolkowych. Czas pracy łożysk wału wykorbionego wynosi dzisiaj średnio 400 do 600 godzin dla łożysk głównych i 300 do 400 godzin dla łożysk korbowodów przy naciskach  $135$  do  $140 \text{ kg/cm}^2$ .

Łożysko rolkowe typu podanego przy opisie korbowodów musi być wymieniane już po 250 godzinach. W ostatnich czasach istnieją usiłowania zastąpienia białego metalu, którego wartość, sprężystość i wytrzymałość na nacisk nie odpowiada już dzisiejszym wymaganiom, przez bronz ołowiowy. Dotychczas przewidziane próby dały dobre wyniki, jednak dalsze trwanie ich nie pozwala na ogłoszenie liczb. Należy zauważyć, że nowy twardszy metal łożyskowy oddziaływa z początku dość silnie na czoł wału i wymaga większego luzu, aniżeli łożysko z białego metalu zwłaszcza przy zastosowaniu wałów hartowanych.

Stosowanie łożysk szpilkowych miało dotychczas charakter prób

1/ K. Lürenbaum, Die Schwingungen in Luftfahrzeug- Triebwerksanlagen. Luftfahrtforschung, tom 6, zeszyt 4, 1930.

2/ A. Stieglitz, Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Kurbenwellen-Schwingungen. Luftfahrtforschung, tom 6, zeszyt 4, 1930.

3/ K. Matthaes, Kurbenwellenbrüche und Werkstofffragen. Luftfahrtforschung, tom 8, zeszyt 4, 1930.



za wyjątkiem sworzni tłokowych i osi dźwigen. W miejscach tych, przenoszących ruch wahliwy, osiągnięto przy zastosowaniu tych łożysk bardzo dobre wyniki. Usiłowanie wprowadzenia łożysk szpilkowych przy wykorbieniu napotkało na duże trudności, szpilki wymagają bowiem bardzo twardych powierzchni tocznych, a kwestja luzów średnicowych nie została jeszcze dla nich dostatecznie zbadana. Po dostosowaniu luzu średnicowego do wymagań szpilek łożysko takie pracowało również bez zarzutu. Doświadczenia nad tym wypadkiem nie przekraczają dotychczas 135 godzin pracy.

### Zakończenie.

Powyższe rozważania dają możliwie obszerny przegląd warunków pracy silników lotniczych. Ograniczenie miejsca pozwoliło jedynie na wejrzenie w ważniejsze zagadnienia związane z pracą silnika i na specjalne trudności i uszkodzenia występujące przy głównych jego częściach bez uwzględnienia wielu korzystnych doświadczeń, stanowiących najcenniejszą zdobycz jaką daje praktyka. Autor podkreśla silnie ostatnie zdanie, nie chce bowiem zostawić czytelnika pod wrażeniem częstych uszkodzeń, jakim ulegają niemieckie silniki, czemu zresztą przeczy regularność, wykazywana przez niemieckie lotnictwo komunikacyjne.

---oooOooo---

### D O C Z Y T E L N I K O W.

Komunikujemy, że przedstawicielem Administracji " Technicznych Nowości Lotniczych" na terenie Polskich Zakładów Skody jest obecnie p. Henryk Lilienthal, pracujący w Wydziale Technicznym, tel. wewn. 61. Pan Lilienthal posiada upoważnienie do pobierania należności za prenumeratę i pojedyncze numery i przyjmuje zamówienia zarówno na prenumeratę jak i na pojedyncze numery. Godziny przyjęć codziennie podczas przerwy obiadowej: 12.00 - 12.30 .

W związku z dużym zainteresowaniem, z jakim się spotkało nasze wydawnictwo następujące numery wydane w 1933 r. zostały już całkowicie wyczerpane: jednodniówka, wydana w marcu; Nr. 1/ maj-czerwiec; Nr. 3 / sierpień/. W razie otrzymania przez administrację dostatecznej ilości zgłoszeń/ przynajmniej 20/ numery te będą mogły być wydrukowane i sprzedawane w cenie po 3 zł. 50 gr. za egzemplarz.

---oooOooo---

### WSPÓŁPRACA NAUKOWA:

inż. Kontowtt Stanisław,  
inż. Sliwiński Jan,

inż. Strzeszewski Włodzimierz,  
inż. Tuszyński Jan.

Wydawca i redaktor: inż. Tuszyński Jan.

ODBITO W ZWIĄZKU SŁUCHACZÓW ARCHITEKTURY - KOSZYKOWA 55, tel. 8-77-68.



# ALBIN ZABORSKI

ZAKŁAD WYŚWIETLANIA RYSUNKÓW  
SKŁADNICA PRZYBORÓW KREŚLARSKICH  
OPRAWA PLANÓW

## WYŁĄCZNA SPRZEDAŻ

PAPIERÓW ŚWIATŁOCZUŁYCH „OZALID”

APARATÓW DO WYŚWIETLANIA  
RYSUNKÓW

R. REISS LIEBENWERDA

MASZYN DO PISANIA

WOODSTOCK CO  
TYPEWRITER CHICAGO

CENTRALA: WARSZAWA UL. WIDOK 22, TEL. 525 09

ODDZIAŁ: GDYNIA UL. ŚWIĘTOJAŃSKA, TEL. 25 00

FABRYKA POMOCNICZA  
DLA PRZEMYSŁU LOTNICZEGO  
I SAMOCHODOWEGO



ASTENHAGEN  
IH. TRĄŃSKY  
WARSAWA

UL. KAZIMIERZOWSKA N:61  
TEL. 8-58-90.



# PANSTWOWE ZAKŁADY LOTNICZE

W A R S Z A W A

P U Ł A W S K A №2<sup>a</sup>

Adres telegraf: PEZETEL

Tel: 850-25, 848-24



SAMOLOTY SPORTOWE  
TURYSTYCZNE I WOJSKO-  
WE, LĄDOWE I MORSKIE

ŚLIZGOWCE, KAJAKI  
SKŁADANE, ORAZ WSZELKIE  
KONSTRUKCJE LOTNICZE