

# TECHNIKA LOTNICZA

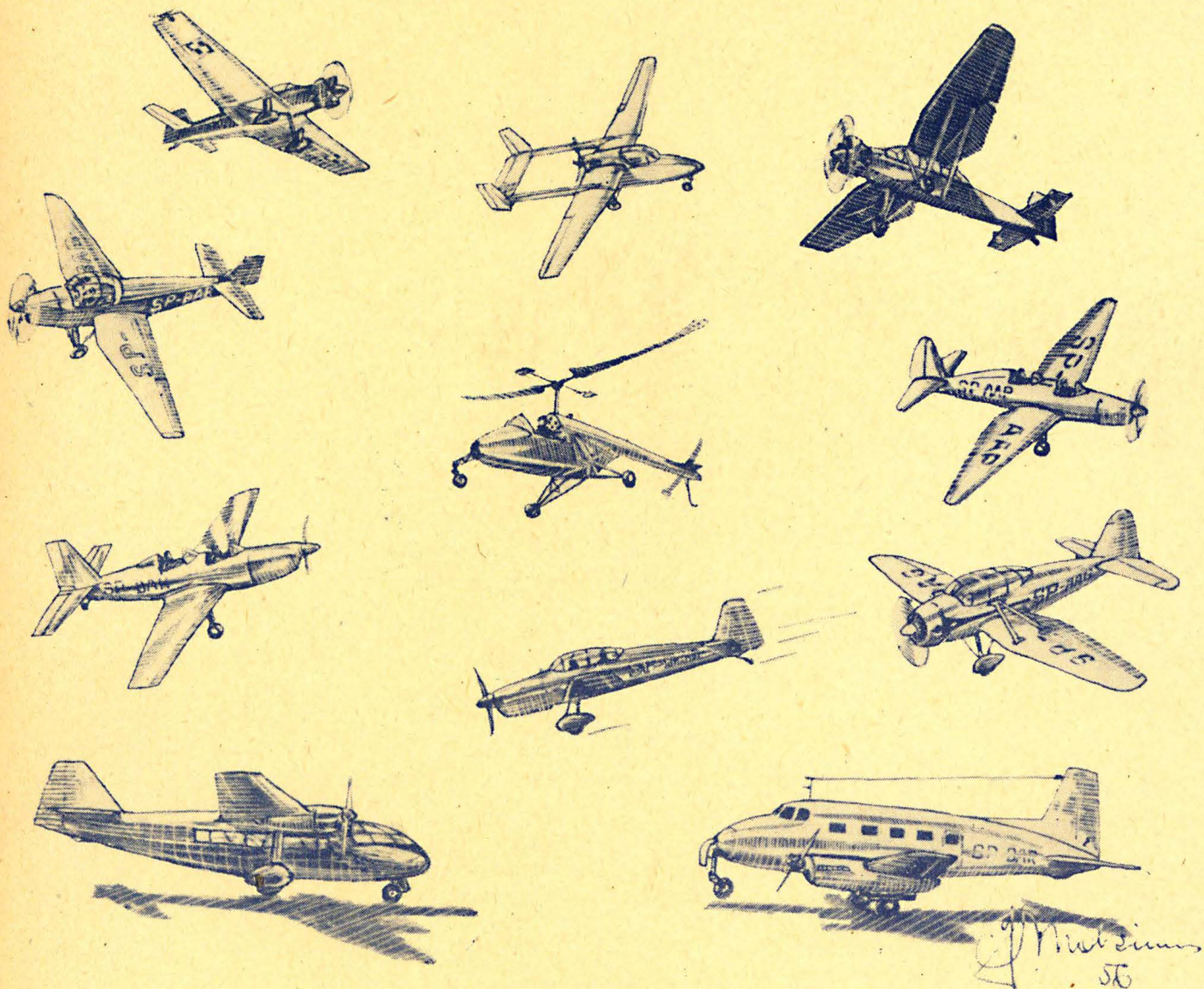
LIPIEC – SIERPIEŃ

4

1956 R.

ROK XI

DWUMIESIĘCZNIK SEKCJI LOTNICZEJ STOWARZYSZENIA NAUKOWO-TECHNICZNEGO  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH



## TREŚĆ ZESZYTU

	Str.		str.
Ziarno kielkuje . . . . .	97	Skrzynka techniczna — Lotnicza Komisja Historyczna Aeroklubu PRL rozpoczęła działalność . . . . .	122
J. Morawski: Indukcyjne przekaźniki nieograniczonych kątów obrotu i ich zastosowanie w automa- tyce lotniczej, cz. II . . . . .	100	Nowości techniczne . . . . .	123
Do naszych Czytelników . . . . .	105	Na półkach księgarskich . . . . .	126
Produkcja — T. Wiślicki: Klejenie niemetali, cz. II . . . . .	106	Przegląd Dokumentacyjny Lotnictwa . . . . .	127
Przy rysownicy — L. Dulęba: Jedno z zagadnień do- boru sprężyn . . . . .	117	Pomoc Konstruktorskie — K. Korner: Pokrycie gal- waniczne stosowane w konstrukcjach lotniczych (dokończ.) . . . . .	
Notatnik użytkownika — Przetarty przewód elek- tryczny powodem pożaru samolotu . . . . .	122	H. Zatyka: Skóry stosowane w konstrukcjach lot- niczych . . . . .	okł.

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

# „Pomoce Konstruktorskie Techniki Lotniczej”

## Pokrycia galwaniczne stosowane w konstrukcjach lotniczych

W dokończeniu poprzednich Pomocy Konstruktorskich podane są dalsze tabele trzeciej grupy „pomoce technologiczne”, trzeciej podgrupy „sposoby przygotowania powierzchni” (tabela 30, 31) i czwartej podgrupy „składy i warunki pracy roztworów służących

do uzyskiwania pokryciowych warstwek nieorganicznych” (tabela 32-38).

Zebrał i opracował na podstawie dostępnej literatury mgr inż. K. Körner

**Tabela 30 Skład i warunki pracy roztworów do chemicznego i elektrochemicznego dekapowania**

Nazwa odczynników i warunki pracy	Wzór chemiczny	Zawartość g/litr									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kwas siarkowy c.wł. 1,84	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		700-800				30-50				
Kwas solny c.wł. 1,19	HCl	30-50				30-50			30-50		
Wodorotlen. sodu c.wł. 1,25	NaOH						50-100		50-100		
Cyjanek potasu	KCN		30-40	30-40							
Węglan potasu	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			20-30							
Kwas azotowy c.wł. 1,4	HNO <sub>3</sub>									30-50	
Dwuchromian potasu	K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	20-30									
Temperatura roztworu °C		40	18-25	18-25	18-25	18-25	18-25	40-60	18-25	40-60	18-25
Gęstość prądu A/dcm <sup>2</sup>			5-10		3-5						

Uwaga: Roztwory 1 i 2 przeznaczone są do dekapowania stali, 3 i 4 do dekapowania miedzi i jej stopów; 5 i 6 do cynku; 8 i 9 do aluminium i jego stopów; 10 do ołowiu i jego stopów.

**Tabela 31 Skład i warunki pracy roztworów do chemicznego trawienia metali kolorowych i ich stopów**

Nazwa odczynników i warunki pracy	Wzór chemiczny	Zawartość g/litr							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Kwas azotowy c.wł. 1,40	HNO <sub>3</sub>	300	100	750	600	1000	700	75	-
Kwas solny c.wł. 1,19	HCl	5	2,5	-	25	4	-	-	75
Kwas siarkowy c.wł. 1,84	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	700	800	-	-	-	900	-	-
Kw. fluorowodorowy c.wł. 1,15	HF	-	-	1000	500	-	-	-	-
Chlorek sodu	NaCl	-	-	20	-	-	15	-	-
Azotan sodu	NaNO <sub>3</sub>	-	-	-	65	-	-	-	-
Solnierz cynku	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	-	-	-	350	-	-	-	-
Sadza holenderska		-	-	-	-	2-3	1-2	-	-
Temperatura trawienia °C		18-25	18-25	18-25	40-60	18-25	18-25	18-25	18-25
Czas trawienia sek.		20-30	5-10	180-300	30-40	120-180	30-40	20-30	30-100

Uwaga: Roztwór 1 przeznaczony jest do wstępnego trawienia miedzi i jej stopów. 2 - do trawienia miedzi dla otrzymania połysku; 3 - do wstępnego trawienia odlewów ze stopów miedzi. 4 - do trawienia odlewów dla otrzymania połysku; 5 - do wstępnego trawienia nowego srebra. c.d. obok

**Tabela 31 c.d.**  
 6 - do trawienia nowego srebra dla otrzymania połysku,  
 7 - do trawienia ołowiu i jego stopów;  
 8 - do trawienia cynku, cyny, kadmu i ich stopów.  
 Przy trawieniu miedzi i jej stopów należy zwrócić uwagę na stałość składu roztworów trawiących, a także na ich temperaturę.  
 Przy trawieniu mosiądzu należy pamiętać, iż nadmierne podwyższenie stężenia kwasu azotowego, lub wzrost temperatury roztworu trawiącego prowadzi do wzmożonego wytrawiania miedzi, przy czym stop zabarwia się na kolor bi zółty.  
 Podwyższenie stężenia kwasu siarkowego prowadzi do intensywnego wytrawiania cynku, a stop barwi się na kolor miedzi.

**Tabela 32 Zasadnicze odmiany elektrochemicznego oksydowania i anodowania aluminium i jego stopów.**

Rodzaj prądu	Elektrolit		Napięcie V	Gęstość prądu DaA/dcm <sup>2</sup>	Temperatura tawienia elektrolitu °C	Uwagi
	nazwa	zawartość %				
Stały	Kwas siarkowy	20-25	8-30	0,5-3	10-25	Uniwersalna metoda utleniania aluminium; otrzymuje się ściśle, twarde warstewki dobrze chroniące przed korozją; posiadają one ozdoby wyjątkowe. Czas 20-40 min.
Stały	Kwas siarkowy	20	20-120	2-5	1-10	Powłoki o grub. do 200 μ. Na gładzie układów hydraulicznych i pneumatycznych. Literatura: 1) A.N.Z.S.R.R. Trudy Inst. Fiz.-Chem. 1951r. 2) British Pat. 703390. 3) Aluminium-zesz. 7/8-1955r.
Stały	Kwas szczawowy	do 10	30-60	1-2	18-30	Stosuje się rzadko; nie nadaje się do utleniania przedmiotów spawanych ze względu na rozpuszczanie się spoin w kwasie szczawowym. Czas 10-30 min. grub. 15 μ.
Zmienny	Kwas szczawowy	5	30-80	1-5	20-45	Za pomocą tej metody otrzymuje się warstewki przezziarzone do ozdobnego barwienia i do izolacji elektrycznej taśm i drutów. Czas 40-60 min. grub. 20-80 μ.
Stały	Bezwodnik kwasu chromowego	2,5-3,0	20-50	0,2-1,0	40	Do celów ochronnych. Nie wymaga uszczelnienia. Czas 50 min. grub. 2,5-5 μ.

### СОДЕРЖАНИЕ

Зерно всходит	97
J. MORAWSKI: Индукционные передачи неограниченных углов поворота и их применение в авиационной автоматике	100
К нашим читателям	105
Производство — Т. WISLICKI: Клейка неметаллических материалов. Часть II	106
За чертежной доской — L. DULĘBA: Один из вопросов подбора пружин	117
Заметки по технической эксплуатации	122
Технический почтовый ящик	122
Технические новости	123
На книжных полках	126
Документальный обзор авиации	127
Конструкторские пособия — K. KÖRNER: Гальванические покрытия применяемые в авиационных конструкциях. (окончание).	
H. ZATYKA: Сорта кожи, применяемые в авиационных конструкциях	обертки.

### стр.

### CONTENTS

The seed sprouts	97
J. MORAWSKI: Induction transmitters of unlimited angular motion and their use in aviation automatics	100
To our readers	105
Production — T. WISLICKI: Glueing of non metals	106
At the Drafting Board — L. DULĘBA: One aspect of spring selection	117
The User's Note-Book	122
Technical Letter Box	122
Technical News	123
On Booksellers Shelves	126
Aviation Documentation Review	127
Designer's Data Sheets — K. KÖRNER: Galvanic coatings used in aircraft production (part II); H. ZATYKA: Leathers used in aircraft production	on cover

### page:

TECHNIKA LOTNICZA — Dwumiesięcznik Sekcji Lotniczej Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Mechaników Polskich

Wydawnictwo NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ Redaguje Komitet Redakcyjny w składzie: Redaktor Naczelny — mgr inż. Jan Paczoski, Redaktorzy Działowi — mgr inż. St. Lassota, mgr inż. R. Lewandowski, mgr inż. St. Madeyski.

Adres Redakcji: Warszawa 10, Nowowiejska 24. Redaktor Naczelny przyjmuje we wtorki i piątki godz. 18-19.

Redaktor techniczny: Bogdan Sadlik. Sekretarz redakcji: Jarosława Berżyńska

Adres Administracji: Administracja Czasopism Technicznych NOT, Warszawa, ulica Mickiewicza 18, tel. 33-11-72 i 33-01-11  
 Cena pojedynczego zeszytu 9.— zł. Prenumerata roczna 54.— zł. Półroczna 27.— zł.

# TECHNIKA LOTNICZA

DWUMIESIĘCZNIK SEKCJI LOTNICZEJ STOWARZYSZENIA NAUKOWO-TECHNICZNEGO  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

ROK XI

LIPIEC – SIERPIEŃ 1956 R.

ZESZYT 4 (40)

## Ziarno kielkuje

Gdy w artykule wstępnym, zamieszczonym w zeszycie 1/56 naszego czasopisma, rzuciliśmy myśl wypowiedzenia się ogółu inżynierów i techników lotniczych w sprawie długofalowych planów naszego lotnictwa, przedstawiając wypracowane w łonie Redakcji nasze zdanie w tej sprawie, z pewną treścią czekaliśmy na odzew i bieg wydarzeń. Pierwsze miesiące nie wróżyły zbyt pomyślnych horoskopów. Trzeba pamiętać, że było to jeszcze w okresie przed XX Zjazdem KPZR, w okresie kiedy panowała w lotnictwie jeszcze „zmowa milczenia“.

Ta „zmowa milczenia“ została wreszcie przerwana. Zaczęło się od Koła Zakładowego Sekcji Lotniczej SIMP przy Instytucie Lotnictwa, które odważnie, jasno i z pasją postawiło w jawnej dyskusji z udziałem przedstawicieli władz, sprawy, które dotychczas leżały na sercu wszystkim nam — zapaleńcom lotnictwa — a które nie miały możliwości dotrzeć pod rozwałę do tych, których głosy decydują.

„Żądamy koordynacji spraw lotniczych“, „Być albo nie być polskiej myśli lotniczej“, „Do lamusa, na ćwiczenia straży pożarnej czy... do produkcji pójdą nasze prototypy“ — takie tytuły nadałby wytrawny redaktor prasy codziennej sprawozdaniom z obrad. Z braku miejsca nie możemy niestety zamieścić poszczególnych wypowiedzi, co najlepiej oddałoby nastrój zebrania i stanowiło ilustrację wniosków zawartych w podanym dalej memoriale.

Cieszymy się, że rzucona przez nas myśl rozprzestrzeniła się, ziarno kielkuje. Dużo cennego materiału do wniosków inżynierów z I Lotu dorzuciło spotkanie inżynierów i techników lotniczych z przedstawicielami zainteresowanych resortów, zorganizowane w MPMoł przez miejscowe Koło SIMP, dużo myśli wniosą niewątpliwie tocące się obecnie dyskusje w kołach zakładowych oraz podsumowująca dyskusja delegatów z całej Polski.

W chwili, gdy słowa te piszemy — jakże niestety odległej od dotarcia ich do Czytelnika — jest jeszcze zbyt wcześnie na ogólne podsumowanie. Należy jednak uwypuklić pewne momenty, które mają, naszym zdaniem, znaczenie zasadnicze. Najważniejszy może wydaje się fakt odzyskania zaufania do fachowców przemysłu lotniczego. Zapowiedź większego brania pod uwagę rad fachowców oraz zapowiedź udostępnienia pracy w lotnictwie ludziom niestusznym od lotnictwa usuniętych, wyrażone przez obywatela Wiceministra naszego resortu, najwięcej nas cieszy i pozwala przypuszczać, że pozwoli to na realne usprawnienie pracy w naszym lotnictwie. Należy też podkreślić wynikającą z obrad konieczność koordynacji zagadnień lotnictwa w naszym kraju oraz konieczność bardziej długofalowego niż obecnie planowania w zakresie prac badawczych i przewidywanych konstrukcji. Wydaje się też konieczne, aby nasze zakłady produkcyjne sprawniejsz niż dotychczas realizowały nowe konstrukcje.

Mamy nadzieję, że staranna analiza wniosków postawionych w memoriale i wniosków z dalszych obrad, pozwoli opracować takie przedsięwzięcia organizacyjne, które stworzą naszemu lotnictwu możliwości rozwojowe godne naszych ambicji narodu o poważnej tradycji lotniczej.

### MEMORIAŁ KOŁA LOTNICZEGO SIMP PRZY INSTYTUCIE LOTNICTWA

061.2(438)

My, członkowie Koła Lotniczego SIMP przy Instytucie Lotnictwa jesteśmy aktywnymi budowniczymi lotnictwa Polski Ludowej. Są wśród nas inżynierowie i technicy, naukowcy i konstruktorzy, ludzie młodzi i starsi doświadczeni pracownicy, wszyscy złączeni tą samą ideą — umiłowanie lotnictwa naszej Ojczyzny. Wszystkich łączy pragnienie, aby lotnictwo to było na miarę polskich tradycji i możliwości, aby było nowoczesne i silne, aby służyło jak najlepiej wielkiej sprawie postępu. Pełni zatem poczucia społecznej odpowiedzialności jaka ciąży na nas, zorganizowanych członków SIMP, czujemy się w obowiązku przerwać wreszcie „znową milczenia“ jaką roztoczono wobec wielu lotniczych spraw.

Chcemy omówić wszystkie bolączki i błędy lotnictwa i zaapelować o rozpatrzenie naszych głosów przez najwyższe organy władzy ludowej.

Droga rozwojowa, jaką w ostatnim dziesięcioleciu przeszło polskie lotnictwo, nie zawsze wytyczana była zgodnie z dobrymi tradycjami polskiej techniki lotniczej, z możliwościami naszego przemysłu i kadr, z potrzebami naszej gospodarki narodowej. W „ślepej uliczce“ znalazły się prawie wszystkie zagadnienia związane z postępowaniem w lotnictwie, w technice, komunikacji i sporcie.

Mimo poważnych sukcesów w dziedzinie przemysłu na odcinku produkcji sprzętu obronnego ogólna atmosfera w przemyśle lotniczym nie jest dobra, przemysł ten prowadził często politykę przynoszącą wielkie straty gospodarcze. Zła była polityka personalna zarówno w przemyśle jak i w samym lotnictwie. Zahamowany został rozwój

i postęp techniczny w konstrukcjach, zaprzepaszczone pokazy dorobek prototypowy lat powojennych.

W początkowych latach powojennych w naszym powstającym przemyśle lotniczym panowała atmosfera przesadnej, często nieuzasadnionej podejrzliwości i nieufności w stosunku do dawnych pracowników przemysłu lotniczego. Wielu wartościowych, wysoko wykwalifikowanych ludzi lotnictwa ciężko skrzywdzono przez nieprzemysłane szykany. W większości ludzie ci albo zostali z lotnictwa usunięci, albo sami uciekli od nieznośnych stosunków panujących w tej dziedzinie przemysłu. W ten sposób straciliśmy przeważnie bezpowrotnie cenną kadrę fachowców. Nie tylko zresztą starsza przedwojenna generacja inżynierów i techników padła ofiarą tej nierozsądnej akcji, większą może jeszcze stratę ponosiła nasza gospodarka skutkiem niedopuszczenia do pracy w przemyśle lotniczym i lotnictwie młodych entuzjastów wychowanych i wykształconych po wojnie, setki tych młodych ludzi obdarzonych wielkim zapalem do wybranego zawodu, zostało przez beznamiętnych i podejrzliwych urzędników skierowanych do innych dziedzin.

Sprzęt stosowany przez nasze lotnictwo cywilne i sportowe jest prawie z reguły przestarzały. Nie ma pełnego pokrycia potrzeb odpowiednim wachlarzem typów. W 12-tym roku istnienia Polski Ludowej — wiele gałęzi naszego lotnictwa istnieć może tylko dzięki importowi sprzętu z zagranicy, sprzętu, który można taniej wytwarzać w kraju.

Jaskrawy przykład polityki przynoszącej wiele szkody dla rozwoju krajowego lotnictwa stanowi sprawa LWD, biura konstrukcyjnego i warsztatów w Łodzi, skąd wyszło

wiele prototypów samolotów (Szpaki, Żaki, Zuchy, Miś, Junak) oraz Centralnego Studium Samolotów w Warszawie, gdzie zaprojektowano i zbudowano również kilka udanych prototypów. Placówki te były kuźnią kadr dla przemysłu lotniczego, mimo to zostały zlikwidowane odgórnym aktem administracyjnym, bez przemyślenia następstw tego.

Prototypy zarówno łódzkie jak i warszawskie zostały odstawione w zapomnienie. Udany samolot pasażerski CSS-12, tej klasy, która jest bardzo potrzebna na liniach nie tylko krajowych ale i zagranicznych, stał w zapomnieniu przez 5 lat. A przecież prototypy powstałe były owocem ofiarnej pracy konstruktorów, inżynierów i warsztatowców, ludzi kochających gorąco swoją pracę.

Konstruktorzy L.W.D. pod kierunkiem inż. Sołtyka tworzyli w małej fabryczce mebli, bez niczyjej pomocy; aby móc budować samoloty, musieli zarabiać wykonując w połowie tego warsztatu meble, ławki szkolne i szafy. W takich prymitywnych warunkach, niemal bez poparcia czynników państwowych, powstałe samoloty były niemalym osiągnięciem. W niewiele lepszych warunkach powstały prototypy C.S.S. stworzone przez prof. Misztala. Gdyby praca naszych konstruktorów została otoczona należyłą opieką, gdyby umożliwiono im dalszy rozwój ich prototypów, przypuszczać należy, że dzisiaj przemysł nasz produkowałby nowoczesny sprzęt rodzimej konstrukcji. Tymczasem konstruktorzy LWD i CSS zniechęceni zostali w znacznej części do pracy w lotnictwie, gdy widzieli jak na miejsce ich samolotów pretendujących do nowoczesności, wprowadzono do produkcji przestarzały samolot PO-2, samolot z lat dwudziestych.

W podobny sposób zaprzepaszczony został wysiłek nad opracowaniem polskiego mołoszybowca, który od 11 lat nie może doczekać się produkcji.

Na specjalną uwagę zasługuje zagadnienie silników lotniczych, sprawa ta w Polsce do chwili obecnej nie znalazła właściwego rozwiązania. Brak dostatecznej ilości nowoczesnych typów silników produkowanych w kraju albo importowanych stał się główną przyczyną zahamowania rozwoju naszego lotnictwa.

Problem silników jest kluczowy. Są nam potrzebne zarówno silniki tłokowe małej i średniej mocy, jak też już obecnie turbo-odrzutowe i turbo-śmigłowe. Jakikolwiek postęp techniczny lotnictwa jest nie do pomyślenia bez zabezpieczenia bazy silnikowej. Mimo to zmarnowany został wysiłek jedynego naszego konstruktora silników lotniczych inż. Narkiewicza, którego silnik małej mocy od wielu lat leży w zapomnieniu. Silnik ten dawno mógł zapoczątkować linię rozwojową ekonomicznych silników tłokowych. Konstruktor śmigłowcowy, inż. Żurkowski, przez kilka lat był pozostawiony sam sobie. W PKPG przez długi czas uznawano bowiem, że śmigłowce w Polsce są niepotrzebne. Błądność takiego stanowiska jest dziś wyraźnie widoczna. Musimy stwierdzić, niestety, że jak na początku pierwszych naszych powojennych lotniczych kroków tak i dzisiaj sytuacja nie uległa wyraźnej poprawie. Nie widzimy żadnego wyraźnego planu rozwoju własnych prac konstrukcyjnych. Konstruktorzy odnoszą często wrażenie, że praca ich jest nikomu niepotrzebna, a nad ich zespołami wisi nieustannie groźba likwidacji, co jak widzimy parokrotnie miało miejsce.

Likwidatorskie posunięcia nie ominęły również wydziałów lotniczych na politechnikach, wychowujących młode kadry inżynierskie. Zlikwidowano takie wydziały we Wrocławiu, w Łodzi, Krakowie i w Gdańsku. Mimo że odczuwa się brak pracowników o średnich kwalifikacjach zawodowych, ostatnio likwidacji uległo liceum lotnicze w Bielsku — ośrodku polskiej myśli szybowcowej. Efekt: w przemyśle lotniczym i w istniejących obecnie biurach konstrukcyjnych wiele prac wykonują inżynierowie innych specjalności. Oczywiście zagadnienie: jeden dobrze wyposażony wydział lotniczy, czy więcej mniejszych, jest problemem do dyskusji. Niemniej te dotychczasowe posunięcia cechują bezplanowość. Niewiele brakowało zresztą i do zlikwidowania nawet Instytutu Lotnictwa. W pamięci wielu inżynierów tkwi jeszcze akcja przerzutu specjalistów lotniczych do pracy w innych gałęziach, jak np. do przemysłu elektrotechnicznego.

Obecnie sytuacja uległa pewnej poprawie. Dziś już nikt nie głosi konieczności zamykania istniejących biur konstrukcyjnych, czy jednego już wydziału lotniczego na Politechnice Warszawskiej. Nadal brak jest jednak wyraźnych perspektyw rozwojowych dla polskiej myśli konstrukcyjnej, daje się odczuwać lekceważący stosunek do krajowych

możliwości i krajowego dorobku twórczego (wyrażający się m. in. w zakupie licencji takiego sprzętu, który możemy lepszy stworzyć w kraju), brak dostatecznego zainteresowania rozwojem polskiej techniki lotniczej, niezrozumienie problemów techniki lotniczej. Skutek takiego ustosunkowania się do lotnictwa odbił się też na wyższym szkolnictwie lotniczym. Dowodem tego jest bardzo słabo wyposażony w nowoczesne środki dydaktyczne i naukowe Wydział Lotniczy na Politechnice Warszawskiej, który po zlikwidowaniu takich wydziałów na innych uczelniach, stał się jedynym w kraju ośrodkiem kształcenia inżynierów lotników.

Nadal jeszcze Instytut Lotnictwa nie posiada minimalnego podstawowego wyposażenia technicznego, które umożliwiłoby prowadzenie samodzielnych prac naukowo-badawczych w podstawowych dziedzinach lotnictwa. Prace takie są niezbędnym czynnikiem postępu technicznego w naszym przemyśle, oraz są konieczne potrzebne przy konstruowaniu. Należy podkreślić, że lotnictwo w swoim rozwoju toruje drogę wielu innym gałęziom techniki, na przykład budowie turbin gazowych, motoryzacji, aerodynamice dla celów przemysłowych i wielu innym. Konstruktorzy lotnicy wprowadzają nowe awangardowe materiały. Wszystkie te sprawy nie znajdują jeszcze dostatecznego zrozumienia. Jakże jednak ma być inaczej, skoro sprawy lotnictwa, przemysłu lotniczego i nauki podlegają różnym resortom i organizacjom, Ministerstwu Przemysłu Motoryzacyjnego i Ministerstwu Transportu Drogowego i Lotniczego, D.W.Lot. i L.P.Ż. i innym. Instytucje te nie rozumieją wzajemnie swoich potrzeb i nie umieją z sobą współpracować w realizacji wspólnego celu. Poza tym, gdy na kierowniczych stanowiskach w przemyśle lotniczym w komunikacji lotniczej, a nawet i w sporcie lotniczym zasiadają ludzie, którzy z lotnictwem mgdy poprzednio się nie stykali i których przygotowanie techniczno-lotnicze jest znikomem lub równe zeru. Dla nas techników lotniczych, szczególnie jaskrawo rzuca się w oczy działalność takich niestety licznych niefachowych kierowników przemysłu lotniczego, dla których najwyższym i jedynym celem jest bieżąca produkcja, a którzy nie widzą, że w stosunku do reszty świata opóźniamy się z postępem techniczno-lotniczym i nie realizujemy żadnego niemal programu prac własnych naukowo-badawczych, w konstruowaniu sprzętu lotniczego, który za kilka jeszcze lat byłby sprzętem nowoczesnym. Kierownicy przemysłu lotniczego uzurpują sobie wyłącznie prawo decydowania co do polityki prototypowej tylko pod kątem widzenia potrzeb wojska, zapominając o tym, że zaplecem lotnictwa wojskowego jest również lotnictwo cywilne i sportowe, znacznie bardziej czułe na czynnik ekonomiczny. Efekt tego jest taki, że np. PLL "LOT" lata na wielu liniach w sposób wybitnie deficytowy, zmuszone do eksploatacji nieekonomicznego sprzętu, choć istnieją w kraju wszelkie możliwości, aby fabryki samolotów taki ekonomiczny sprzęt „Lotowi“ dały. Tymczasem w fabrykach lotniczych, w których po wojnie zainwestowano ogromne, często niewyżytkane kapitały, zamiast samolotów rozpoczyna się inna produkcja.

Uważamy, że dotychczasowy tryb decydowania o planach rozwojowych polskiego lotnictwa i o polityce prototypowej bez udziału konstruktorów lotniczych i doświadczonych inżynierów, orientujących się w nowoczesnych tendencjach rozwojowych lotnictwa, przynosi naszej gospodarce narodowej ogromną szkodę. Szkodą tą ma przede wszystkim charakter ekonomiczny. Z wyjątkiem samolotu odrzutowego, który jest rzeczywiście nowoczesny, produkujemy obecnie sprzęt przestarzały i nieopłacalny w eksploatacji. Sport lotniczy stoi w obliczu zupełnego braku sprzętu samolotowego. Wysoki kredyt moralny posiadany za granicą przez polski przemysł lotniczy jeszcze z lat przedwojennych jest zupełnie niewykorzystany. Polska będąca w dawnych latach eksporterem samolotów, jest obecnie — tylko importem.

W świadomości tej poważnej sytuacji polskiej techniki lotniczej i polskiego lotnictwa, zwracamy się do Komitetu Centralnego PZPR z niniejszym memoriałem, apelując o głębokie przanalizowanie zawartej w nim myśli i podjęcie odpowiednich decyzji, które zapewnią, że na odcinku lotnictwa Polska Ludowa zajmie miejsce, jakie należy się dobrze uprzemysłowionemu krajowi socjalistycznemu.

Po przedyskutowaniu projektu memoriału na naradzie, która odbyła się w Instytucie Lotnictwa w dniu 18.5.56 r., sprzeczwane zostały następujące wnioski do rozpatrzenia przez władze Partii i Rządu PRL.

1. Należy spowodować powstanie nadrzędnej instancji koordynującej zagadnienia lotnicze.
  - a) zapewnić w tej instytucji udział przedstawicieli wszystkich resortów zainteresowanych lotnictwem,
  - b) decyzje podejmować w oparciu o konsultacje z wybitnymi specjalistami lotnictwa,
  - c) dopuścić Sekcję Lotniczą SIMP do współdziałania w sprawach lotnictwa, techniki lotniczej i przemysłu lotniczego.
2. Należy stworzyć perspektywiczny plan rozwoju lotnictwa zarówno w zakresie produkcji prac konstrukcyjnych jak i naukowo-badawczych.
  - a) powinien on być zaprojektowany przy współudziale fachowców i z uwzględnieniem konkretnych propozycji czynników bezpośrednio zainteresowanych.
  - b) powinien on pójść w kierunku przejścia na własne konstrukcje nowoczesne, jako jedyną możliwość nadgonienia powstałych zaległości,
  - c) powinien on zapewniać ciągłość prac konstrukcyjnych i badawczych stwarzając niezbędne warunki do właściwego ich rozwoju,
  - d) powinien uwzględniać również możliwości eksportu ze względu na wyjątkową opłacalność transakcji zbytu tego rodzaju wyrobów,
  - e) musi on być stale analizowany i korygowany na podstawie światowych osiągnięć lotnictwa.
3. Dla umożliwienia realizacji ustalonego planu, należy:
  - a) zbudować odpowiednie zaplecze dla prac konstrukcyjnych i badawczych w postaci biur konstrukcyjnych w Instytucie Lotnictwa,
  - b) ustalić przepisy umożliwiające resortowi lotnictwa właściwe lokowanie i szybką realizację zamówień z zakresu kooperacji,
  - c) uwzględnić konieczność natychmiastowego realizowania potrzeb materiałowych i wykonawstwa dla prac prototypowych z pominięciem obowiązujących dotychczas formalności, które uniemożliwiają szybki postęp lotnictwa.
4. Zdając sobie sprawę z tego, że podstawą właściwego postawienia zagadnień lotniczych w naszym kraju są kadry, sprawa ta zasługuje na jak najdokładniejsze przeanalizowanie:
  - a) w pierwszym rzędzie trzeba stworzyć atmosferę, która wyeliminuje dotychczasowy wzajemny brak zaufania między szerokimi kadrami pracowników lotnictwa, a czynnikami kierującymi resortem lotnictwa,
  - b) w resorcie lotnictwa należy zatrudniać fachowców zainteresowanych zagadnieniami lotniczymi, a usunąć niezainteresowanych lub nie nadających się i stworzyć warunki zachęcające młodzież do pracy w lotnictwie,
  - c) przeprowadzić dokładną analizę dotychczasowej obsady personalnej poszczególnych stanowisk i dokonać zmian pod kątem widzenia najbardziej właściwego ustawienia i wykorzystania dysponowanych kadr fachowców, uwzględniając w miarę możliwości osobiste zamiłowania i zdolności.

- d) przeprowadzić szczegółową analizę uzasadnienia wykluczeń z resortu lotnictwa fachowców z tej dziedziny i umożliwić im powrót,
- e) przeanalizować słuszność posunięć likwidacyjnych w zakresie szkolnictwa zawodowego i wyższego specjalizacji lotniczej; wstrzymać te posunięcia odnośnie technikum lotniczych na terenie Warszawy i Bielska, rozpatrzyć możliwość utworzenia sekcji lotniczej nia WSI oraz ewentualnego utworzenia wydziałów lub sekcji lotniczych przy innych politechnikach,
- f) zwiększyć i unowocześnić wyposażenie oddziałów lotniczych na politechnice i w technikach,
- g) położyć duży nacisk na doszkolenie zawodowe kadr fachowców zatrudnionych w przemyśle i innych instytucjach lotniczych rozwijając zagadnienie praktyk krajowych i zagranicznych, oraz zabezpieczając dla tego resortu niezbędną ilość najnowszej zagranicznej literatury fachowej, przede wszystkim zaś cofnąć dotychczasowe skreślenia dewizowe funduszu importowego literatury fachowej,
- h) wobec katastrofalnego stanu rodzimej literatury fachowej spowodować atmosferę zachęcającą fachowców do publikacji technicznych, a dla umożliwienia realizacji wydawnictw przeprowadzić reorganizację tego zagadnienia, zmierzającą do powstania centralnego organu powołanego do ustalania potrzeb wydawniczych w zakresie lotnictwa; istniejący obecnie stan, w którym ludzie całkowicie niekompetentni z instytucji „Dom Książki“ czy też poszczególnych wydawnictw (np. PWT) decydowali w tych sprawach, doprowadził do stanu obecnego, przynoszącego wstyd naszemu krajowi znanemu ze swych tradycji lotniczych.

Przedstawione wnioski nie wyczerpują naturalnie całego zakresu potrzeb wynikających z rozwoju postępu w lotnictwie. Chcemy podkreślić, że istnieje wiele tematów bardziej wąskich, których znaczenie jest nie mniej ważne niż te, które ujęliśmy wnioskami. Dyskusja ich jednak mogłaby spowodować niepożądane rozproszenie i odwrócenie uwagi od punktów wytyczających kierunek rozwoju postępu w lotnictwie.

W zakończeniu apelujemy do czynników decydujących, aby słowo „opłacalność“ rozpatrywane było w najgłębszym zrozumieniu tego terminu, a więc przyjmując odpowiednią perspektywę. Niekoniecznie to tylko jest opłacalne co daje bezpośredni efekt finansowy. Istnieją niezaprzeczalne wartości i zyski, których w zlotówkach wyliczyć się nie da, a do takich właśnie należy oddziaływanie konstrukcji lotniczych na postęp techniczny we wszystkich prawie innych gałęziach przemysłu. Te wartości mierzyć można tylko patrząc wstecz, a my w tej chwili nie mamy na co patrzeć.

Sądymy, że urzeczywistnienie w lotnictwie podanych wytycznych przez wicepremiera Łapota i min. Lesza odnośnie postępu technicznego w konstrukcji dałoby w lotnictwie ten efekt, którego domagają się nasi fachowcy i naród.

#### NOTATKA Z NARADY W MPMot W DNIU 22 MAJA 1956 R.

Tematem obrad były perspektywy rozwoju przemysłu lotniczego w Polsce, zadania i rola przemysłu polskiego w rozwoju lotnictwa światowego, wytyczenie kierunków rozwojowych na przyszłość.

Najmocniej podkreślonym momentem przez uczestników była sprawa prawidłowego opracowania długofalowego planu rozwoju lotnictwa, eliminującego dotychczasowe dysproporcje, czy to między silną bazą przemysłową a opóźnionym rozwojem placówek naukowych i biur konstrukcyjnych, czy nawet w samym przemyśle opóźnieniem w stworzeniu dostatecznej bazy silnikowej i zaplecza materiałowego.

Wiele słów krytycznych padło na temat niedoceniań jeszcze do dnia dzisiejszego prac naukowo-badawczych na odcinku lotnictwa oraz przyczyn niezorganizowania silnych biur konstrukcyjnych jako podstawy naszych możliwości dopędzenia czołówki światowej w zakresie myśli technicznej.

Jeśli chodzi o rozwój konstrukcji na najbliższe lata, dyskusanci zgodni byli co do konieczności energicznego prowadzenia produkcji i konstruowania śmigłowców, jako

zagadnienia przyszłości, gdzie nie mamy jeszcze zbyt wiele opóźnień, a natomiast są poważne perspektywy rozwoju tej gałęzi lotnictwa, mimo chwilowo dużych kosztów eksploatacji.

Z ogólną aprobatą spotkał się wniosek przeniesienia zakładów szybowcowych z Minist. Transportu Drogowego i Lotniczego do przemysłu, co stworzyłoby poważne zaplecze dla tej prężnej i ładnie rozwijającej się gałęzi lotnictwa. Dałoby to możliwości powiększenia produkcji i eksportu szybowców.

Nieoczekiwanie rzucona myśl budowy wielkiego samolotu komunikacyjnego pilnie potrzebnego dla naszych linii wywołała burzę w dyskusji. Czy stać nas na tak wielki wysiłek, czy nieliczna kadra konstruktorów upora się z tak śmiałym zadaniem, skąd środki na tak wielkie przedsięwzięcie — oto problemy, które nurtowały najbardziej zapalonych zwolenników planu maksimum.

W poszukiwaniu dróg dla lepszych form organizacyjnych i szybkiego rozwoju nowych konstrukcji, sprawa powrotu rozrzuconych po kraju specjalistów lotniczych stała się

kwestią palącą i konieczną, również jak sprawa „odurządniczenia“ pracy kadry inżyniersko-technicznej w placówkach naukowych, a szczególnie w przemyśle.

W toku dyskusji postanowiona została konieczność koordynacji i jednolitej polityki lotniczej. Zagadnienia lotnicze rozdrobnione po różnych resortach, majoryzowane przez innego typu sprawy mniej trudne, nie sprawiające tyle kłopotów jak kosztowne i skomplikowane lotnictwo, prowadzone są w każdym ministerstwie inaczej wg własnej polityki traktowane jako uciążliwy dodatek do resortu.

inż. JANUSZ MORAWSKI

629.13.055:621.398

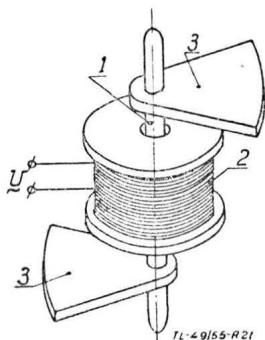
## Indukcyjne przekładniki nieograniczonych kątów obrotu i ich zastosowanie w automatyce lotniczej

### CZĘŚĆ II

*W części drugiej artykułu autor omawia przekładniki nie posiadające szczotkowych styków. Są to układy telegonowe oraz magnesyńowe. Końcowy rozdział pracy przynosi przegląd zastosowań selsynów, telegonów i magnesyńów w serwomechanizmach stosowanych w automatyce lotniczej.*

### 2. BEZSZCZOTKOWE SELSYNY

Styki szczotkowe, niezbędne w układach przekazujących na prąd stały, nie są konieczne przy prądzie zmiennym, przy którym możliwe jest dostarczanie energii do części ruchomych za pomocą indukcji elektromagnetycznej. Obecność styków szczotkowych w selsynach jest wytłumaczalna pewnym zwiększeniem momentu synchronizującego przy tej samej doprowadzonej mocy oraz pewnym uproszczeniem konstrukcji. Jednak styki szczotkowe obniżają jakość pracy przyrządu przy drganiach i przy zmianie warunków zewnętrznych oraz znacznie zwiększają momenty tarcia. Moment tarcia wirnika selsyna osiąga wielkość rzędu dziesiątych części Gcm. Powoduje to jak wiadomo znaczne obciążenie nadajnika, wykluczające w wielu przypadkach stosowanie zwykłych selsynów. Celem zmniejszenia szkodliwych momentów tarcia zostały opracowane przyrządy bezszczotkowe, których niektóre typy stosowane w lotnictwie noszą nazwę telegonów. Pierwsze typy telegonów zostały opracowane przez uczonych i konstruktorów radzieckich.



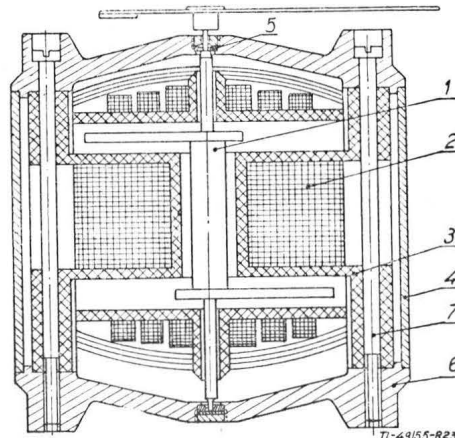
Rys. 21. Wirnik telegona wraz z cewką wzbudzącą

#### 2.1. Działanie i budowa telegonów

W zasadzie działanie telegonów jest bardzo zbliżone do zwykłych selsynów, dlatego w literaturze często nie klasyfikuje się ich jako osobnej grupy. Charakterystyczną właściwością konstrukcji telegonu jest możliwość swobodnego obrotu żelaznego rdzenia wirnika 1 wewnątrz własnego uzwojenia 2 (rys. 21). Dzięki temu, że wirnik telegona nie zawiera ruchomego uzwojenia, zmniejsza się znacznie jego ciężar, co również wpływa na zmniejszenie

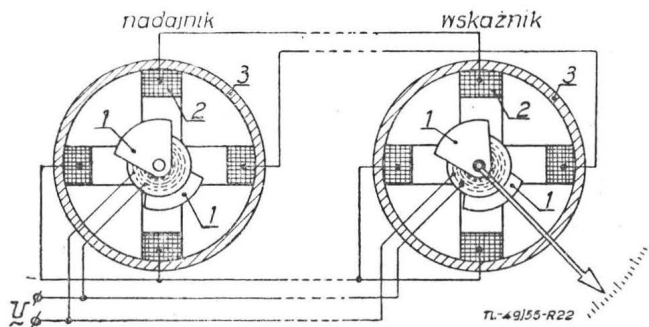
Nie wszystkie zagadnienia zostały przeanalizowane. Uczestnicy narady rozeszli się, ale zapoczątkowana dyskusja trwa nadal. Po przemyśleniu jeszcze raz powyższych spraw, naświetlonych nie tylko z własnego punktu widzenia, po włączeniu jeszcze szerszego grona SIMP-owców do przeanalizowania naprawę trudnych problemów, będziemy mogli przy następnym zebraniu stworzyć jasny już pogląd na sprawy rozwoju przemysłu, na podstawie którego nakreślony zostanie plan perspektywiczny rozwoju naszego lotnictwa.

mej cewki prąd zmienny wytwarza w rdzeniu z miękkiego żelaza zmienny strumień magnetyczny. Wirnik posiada dwa sektorowe wycinki 3 grające rolę wydatnych biegunów. Między cewką i rdzeniem znajduje się niewielki luz. Stojany telegonów wykonane mogą być jako dwu- lub trzyfazowe. Schemat współpracy dwóch telegonów (nadajnika i wskaźnika) w układzie dwufazowym przedstawia rys. 22. Strumień magnetyczny wychodzący z segmentów wirnika 1 przecina cewki 2 stojana i zamyka się przez zewnętrzny ekran 3. Przy tym, na skutek zmian strumienia w czasie, w cewkach stojana indukuje się SEM-e zależne od katowego położenia wirnika. Indukcja magnetyczna w szczególności ma podobnie jak w zwykłym selsynie rozkład sinusoidalny. Zależność momentu synchronizującego od kąta niezgodności jest identyczna jak dla selsynów.



Rys. 23. Konstrukcja telegona

Pewną komplikację obliczeń powoduje specjalny kształt wirnika. Schemat konstrukcji lotniczego telegona z dwufazowym stojanem obrazuje rys. 23. Wirnik z dwoma sektorowymi nabiegunkami 1 umieszczony jest wewnątrz cewki wzbudzającej 2. Cewka ta nawinięta jest na kształtowej szpulce 3 z dwoma wycięciami pozwalającymi na swobodny obrót wirnika wraz z segmentami. W poprzek czołowych powierzchni oraz wzdłuż jej tworzących przechodzą żłobki dla dwóch wzajemnie prostopadłych cewek stojana podzielonych na kilka sekcji każda. Jak widać z rys. 23 cewki stojana nie są zupełnie identyczne, gdyż ich czołowe części krzyżują się w dwóch różnych płaszczyznach, co komplikuje obliczenia. Tak wykonany stojan wraz z wirnikiem umieszczony jest w żelaznej osłonie stanowiącej ekran, przez który zamyka się strumień magnetyczny wirnika. Małe wymiary i znikomy ciężar wirnika pozwoliły na ułożyskowanie go na cienkich czopach i kamieniach. Kamienie łożyskowe wraz z oprawami 5 są zamocowane w aluminiowych pokrywkach 6 skręconych wkrętami 7. Na jednym z przedłużonych poza łożysko czołowe osadzona jest wskazówka (w przypadku telegona — wskaźnika). Średnica takiego telegona wynosi około 40 mm.

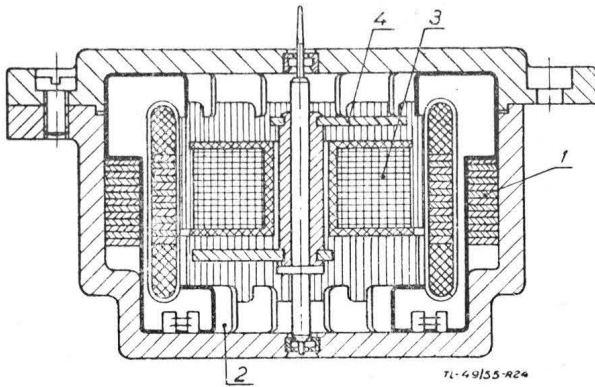


Rys. 22. Schemat współpracy dwóch telegonów

momentów tarcia. Przekazywanie energii elektrycznej od uzwojenia wirnika do stojana odbywa się za pomocą indukcji elektromagnetycznej. Doprowadzony do nierucho-

Warto wskazać na małe wymiary wirnika. Jego długość w konstrukcji na rys. 23 bez obu wystających czopów nie przekracza 15 mm. Nabiegunniki wykonane są z blachy o grubości 0,5 mm. Ciężar takiego wirnika jest rzędu kilku gramów. Tarcie osi w kamieniach łożysk jest tak małe, że moment synchronizujący rzędu 1 Gcm zapewnia dostateczną dokładność pracy.

Pewną wadą konstrukcji na rys. 23 jest utrudniony dostęp do wirnika i jego uzwojenia. Wady tej nie posiadają telegony z toroidalnym stojanem. Przekrój jednego z telegonów tego rodzaju z trzyczasowym stojanem przedstawia rys. 24. Stojan 1 wykonany jest z pakietu blach permalloy<sup>3)</sup>, na którym nawiniętych jest dwanaście sekcji uzwojenia poprzegradzanych między przekładkami izolacyjnymi 2. Wewnątrz umieszczona jest cewka wzbudzenia 3 oraz wirnik 4. Trzy odprowadzenia od uzwojenia stojana dzielą się na trzy fazy (po cztery sekcje każda).



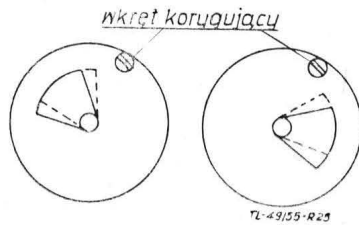
Rys. 24. Konstrukcja telegona z toroidalnym stojanem

2.2. Błędy działania telegonów

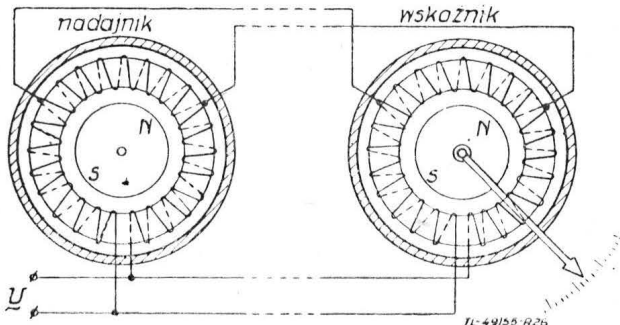
Błędy działania telegonów mogą być spowodowane przyczynami podanymi w punkcie 1.3 dla zwykłych selsynów. Większą rolę odgrywają tu, przy mniejszym momencie synchronizującym, takie czynniki, jak np. niewyważenie systemu ruchomego. Ponieważ w telegonie występują z reguły większe szczeliny w obwodzie magnetycznym, przeto z kolei maleje wpływ miśrodowiska wirnika. W związku z tym telegony są prostsze w produkcji.

Błędy telegonów mogą być kompensowane, np. specjalnymi, żelaznymi wkretami umieszczonymi w odpowiednim miejscu na obwodzie korpusu telegona, w nagwintowanych otworach. Wkręty te powodują dodatkowe wychylenia wirnika (rys. 25), kompensujące błędy. Wkręty kompensacyjne można dobrać zarówno pod względem liczby, jak i wielkości.

Dokładność przekazywania w układzie z telegonami wynosi około ±2° do ±2,5°. Telegony stosowane są do odległo-



Rys. 25. Działanie wkręta korygującego



Rys. 26. Schemat współpracy dwóch magnesynów

<sup>3)</sup> Permalloy — stop żelazo-niklowy (78,5% Ni, 21,5% Fe) odznaczający się wielką przenikalnością magnetyczną. Jednak z powodu pewnej nietrwałości stopu o takim składzie stosuje się w technice permalloy o zwiększonej ilości żelaza (np. 50% Ni, 50% Fe).

ściowego przekazywania wskazań wielu przyrządów lotniczych, kontrolerów pracy silnika, jak np. termometrów, manometrów i innych. Znana jest również konstrukcja busoli odległościowej działającej w układzie telegonowym.

3. MAGNESYNY

Pomijając zalety telegonów: prostotę konstrukcji w porównaniu z selsynami, małe momenty tarcia i małe zapotrzebowanie mocy, mają one stosunkowo ograniczone praktyczne zastosowanie. Telegony wypierane są z automatyki lotniczej przez jeszcze bardziej proste urządzenia zwane magnesynami.

3.1. Zasada działania magnesynów

Schemat współpracy dwóch magnesynów w układzie przekazyującym pokazany jest na rys. 26. Magnesyny różnią się od telegonów tym, że ich wirniki są magnesami trwałymi, a nie elektromagnesami zasilanymi prądem zmiennym. Drugą cechą charakterystyczną magnesynów jest zasilanie prądem zmiennym uzwojenia stojana. Zasada działania magnesynów jest następująca:

Jeśli wirnik magnesyna (magnes trwały) był źródłem zmiennego strumienia magnetycznego, to działanie magnesyna nie różniłoby się od zwykłego selsyna.

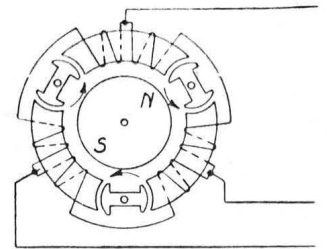
Zmienne pole magnetyczne wirnika indukowałoby w sekcjach uzwojenia stojana SEM-e zależne od położenia kąтового wirnika. Przy różnych wychyleniach wirników nadajnika i wskaźnika względem uzwojeń stojanów, przez te uzwojenia płynęłyby prądy wyrównawcze, których współdziałanie ze zmiennym strumieniem wirnika powodowałoby powstawanie momentów synchronizujących. Pozornie jest to zjawisko paradoksalne. Jeśli bowiem wirnik magnesyna jako magnes trwały nie jest źródłem zmiennego strumienia magnetycznego, to współdziałanie pola magnesu trwałego ze zmiennymi prądami wyrównawczymi może wywołać jedynie drgania wirnika. Poza tym, uzwojenie stojana zasilane prądem zmiennym wywołuje pole magnetyczne, lecz o strumieniu całkowicie zamykającym się w pierścieniowym rdzeniu, nie wpływającym na wirnik. Jakim więc sposobem magnes trwały wirnika staje się źródłem zmiennego strumienia magnetycznego?

Strumień magnetyczny w obwodzie może być określony według prawa Ohma dla obwodów magnetycznych:

$$\Phi = \frac{U_M}{R_M}$$

gdzie:  $U_M$  — siła magnetomotoryczna SMM,  $R_M$  — całkowita oporność magnetyczna na drodze strumienia  $\Phi$ .

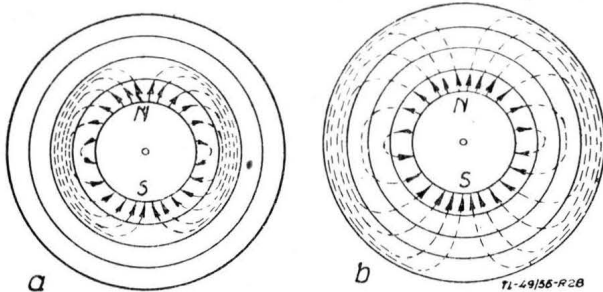
W selsynach i telegonach zmienność strumienia magnetycznego  $\Phi$  jest powodowana przepływem prądu zmiennego w uzwojeniu wzbudzenia, to znaczy zmiennością  $U_M$ . Ponieważ w układzie magnesynów źródłami strumieni wirników są magnesy trwałe, więc jedynym warunkiem pracy układu jest okresowa zmienność  $R_M$ . Jeśli okresowo zmieniać oporność magnetyczną rdzenia stojana to cel będzie osiągnięty. To stosuje się właśnie w magnesynach. Uzwo-



Rys. 27. Elektromechaniczny model magnesyna

zenie stojana zasilane jest prądem zmiennym, który okresowo magnesuje rdzeń do nasycenia, zmieniając tym samym jego oporność magnetyczną. Podczas jednego okresu zmiany napięcia zasilania, dwukrotnie więc zachodzi nasycenie rdzenia i dwukrotnie zmienia się jego oporność magnetyczna. Wypadkowa w ciągu jednego okresu siła, wynikła ze współdziałania pulsującego z dwukrotną częstotliwością strumienia magnetycznego wirnika i prądu w uzwojeniu stojana o częstotliwości sieciowej jest równa zero. Prąd zasilający stojan spełnia więc zadanie pomocnicze — zmienia okresowo, ze zdwojoną częstotliwością oporność magnetyczną stojana. Moment synchronizujący wynika natomiast z oddziaływania pulsującego strumienia magnetycznego wirnika na prądy wyrównawcze w cewkach stojana. Wypadkowa w ciągu jednego okresu siła wzajemnego oddziaływania nie jest w tym przypadku równa zero, bowiem częstotliwości prądów wyrównawczych i pulsacji strumienia wirnika są sobie równe, dwukrotnie większe od częstotliwości napięcia zasilającego.

Proces zmiany okresowej oporności rdzenia wyjaśnia obrazowo elektromechaniczny model magnesyna z wirującymi zworami, przedstawiony na rys. 27. Pulsacja strumienia magnetycznego wirnika magnesyna pokazana jest na rys. 28. W momencie kiedy prąd magnesowania równy jest zeru, oporność magnetyczna rdzenia jest minimalna i strumień wirnika zamyka się przez rdzeń stojana (rys. 28a). Przy maksymalnym znaczeniu prądu magnesującego (a zarazem oporności magnetycznej rdzenia), strumień wirnika zamyka się w powietrzu i przez żelazny ekran przyrządu (rys. 28b). Uzwojenia stojana na rys. 28 dla prostoty nie pokazano.

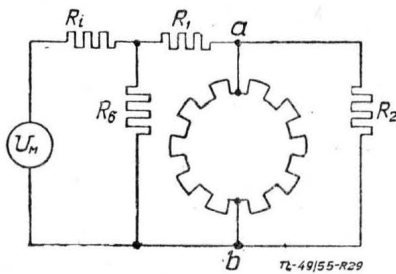


Rys. 28. Pulsacja strumienia magnetycznego w magnesynie

3.2. Zarys teorii magnesynów

Przeanalizujemy procesy zachodzące w magnesynie przytaczając zarys teorii podany przez N. I. Czistiakowa.

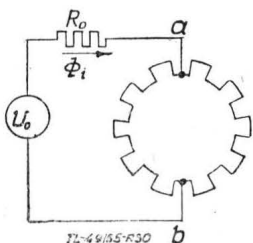
Rozpatrując magnes wirnika jako źródło stałej SMM-ej  $U_M$  można przedstawić układ zastępczy obwodu magnetycznego magnesyna jak na rys. 29.



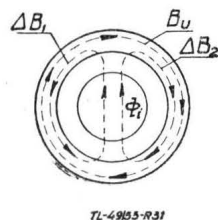
Rys. 29. Układ zastępczy obwodu magnetycznego magnesyna

Na rys. 29 użyto następujących oznaczeń:  $R_i$  — oporność wewnętrzna magnesyna,  $R_o$  — oporność rozproszenia,  $R_1$  — oporność szczeliny między magnesem i rdzeniem stojana.

Pierścieniowa oporność między punktami  $a$  i  $b$  odpowiada oporności magnetycznej rdzenia stojana. Oporność  $R_2$  — jest sumaryczną opornością szczelin między rdzeniem stojana i zewnętrznym ekranem, jak również samego ekranu. Stosując analogicznie jak w obwodach elektrycz-



Rys. 30. Uproszczony schemat obwodu magnetycznego magnesyna



Rys. 31. Rozkład strumieni magnetycznych w stojanie

nych dwukrotnie upraszczanie sieci wg metody Helmholtza-Tewena<sup>4)</sup> otrzymamy schemat uproszczony jak na rys. 30, przy czym:

<sup>4)</sup> Patrz np. „Podstawy Elektrotechniki” K. A. Krug, tom. I, tłum. z ros., Akademia Spółdzielnia Wydawnicza w Warszawie 1949 r., rozdz. 38, str. 174.

$$U_o = U'_M \frac{R_2}{R'_M + R_2} \quad \text{oraz} \quad R_o = \frac{R'_M R_2}{R'_M + R_2},$$

gdzie:

$$U'_M = U_M \frac{R_\sigma}{R_i + R_\sigma} \quad \text{i} \quad R'_M = \frac{R_i R_\sigma}{R_i + R_\sigma} + R_1.$$

Natężenie pola magnetycznego w połówkach rdzenia stojana, pochodzące od wpływu magnesu wirnika wyrazi się wzorem:

$$H_M = \frac{U_o - \Phi_i R_o}{\frac{l}{2}}, \dots \dots \dots [34]$$

gdzie:  $l$  — średnia długość linii strumienia w rdzeniu,  $\Phi_i$  — część strumienia magnesu trwałego, zamykająca się przez stojan. W dalszym ciągu wprowadzimy następujące oznaczenia:

$$H_o = \frac{U_o}{\frac{l}{2}}; \quad H_i = \frac{\Phi_i R_o}{\frac{l}{2}}; \quad B_o = \frac{\Phi_o}{Q}; \quad B_i = \frac{\Phi_i}{Q};$$

lub:  $B_o = \mu_o H_o; \quad B_i = \mu_o H_i$

gdzie:  $\mu_o = \frac{l}{2 R_o Q}; \quad Q$  — przekrój poprzeczny rdzenia stojana.

Uzwojenie stojana zasilane jest sinusoidalnym napięciem, dzięki czemu pojawia się składowa strumienia magnetycznego również o przebiegu sinusoidalnym. Sinusoidalną składową indukcji w rdzeniu stojana oznaczamy przez  $B_u$ . Indukcja  $B_u$  sumuje się w obu połówkach rdzenia ze składowymi indukcjami pochodzącej od magnesu stałego  $\Delta B_1$  i  $\Delta B_2$ , przy czym  $B_i = \Delta B_1 + \Delta B_2$ . Ze względu na symetrię układu, zarówno sinusoidalne składowe indukcji  $B_u$  jak i składowe stałe  $\Delta B_1$  i  $\Delta B_2$  będą jednakowe dla obu połówek rdzenia. Jeśli rozkład indukcji w rdzeniu jest taki, jak na rys. 31, to sumaryczne wartości indukcji w obu częściach rdzenia będą równe:  $B_1 = B_u + \Delta B_1$  i  $B_2 = B_u - \Delta B_2$ .

Indukować się przy tym będą w uzwojeniu stojana napięcia:

$$\left. \begin{aligned} U' &= -\frac{w}{2} \cdot 10^{-8} \cdot Q \cdot \frac{dB_1}{dt}, \\ U'' &= -\frac{w}{2} \cdot 10^{-8} \cdot Q \cdot \frac{dB_2}{dt}, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots [35]$$

gdzie:  $w$  — całkowita liczba zwojów w uzwojeniu stojana. Oczywiście, że suma napięć  $U'$  i  $U''$  musi być równa napięciu zasilającemu  $U$ :

$$U = U' + U'' = -wQ \frac{dB_u}{dt} \cdot 10^{-8} - \frac{w}{2} Q \frac{d}{dt} (\Delta B_1 - \Delta B_2) \cdot 10^{-8} \dots \dots \dots [36]$$

Wynika stąd równość:

$$\Delta B_1 = \Delta B_2 = \frac{B_i}{2}.$$

Widać również, że indukcja  $B_u$  nie zależy od parametrów magnesu trwałego wirnika<sup>5)</sup>.

Natężenie pola magnetycznego wywołwanego w rdzeniu prądem płynącym w uzwojeniu stojana oznaczmy przez  $H_u$ . Sumaryczne natężenia pola w obu połówkach rdzenia wyniosą:  $H_1 = H_u + H_M, \quad H_2 = H_u - H_M$ . Indukcje  $B_1$  i  $B_2$  są zależne od  $H_1$  i  $H_2$ :  $B_1 = f(H_u + H_M); \quad B_2 = f(H_u - H_M)$  lub według zależności (34):

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= f[H_u + (H_o - H_i)] \\ B_2 &= f[H_u - (H_o - H_i)] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots [37]$$

<sup>5)</sup> Wywody niniejsze są słuszne w założeniu, że rzeczywista oporność uzwojenia jest znikomo mała w porównaniu z jego opornością indukcyjną. Praktycznie, że względu na zasilanie magnesynów napięciem o częstotliwości 400 ÷ 600 Hz, założenie to jest realne.



Pamiętając, że  $B_u = \frac{B_1 + B_2}{2}$  oraz że  $B_i = B_1 - B_2$  można

teraz posługując się charakterystyką magnesowania określić niewiadome  $H_u$  i  $H_i$  oraz następnie prąd  $I$  w uzwojeniu i strumień  $\Phi_i$  w rdzeniu<sup>6)</sup>.

Ponieważ rdzeń stojana sporządzony jest z blach permalloy'owych, dla których siła koercji jest znikomą małą (0,015 ÷ 0,02 *erstedów*), można traktować funkcję  $B = f(H)$  jako jednoznaczna. Zależności (37) można napisać w formie funkcji odwrotnych:

$$\left. \begin{aligned} H_u + H_o - H_i &= \varphi_1(B_1) \\ H_u - (H_o - H_i) &= \varphi_1(B_2) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots [38]$$

Dodając i odejmując stronami równania (38) otrzymamy:

$$H_u = \varphi(B_1) + \varphi(B_2) \quad \text{oraz} \quad \frac{1}{2}(H_o - H_i) = \varphi(B_1) - \varphi(B_2)$$

Ponieważ  $H_u = \frac{0,4\pi I w}{l}$  przeto:

$$\frac{0,4\pi w}{l} I = \varphi\left(B_u + \frac{B_i}{2}\right) + \varphi\left(B_u - \frac{B_i}{2}\right), \dots \dots [39]$$

$$\frac{1}{2\mu_o}(B_o - B_i) = \varphi\left(B_u + \frac{B_i}{2}\right) - \varphi\left(B_u - \frac{B_i}{2}\right) = \psi(B_u, B_i) \quad [40]$$

Przyjmując  $\frac{B_i}{2}$  za wartość zmienną i przypisując  $B_u$  różne wartości chwilowe  $a, 2a, 3a \dots, -a, -2a \dots$  itd., można skonstruować krzywe funkcji  $\varphi\left(B_u - \frac{B_i}{2}\right)$  i  $\varphi\left(B_u + \frac{B_i}{2}\right)$ ,

przedstawione na rys. 32.

Równanie (40) posiada jedną niewiadomą  $B_i$ , względem której można je rozwiązać graficznie.

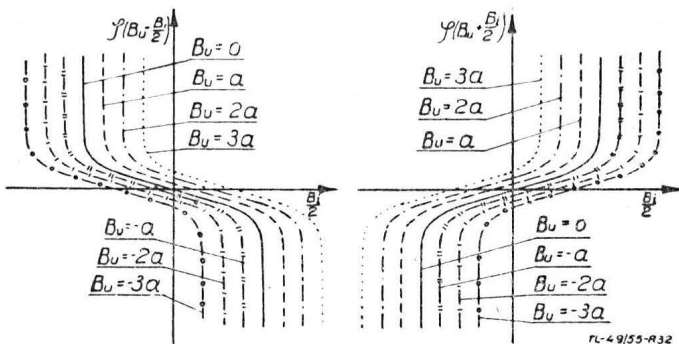
Odejmując od siebie krzywe z rys. 32 otrzymujemy rezultat w formie krzywych funkcji  $\psi(B_u, B_i)$  (rys. 33).

Lewa strona równania (40) przedstawi się w układzie współrzędnych na rys. 33 jako linia prosta ze współczynnikiem kierunkowym

$$\text{tg } \eta = \frac{1}{\mu_o},$$

przecinająca oś rzędnych w punkcie  $\frac{B_i}{2} = \frac{B_o}{2}$ .

Punkty przecięcia tej prostej z krzywymi  $\varphi(B_u, B_i)$  dają rozwiązanie równania (40) dla różnych wartości  $B_u$ . Rozwiązanie to pozwala na konstrukcję krzywej  $B_i$  (rys. 34).

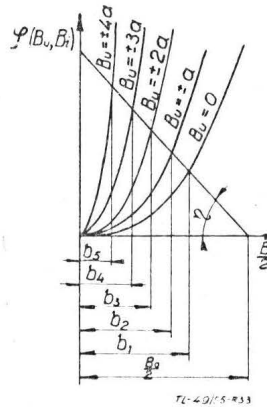


Rys. 32. Przekonstruowane charakterystyki magnesowania dla różnych chwilowych wartości  $B_u$

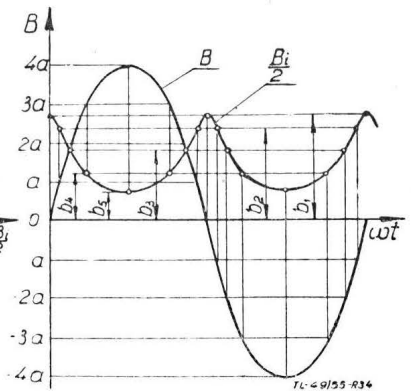
Jak widać strumień magnetyczny w rdzeniu spowodowany SMM magnesu wirnika jest zmienny w czasie, przy

<sup>6)</sup> Oprócz podanej niżej metody graficznej określania magnetycznych przebiegów w magnesynie może być stosowana przybliżona, analityczna metoda, polegająca na aproksymacji charakterystyki magnesowania funkcją o postaci:  $B = B_s \frac{2}{\pi} \text{arc tg } (aH)$  (dla permalloy'u stosowanego w magnesynach:  $B_s \frac{2}{\pi} \cong 50$ ;  $a = 6,94$ ).

czym częstotliwość jego zmian jest dwukrotnie większa od częstotliwości prądu zasilającego magnesyn.



Rys. 33. Graficzne rozwiązanie równania (40)

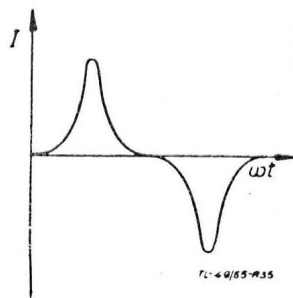


Rys. 34. Konstrukcja krzywej  $B_i$

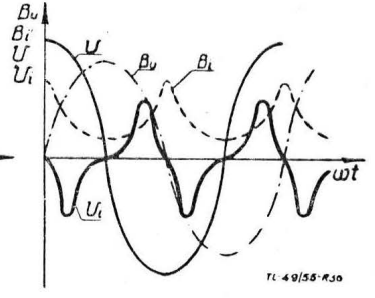
Opierając się na tych wynikach, można określić prąd w uzwojeniu na podstawie wzoru:

$$I = \frac{l}{0,4\pi w} \left[ \varphi\left(B_u + \frac{B_i}{2}\right) + \varphi\left(B_u - \frac{B_i}{2}\right) \right] \dots \dots [41]$$

Przebieg prądu  $I$  w czasie ma obraz charakterystyczny dla obwodów z żelazem i jest przedstawiony na rys. 35. Równania (35) wskazują, że wpływ wirnika na rdzeń stojana wywołuje w uzwojeniu dodatkowe SEM-e  $U_i$  jed-



Rys. 35. Przebieg krzywej prądu zasilającego



Rys. 36. Przebieg dodatkowego napięcia  $U_i$  w uzwojeniu magnesyna

nakowe, lecz przeciwnie skierowane w obydwu połowkach uzwojenia, na które stojan jest podzielony linią biegunów wirnika. W sumie te napięcia są równe zero. Wobec powyższego otrzymamy:

$$U' = \frac{U}{2} + U_i; \quad U'' = \frac{U}{2} - U_i,$$

przy tym

$$U_i = -\frac{w}{2} Q \cdot 10^{-8} \frac{d\left(\frac{B_i}{2}\right)}{dt} = -\frac{wQ}{4} \cdot \frac{dB_i}{dt} \cdot 10^{-8}.$$

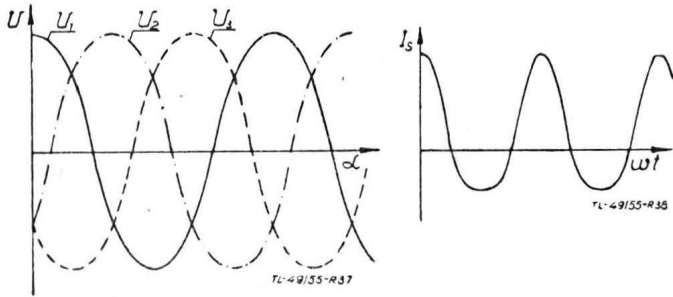
Wykres SEM-ej  $U_i$  jest przedstawiony na rys. 36.

Jak widać częstotliwość głównej harmonicznej  $U_i$  jest równa podwójnej częstotliwości napięcia zasilającego. Napięcia na sekcjach uzwojenia składają się z jednej trzeciej napięcia zasilającego, oraz z zależnej pod względem amplitudy i fazy od położenia wirnika dodatkowej SEM-ej:

$$U_I = \frac{U}{3} + U_i; \quad U_{II} = \frac{U}{3} + U_2; \quad U_{III} = \frac{U}{3} + U_3; \dots [42]$$

Napięcia  $U_1, U_2$  i  $U_3$  są efektywnymi składowymi napięć indukowanych w uzwojeniu stojana, które są źródłem powstania momentów synchronizujących. Przebiegi amplitud napięć  $U_1, U_2$  i  $U_3$  w zależności od położenia wirnika podane są na rys. 37.

Powracając do schematu na rys. 26 widzimy, że przy różnych kątowych położeniach wirników nadajnika i wskaźnika, różne będą działające przeciwobnie SEM-e podwójnej częstotliwości wytwarzane w stojanach obu magnesynów. Pod wpływem ich różnic  $\Delta U_1$ ,  $\Delta U_2$  i  $\Delta U_3$  popłyną prądy wyrównawcze. Ponieważ suma napięć  $\Delta U_1$ ,  $\Delta U_2$  i



Rys. 37. Zależność dodatkowych napięć w sekcjach uzwojenia stojana od kątowego położenia wirnika magnesyna

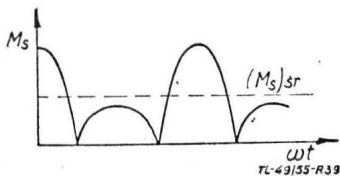
Rys. 38. Przebieg prądu wyrównawczego w uzwojeniu stojana

$\Delta U_3$  musi być w uzwojeniu równa zero, przeto zmienne strumienie magnetyczne spowodowane przepływem prądów wyrównawczych przechodząc będą przez rdzeń tylko w granicach każdej z trzech sekcji uzwojenia. Strumienie te będą zamykać się w powietrzu. Są więc one strumieniami rozproszenia. Napięcia  $\Delta U_1$ ,  $\Delta U_2$  i  $\Delta U_3$  związane są przeto z prądami wyrównawczymi zależnościami typu:

$$\Delta U_{(1, 2, 3)} = L_s \frac{dI_{(1, 2, 3)}}{dt},$$

gdzie  $L_s$  — współczynnik samoindukcji sekcji uzwojenia. Charakter przebiegu prądów wyrównawczych jest pokazany na rys. 38.

Moment synchronizujący wskaźnika jest proporcjonalny do iloczynu zmiennej składowej strumienia magnetycznego wirnika oraz wielkości wypadkowych poprzecznych amperozwojów stojana. Przebieg zmienności momentu synchronizującego przedstawia rys. 39.



Rys. 39. Przebieg momentu synchronizującego magnesyna

Średnia wartość momentu synchronizującego doprowadza wirnik wskaźnika do położenia równowagi. Wielkość momentu synchronizującego magnesyna zależy od właściwości magnetycznych rdzenia, od napięcia zasilania oraz strumienia magnesu trwałego wirnika. Wielkość momentu synchronizującego zwiększa się dzięki zastosowaniu ekranu.

### 3.3. Dokładność przekazywania, budowa i zastosowanie układów magnesynowych

Oprócz błędów wspólnych z selsynami i telegonami magnesyna posiadają właściwe sobie błędy spowodowane np. wpływem pozostałości magnetycznej rdzenia stojana. Magnetyzm szczątkowy rdzenia powoduje histerezę przekazywania. Aby tego uniknąć, rdzeń sporządza się z wysokogatunkowego permalloy'u i poddaje specjalnej obróbce cieplnej.

Uzwojenie układu się w cewki na obwodzie teroidalnego rdzenia. Wirnik jest miniaturowym magnesem trwałym o ciężarze łącznie z czopami rzędu kilku gramów. Maksymalny moment synchronizujący (przy  $\theta = 90^\circ$ ) osiąga wartość 0,1 Gcm. Tarcie w kamiennych łożyskach jest tak małe, że przy tym momencie synchronizującym zapewniona jest dokładność przekazywania rzędu  $1,5^\circ$  do  $2,5^\circ$ .

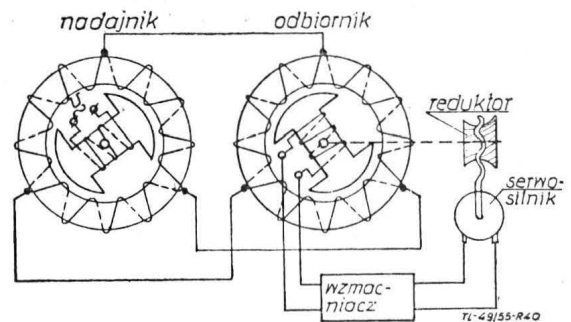
Całość umieszczona jest w permalloy'owym ekranie. Wymiary jednej z konstrukcji magnesynów są rzędu: średnica —  $30 \div 40$  mm, długość —  $20 \div 30$  mm.

Podstawowe zalety magnesynów — nieposiadanie styków szczotkowych, prostota konstrukcji, minimalne zapotrzebowanie mocy oraz małe wymiary i znikome tarcie syste-

mu ruchomego, zdecydowały o ich szerokim zastosowaniu w technice lotniczej. Znane są konstrukcje wskaźników położenia części samolotu, manometrów, termometrów itd., opartych na układach magnesynowych. Szczególne usługi oddają magnesyny w zastosowaniu do paliwomierzy i przepływomierzy, gdyż umożliwiają zachowanie zupełnej szczelności zbiorników paliwa zwiększając dzięki temu bezpieczeństwo pożarowe. Znanym zastosowaniem odległościowego przekazywania wielkości kątowych za pomocą magnesynów jest kilka konstrukcji busoli odległościowych (np. busola odległościowa firmy „Pionier“).

## 4. PRZEKAZYWANIE WIELKOŚCI KĄTOWYCH ZA POMOCĄ SERWOMECHANIZMÓW Z PRZEKAZNIKAMI INDUKCYJNYMI

W rozpatrzonych systemach indukcyjnych położenie uzgodnione wirników nadajnika i wskaźnika było powodowane momentem synchronizującym wskaźnika. Momenty te są w zasadzie bardzo małe i zaledwie wystarczają do pokonania tarcia w łożyskach wskaźnika oraz uruchomienia wskazówki. W przypadkach, gdy konieczne jest wykonanie jakiejś pracy zewnętrznej, nie obciążając przy tym zbyt dużym momentem wirnika nadajnika, stosuje się tzw. serwomechanizmy. W serwomechanizmach momenty obrotowe potrzebne do wykonania pracy zewnętrznej (np. przesunięcie szczotek na potencjometrze, obrót wieżyczki strzeleckiej

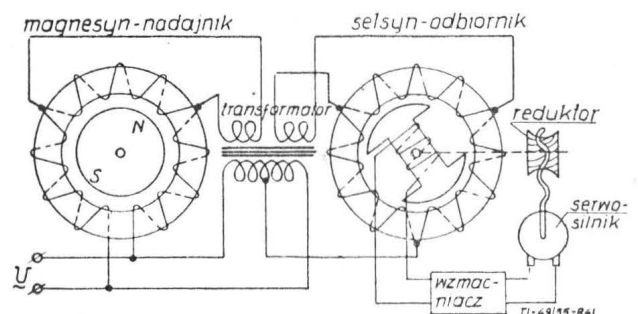


Rys. 40. Schemat serwomechanizmu z selsynami

itp.) wytwarzane są przez serwosilniki, które mogą być dowolnej mocy. Zaletą takich układów jest brak momentów wtórnych na wałku nadajnika (ściślej mówiąc pewne momenty istnieją i są równe momentom synchronizującym samego odbiornika) oraz znaczne momenty obrotowe rozwijane serwosilnikiem sterowanym odbiornikiem układu przekazywającego.

### 4.1. Serwomechanizmy z selsynami

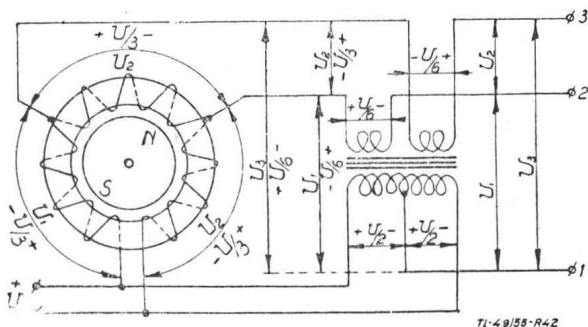
Na rys. 40 przedstawiono współpracę selsynów w serwomechanizmie. Jak widać odbiornik jest selsynem — transformatorem. Wirniki nadajnika i odbiornika są w położeniu równowagi układu obrócone względem siebie o kąt  $90^\circ$ , dzięki czemu wielkość sygnału indukowanego w wirniku odbiornika w położeniu równowagi jest równa zero (por. punkt 1.5) i serwosilnik związany przez reduktor z wirnikiem odbiornika nie obraca się. Każde wychylenie linii biegunów wirnika z położenia równowagi wywołuje pojawienie się sygnału napięcia w uzwojeniu wirnika odbiornika. Sygnał ten wzmacniony powoduje obrót serwosil-



Rys. 41. Schemat serwomechanizmu z magnesynem jako nadajnikiem i selsynem — transformatorem jako odbiornikiem

nika w kierunku zmniejszenia kąta niezgodności. Przy obrocie więc wirnika nadajnika o jakikolwiek kąt, o taki sam kąt obróci się za pomocą serwosilnika i wirnik odbiornika.

Parametry odbiornika i wzmacniacza są tak dobrane, aby serwosilnik uruchamiał się przy niezgodności położenia wirników rzędu  $0,25 \div 0,5^\circ$ . Przy niezgodności  $180^\circ$  wy-



Rys. 42. Schemat układu kompensacji napięć międzyprzewodowych o częstotliwości sieciowej w serwo mechanizmie z magnesem — nadajnikiem

stępuje nowe, niestateczne położenie równowagi. Wszelkie naruszenie stanu równowagi niestatecznej powoduje obrót osi odbiornika o  $180^\circ$  i osiągnięcie przez układ równowagi stałej.

Rozpatrzony serwo mechanizm może również w sposób identyczny działać przy zastosowaniu zamiast selsynów — dwóch telegonów.

#### 4.2. Serwo mechanizm z magnesem

Serwo mechanizm z magnesem (rys. 41) składa się z magnesu — nadajnika, selsyna — transformatora (odbiornika), transformatora, wzmacniacza, serwosilnika i reduktora. Pod względem zasady działania układ ten nie różni się od rozpatzonego wyżej układu z selsynami, lecz schemat połączeń jest nieco inny. Do stojana selsyna doprowadzone są trzy przewody, podczas gdy uzwojenie stojana magnesu posiada cztery odprowadzenia. W każdej sekcji uzwojenia magnesu indukują się napięcia podwójnej częstotliwości i oprócz tego w nich działają napięcia sieciowej częstotliwości, równe jednej trzeciej napięcia zasilania. Dla normalnej pracy układu trzeba wyeliminować napięcia o częstotliwości sieciowej. Dokonuje się tego za pomocą zwykłego transformatora, którego strona pierwotna połączona jest z początkiem i końcem uzwojenia magnesu. Od punktu środkowego prowadzi odczep umożliwiający przejście z układu czteroprzewodowego do trzyprzewodo-

wego. Kompensacja napięć o częstotliwości sieciowej pokazana jest na rys. 42. Między przewodami 1—2 i 1—3 poza napięciami sekcji uzwojenia magnesu równymi  $\frac{U}{3}$  ( $U$  — napięcie sieci) dodatkowo włączone są przez transformator napięcia  $\frac{U}{2}$  skierowane przeciwnie. W rezultacie między przewodami 1—2 i 1—3 panuje różnica potencjałów (o częstotliwości sieciowej) równa  $\frac{U}{6}$ . Faza napięcia umownie oznaczona jest znakami  $+$  i  $-$ . Dla kompensacji napięć do przewodów 2 i 3 doprowadzone są z wtórnych uzwojeń transformatora przeciwnie skierowane napięcia równe  $\frac{U}{6}$ . W rezultacie suma napięć o częstotliwości sieciowej między każdymi dwoma przewodami 1—2, 2—3 i 3—1 jest równa zeru.

Robocze napięcia o częstotliwości zdwojonej  $U_1$ ,  $U_2$  i  $U_3$  bez zmian podawane są do uzwojeń stojana odbiornika.

#### ZAKOŃCZENIE

Artykuł nie wyczerpuje wszystkich możliwości zastosowania przekładników indukcyjnych w automatyce lotniczej. Znane są np. układy przekazujące prędkości kątowe za pomocą selsynów, układy, np. synchronoskopy, w których selsyn (telegon) włączony jest jako fazomierz oraz wiele innych specjalnych zastosowań.

Artykuł wpłynął dnia 2 września 1955 r.

#### LITERATURA

1. N. I. Czistiakow — Elektryczeskie awiacjonnyje pribory. Oborongiz 1950
2. N. I. Czistiakow — Teoria distancjonnoj pieredaczy „magnesin“. Trudy N. I. S. O. Nr. 2, 1944.
3. W. M. Szliandin — Elementy awtomatiki i tielemiechaniki. Oborongiz 1954.
4. G. O. Fridlender i W. P. Sielezniew — Pilotażnyje manometriczeskie pribory, kompasy i awtoszturmany. Oborongiz 1953.
5. W. A. Bodner — Lotnicze przyrządy pokładowe. Przyrządy silnikowe. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej 1954 (tłum. z ros.).
6. F. F. Galtiejew — Issledowanie režimow raboty transformatornych sielsinow primienitelno k ich rabotie w slediaszczich sistiemach. Trudy Moskowskiawo Ordiena Lenina Energeticzeskiego Instituta im. W. M. Mołotowa. Wypusk XV. Gosenergoizdat 1955.
7. S. L. Popkow — Osnovy slediaszczewo elektropriwoda. Oborongiz 1955
8. Hubert M. James — Theory of servomechanisms. N. York 1947.
9. J. Morawski — Potencjometryczne przekazywanie w zastosowaniu do busol odległościowych. Technika Lotnicza 1956. Nr 1.
10. — Fernübertragungssysteme für 500 Hz. Askania Katalog 1941.

## Do naszych Czytelników

Niejednokrotnie podczas osobistych spotkań z Czytelnikami, członkowie zespołu redakcyjnego „Techniki Lotniczej“, jak również i współpracujący z naszym piśmie autorowie artykułów, mieli możliwość prowadzenia szerokiej dyskusji na temat artykułów drukowanych w naszym piśmie. Dyskusje te nieraz „wybuchają“ w zupełnie przypadkowych okolicznościach, podczas podróży służbowych lub urlopów, na szybowiskach i lotniskach, w czasie odpraw itp. Bardzo często uwagi, wypowiedziane przez przygodnie spotkanych Czytelników i sympatyków naszego pisma, były wynikiem głęboko przemyślanej analizy materiału zawartego w poszczególnych zeszytach naszego pisma. Spostrzeżenia, oparte na praktyce dnia codziennego własnego zakładu produkcyjnego i przydatności do wykonywania tych zadań informacji przynoszonej przez pismo, są dla Redakcji i Autorów niezwykle cennym sprawdzianem celowości ich poczynań. Takie spotkania są niestety tylko „przygodne“. Opieranie się na dorywczych i przypadkowych ocenach Czytelników nie wystarcza nam w naszej pracy. Jest zbyt słabym

bym powiązaniem pomiędzy twórcami pisma i jego odbiorcami.

Występujemy więc z następującą inicjatywą.

Pragniemy poświęcić szpalte lub kolumnę — zależnie od potrzeby — w każdym zeszycie naszego pisma na zamieszczanie uwag naszych Czytelników, dotyczących publikowanych prac zawartych w poszczególnych zeszytach „Techniki Lotniczej“.

Uwagi te mogą dotyczyć nie tylko przydatności artykułu lub jego braków. Mogą one być przyczynkami rozwijającymi myśli zawarte w pracach wydrukowanych w naszym piśmie; mogą być przejawem dyskusji z tezami wypowiedzianymi przez naszych Autorów. Będą dla nas głosem odbiorców naszego pisma, rozrzuconych na terenie całego kraju, w różnych ośrodkach naszego życia lotniczego.

Ofiarując naszym Czytelnikom miejsce na łamach naszego pisma, pragniemy wciągnąć ich w orbitę naszej działalności; chcemy ich „rozruszyć“, chcemy przewyciężyć przysłowiowy wprost „piórowstręt“ naszych kadr technicznych. Czekamy na Waszą odpowiedź!

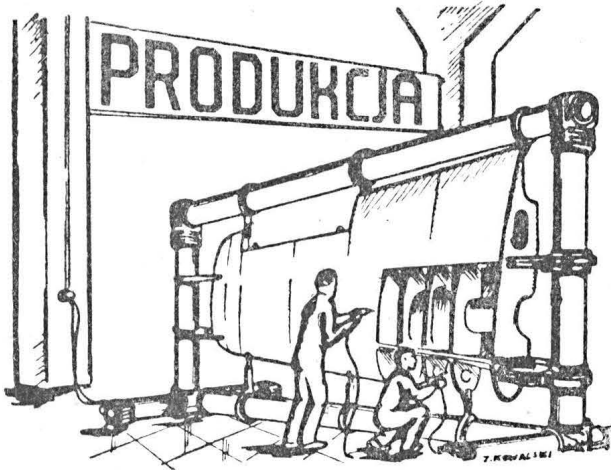
Mgr inż. TADEUSZ WISLICKI

## Klejenie niemetalu

### Część II

### Technologia klejenia

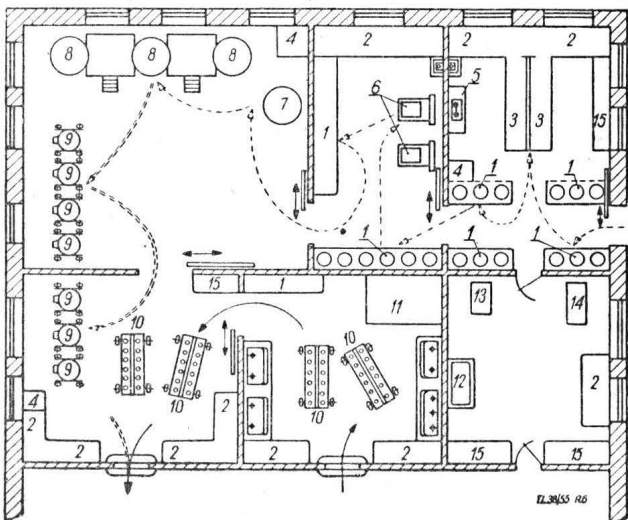
W części II Autor rozpatruje zagadnienia technologiczne, przygotowanie kleju i powierzchni klejonych, sposoby klejenia, stosowane ciśnienia przy sklejaniu i sposoby zaciskania, proces wiązania i sposoby jego przyspieszania. Opisuje przy tym również urządzenie warsztatu i wyposażenie stosowane w technice klejenia. Dokończenie ukaże się w następnych zeszytach „Techniki Lotniczej“.



#### PRZYGOTOWANIE SUBSTANCJI KLEJĄCEJ

Przy zastosowaniu metody klejenia w skali przemysłowej, przygotowanie substancji klejącej staje się przeważnie zagadnieniem tak dużym, że wymaga stworzenia w zakładzie produkcyjnym specjalnego oddziału.

Oddział taki w formie mocno rozbudowanej obejmować winien stanowiska: a) kontroli technicznej, b) rozważalni, c) mieszalni, d) wydawalni, e) zmywalni.



Rys. 6. Schemat urządzenia oddziału przygotowania kleju 1. regał stały, 2. stół, 3. stół laboratoryjny, 4. viskozimetr, 5. waga laboratoryjna, 6. waga do 100 kg, 7. młyn, 8. mieszalnik, 9. zasobnik przewoźny, 10. regał, przewoźny, 11. komora do mycia pędzli, 12. wanna, 13. prasa, 14. zrywarka, 15. szafa

Na załączonym rys. 6 podany jest przykład urządzenia oddziału przygotowania kleju z narzuconiem prawidłowych obiegów. Zadania poszczególnych stanowisk można w tym przypadku sprecyzować następująco:

Kontrola techniczna sprawdza zgodnie z obowiązującymi przepisami cały surowiec służący do przygotowania substancji klejącej, przeprowadzając niezbędne próby chemiczne, fizyczne i wytrzymałościowe. Dopiero po przyjęciu przez kontrolę materiał może przejść do rozważalni.

Ponadto do zadań kontroli należeć będzie czuwanie nad przestrzeganiem dyscypliny technologicznej w całym oddziale przygotowania kleju, a więc nad dozowaniem materiałów w rozważalni, nad przestrzeganiem procesu technologicznego przygotowania substancji klejącej w mieszalni, nad sprawnością pracy wydawalni, wreszcie czystością naczyń, pistoletów natryskowych, czy też pędzli w zmywalni. Do zadań kontroli technicznej należy również lotna kontrola i próby w wydziałach produkcyjnych posługujących się klejami.

Należy tu podkreślić ważność wymienionych zadań kon-

troli technicznej, zmierzających do sprowadzenia do minimum strat wynikających z ewentualnego późniejszego zbrakowania pracochłonnego i kosztownego zespołu, a nawet możliwości uszkodzenia zespołu w eksploatacji.

Rozważalnia przejmując od kontroli materiał i rozważając ściśle według przepisanej recepty. Naczynia zawierające odważone porcje grupuje i oznacza dla danej partii kleju, ściśle pod kątem widzenia pojemności mieszalników.

W mieszalni następuje właściwe przygotowanie substancji klejącej. Ani konstrukcja i obsługa mieszalników, ani zabieg przygotowania kleju nie są skomplikowane, od personelu jednak wymaga się dużej skrupulatności w przestrzeganiu przepisów ogólnych i technologicznych. Personel mieszalni obowiązany jest do ścisłego kontrolowania zgodności temperatur procesu z technologią.

Gotową substancję klejącą zlewa się z mieszalników do zasobników przewoźnych, nieraz także chłodzonych sztucznie, w których wędrują one do wydawalni. Na specjalnej tabliczce kontrolnej zasobnika należy wpisać nr partii kleju, jego lepkość, godzinę przygotowania kleju i godzinę określającą koniec okresu przydatności.

Mieszalniki po zlanii każdej partii muszą być starannie przemyte, zanim rozpoczną pracę przygotowania nowej partii kleju.

Przygotowanie kleju kazeinowego polega na wleciu do mieszalnika odpowiedniej ilości wody w temperaturze pokojowej, a następnie powolnym wsypywaniu proszku klejowego przy nieprzerwanym mieszaniu (stosunek wody do proszku ustala recepta, w zależności od zastosowania; patrz kleje kazeinowe).

W początkowej fazie mieszania może zajść przypadek nadmiernego zgęstnienia roztworu klejowego, należy wtedy mieszalnik zatrzymać i pozwolić na rozrzedzenie się masy klejowej, po czym należy przystąpić do dalszego mieszania aż do otrzymania właściwego roztworu klejowego, co przeciętnie uzyskuje się w czasie 40 do 50 minut. Tak przygotowany klej powinien odstać się przez czas 10 do 15 minut celem uwolnienia wzmieszanych w masę pęcherzy powietrza, po czym należy ostrożnie zdjąć z powierzchni pianę, zaś pozostały klej jest gotowy do użytku.



Rys. 7. Schemat naczynia chłodzonego wodą dla przetrzymywania przygotowanej substancji klejącej

W wydawalni następuje sprawne i szybkie rozlanie kleju z zasobników do odpowiednich naczyń. Naczynia muszą być przede wszystkim z odpowiedniego materiału (obojętnego w stosunku do kleju), dokładnie czyste i o właściwej pojemności. Pojemność naczyń musi być ściśle dostosowana do potrzeby odpowiedniego stanowiska pracy, aby zapewnić całkowite wyczerpanie zapasu w przepisany czas przydatności substancji klejącej. Zagadnienie to tak słabo akcentowane w przemyśle wiąże się ściśle ze sprawą obniżki kosztów własnych.

Dla klejów szybko wiążących stosuje się naczynia chłodzone (np. typu pokazanego na rys. 7). Jeśli wydział produkcyjny zaopatrzone jest w urządzenia do automatycznego, czy też maszynowego nanoszenia kleju, jest on dostarczany z wydawalni w zasobnikach przewoźnych.

Wydawalnia przyjmuje zlecenia z wydziałów produkcyjnych na ilości i terminy przygotowania substancji klejącej i zapewnia jej właściwe rozprowadzenie.

Naczynia z klejem zaopatruje wydawalnia w przywieszkę zawierającą dane uwzględnione na karcie kontrolnej zasobnika, z którego klej został pobrany.

Lepkość substancji klejącej przy jej wydawaniu należy wpisać na karcie kontrolnej po ustaleniu za pomocą wiskozymetru lub określeniu z tabeli czy też wykresu, na podstawie gęstości podanej przez mieszalnię i czasu, który upłynął od przygotowania kleju.

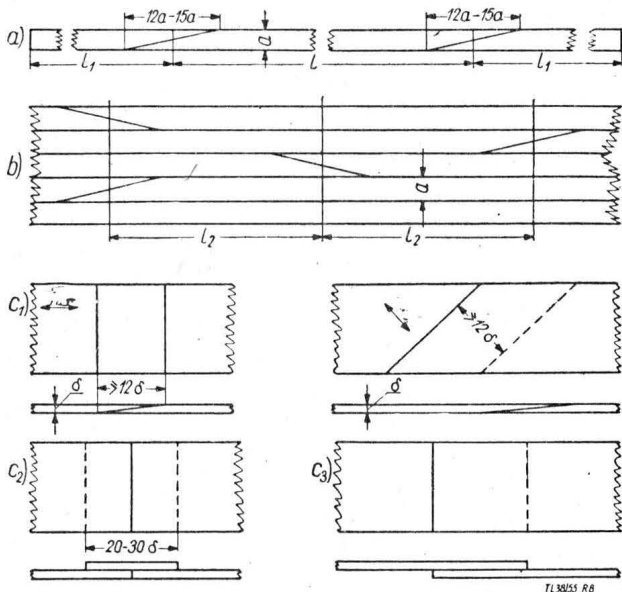
Zmywalnie. Naczynia opróżnione lub (co nie powinno mieć miejsca) z nie wykorzystanym, przeterminowanym zapasem kleju, jak również pistolety natryskowe, pędzle i kopyście wędrują do zmywalni. Tam, w bieżącej wodzie, a w przypadku potrzeby w specjalnych zmywakiach, następuje usunięcie resztek kleju i dokładne przemycie wyżej wymienionych przedmiotów. Ponadto zmywalnia zajmuje się czyszczeniem i myciem zasobników, a nawet mieszalników. W razie potrzeby stosuje się tu również suszenie, przeważnie za pomocą sprężonego powietrza. Do mycia pędzli przewiduje się zazwyczaj oddzielną komorę. Czyste naczynia, pędzle i pistolety natryskowe układa się w przewoźnych regałach i przekazuje do wydawalni. Tak wygląda w zarysie przykład pracy oddziału przygotowania kleju.

**PRZYGOTOWANIE KLEJONYCH POWIERZCHNI I JEGO UZASADNIENIE**

Już przy omawianiu poszczególnych gatunków kleju, jak również w zagadnieniach wstępnych, poruszana była sprawa przygotowania powierzchni elementów klejonych i wpływ tego czynnika na wytrzymałość połączenia.

Ogólnie biorąc stan klejonych powierzchni zapewniać powinien: a) dokładne ich przyleganie, b) możliwość utworzenia równomiernej błony klejowej dając w wyniku skleinę żądaną wytrzymałości.

Przechodząc do szczegółowej analizy tego zagadnienia uwzględnić należy następujące sprawy w kolejności wynikającej z procesu technologicznego przygotowania powierzchni do klejenia: a) wilgotność powierzchni klejonych, b) wielkość powierzchni potrzebną do uzyskania połączenia o odpowiedniej wytrzymałości, c) kształt i równość powierzchni klejonych, d) gładkość powierzchni i jej wpływ na zjawisko adhezji, e) odtłuszczenie powierzchni z uwagi na zjawisko zwilżalności.



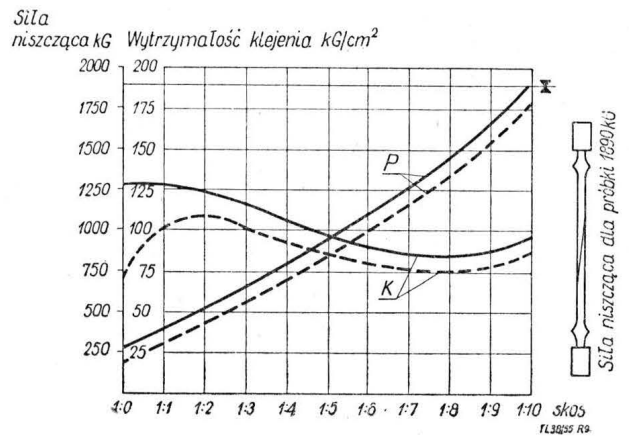
Rys. 8. Sposoby przedłużania (łączenia) elementów z drewna i sklejk  
 a) przedłużanie listew drewnianych  $L_1 = 1,5 \dots 2,5 \text{ m}$   
 $L_2 \geq 0,6 \dots 0,3 \text{ m}$   
 b) przedłużanie listew w klejonce  $L_2 \geq 2 \cdot (12a \dots 15a)$   
 c) sposoby łączenia sklejek i fornirów:  $C_1$  — na skos,  $C_2$  — z nakładką,  $C_3$  — na zakładkę

A więc w pierwszym rzędzie powierzchnie klejone muszą być suche. W odniesieniu do drewna łączy się to z zagadnieniem przesuszenia go do wilgotności dopuszczalnej przy zastosowaniu danego gatunku kleju. Tak na przykład dla kleju kazeinowego przesusza się drewno do 8% wilgotności.

Różna jest wrażliwość poszczególnych klejów na stopień wilgotności klejonych powierzchni, przy czym największa dla klejów poliuretanowych, w każdym jednak przypadku należy zdawać sobie sprawę z wymagań, jakie w tym względzie stawia technologia klejenia i dokładnie je uwzględnić.

Przesuszenie klejonych powierzchni najczęściej odbywa się za pomocą ogrzanego powietrza.

Powierzchnia, jaką w wielu przypadkach dysponujemy dla uzyskania połączenia klejowego (na styk), jest niewystarczająca do spełnienia narzuconych warunków wytrzymałościowych. Wymaga to specjalnego ukształtowania klejonych powierzchni, zmierzającego do ich zwiększenia. W praktyce sprowadza się to do tak zwanego zabiegu ukosowania, klejenia na zakładkę lub stosowania nakładek jedno- lub dwustronnych, jak na rys. 8. Rozwiązanie takie jest również bardzo istotne przy łączeniu materiałów o niejednorodnej strukturze i różnej wytrzymałości, zależnej od kierunku włókien. Tak na przykład w odniesieniu do drewna, połączenia klejowe czołowe odznaczają się bardzo niską wytrzymałością (patrz wykres na rys. 9).



Rys. 9. Wykres zależności obciążenia niszczącego dla skleiny i wytrzymałości klejenia w zależności od wielkości skosu dla kleju z grupy mocznikowoformaldehydowych (kauryt — linia ciągła i z grupy kazeinowych — linia przerywana)

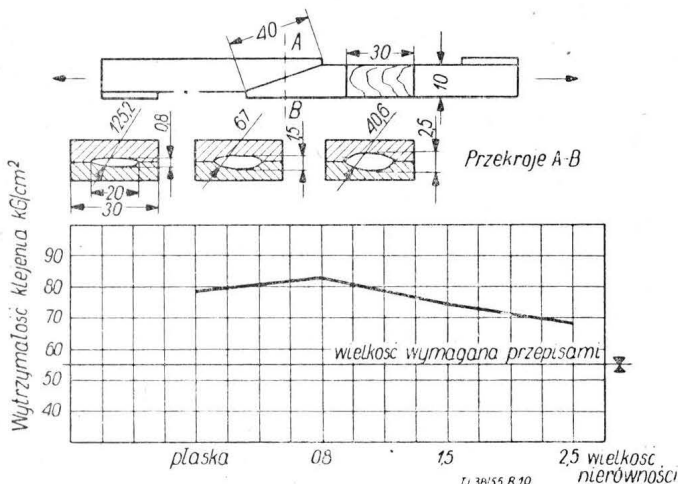
Połączenia na skos są korzystniejsze od zakładkowych, czy nakładkowych, zwłaszcza w lotnictwie, dają bowiem oszczędność na ciężarze i odznaczają się wyższą wytrzymałością (przy tej samej powierzchni klejenia) zwłaszcza zmęczeniową. Ukosowanie wykonuje się przeważnie na maszynach normalnych, frezarkach z górnym lub dolnym wrzecionem, przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi i prostych pomocy, rzadziej i to tylko w produkcji wielkoseryjnej — na maszynach specjalnych.

Załączony rysunek pokazuje przykłady sposobów ukosowania elementów drewnianych przy użyciu obrabiarek normalnych. Również dla innych materiałów niemetalowych, jak na przykład fibry i szkła organicznego, stosuje się przygotowanie klejonych powierzchni w podobny sposób.

Przy określaniu wielkości powierzchni właściwej dla uzyskania wymaganego połączenia nie należy przesadzać, biorąc w każdym przypadku pod uwagę wytrzymałość materiału klejonego w obciążonym przekroju oraz wytrzymałość samego kleju. Na wykresie rys. 9 przedstawione są zależności obciążenia niszczącego i wytrzymałości klejenia w odniesieniu do różnych wielkości ukosowania (ustalone dla próbek z drewna sosnowego o wytrzymałości 478 kG/cm² na ściskanie, 875 kG/cm² na rozciąganie i 795 kG/cm² na zginanie, przy wilgotności 12%, przekroju próbki 12 x 18 — co daje przy klejeniu na styk powierzchnię 2,16 cm² i siłę niszczącą przy rozciąganiu 1890 kG), dla skleiny uzyskanej za pomocą kleju kazeinowego i mocznikowoformaldehydowego (kauryt). W praktyce zgodnie z danymi wykresu przyjmuje się dla klejów kazeinowych ukosowanie 1 : 15.

Niemniej ważna jest obróbka powierzchni klejonych elementów z uwagi na dokładność kształtu i równość powierz-

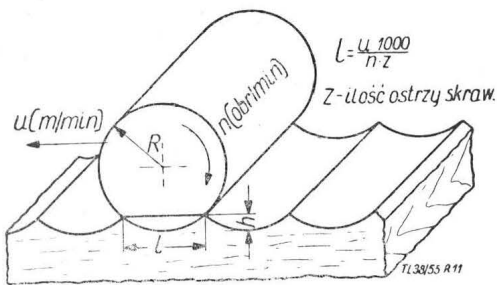
chni. Wytrzymałość skleiny dla poszczególnych gatunków klejów w różnym stopniu zależna jest od grubości warstwy klejowej. Dla jednych klejów (jak na przykład furfurolo- wych, nie zawierających rozpuszczalników mocznikowoformaldehydowych, a nawet kazeinowych) nie jest to czynnik decydujący, dla innych natomiast (jak na przykład kauczukowych czy też fenolowoaldehydowych) w sposób decydujący stanowi o wytrzymałości. Dla każdego gatunku kleju, w zależności od gatunku łączonych materiałów, istnieje jednak w każdym przypadku pewna optymalna wielkość grubości warstwy klejowej w skleinie, dająca największą wytrzymałość. Dla przykładu podane jest na rys. 10 zestawie-



Rys. 10. Wykres zależności wytrzymałości klejenia od wielkości nierówności powierzchni (czyli grubości warstwy klejowej przy zachowaniu warunku jej optymalnej wielkości)

nie zależności wytrzymałości od grubości warstwy klejowej, przy klejeniu drewna klejami z grupy mocznikowoformaldehydowych.

Z drugiej strony wiemy, że istotnym czynnikiem dla wytrzymałości skleiny jest wytworzenie przez substancję klejową błony ciągłej, oddzielającej obie łączone powierzchnie. A więc, jak wynika z powyższego, należy zapewnić takie dopasowanie kształtu, czy też równość klejonych elementów, aby spełnione były oba wyżej wymienione warunki, to jest istnienie błony klejowej ciągłej przy nieprzekroczeniu optymalnej dla danego przypadku grubości warstwy klejowej. W praktyce wiąże się to, między innymi, z odpowiednią regulacją maszyn służących do obróbki powierzchni klejonych, to jest do właściwego ustalenia zależności liczby obrotów narzędzia i posuwu, a czasem również dobrania odpowiedniej liczby ostrzy skrawających oraz głębokości wióra, tak aby długość fali nie była większa od 3 do 5 mm, przy głębokości 0,02 mm. Warunki takie w odniesieniu do drewna uzyskać można na strugarkach wyrówniarkach przy 5 000 do 6 000 obr/min wrzeczona, oraz szybkości posuwu 8 do 10 m/min. Na rys. 11 podany jest przykład takich zależności przy obróbce drewna.



Rys. 11. Schemat tworzenia się nierówności powierzchni przy struganiu mechanicznym

Przeprowadzenie obróbki powierzchni klejonych zalecane jest możliwie bezpośrednio przed nanoszeniem kleju, maksimum na 10 do 15 minut, przez co unikamy potrzeby powtórnej obróbki wiórowej, a poprzestajemy tylko na odkurzeniu za pomocą szczotki włosianej i ewentualnym przetarciu szmatą zamoczoną w rozpuszczalniku (benzynie lub acetonie).

Jeśli właściwa obróbka mechaniczna powierzchni nie gwarantuje dostatecznej jej równości, należy bezpośrednio przed nanoszeniem kleju wyrównać ją (jeśli to możliwe np. na szlifierce taśmowej) za pomocą papieru ściernego nr 0 do 2, tak aby dawała możliwość uzyskania wymaganej grubości warstwy klejowej. Istota takiego wyrównywania pokazana jest na rys. 12.

Przechodząc z kolei do zagadnienia gładkości powierzchni klejonych wiemy z rozważań o adhezji mechanicznej, że jest ona raczej zjawiskiem niepożądanym. Lepsze własności w procesie klejenia i późniejszej pracy skleiny dają powierzchnie porowate lub struktura włóknista materiałów łączonych, umożliwiając zaistnienie warunków adhezji mechanicznej.

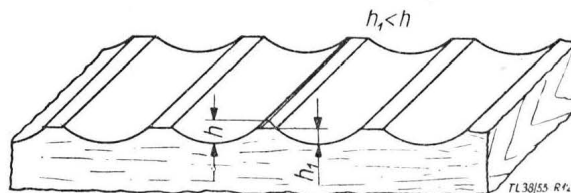
W związku z tym stosujemy przecieranie klejonych powierzchni drobnym papierem ściernym, nawet w odniesieniu do drewna, które z racji swojej włóknistej budowy już i tak daje dobre warunki przyczepności kleju. Należy tu podkreślić, że w żadnym przypadku papier ścierny nie może być tak gruboziarnisty, aby mogło nastąpić przerwanie włókien drewna. W związku z tym również nie jest zalecane ząbkowanie powierzchni klejonych za pomocą ząbków, a już w żadnym przypadku stosowanie ząbkowania w kierunku prostym do kierunku włókien.

Przy stosowaniu skleiki często spotkać się można z jej gładką połyskliwą powierzchnią od metalowych przekładek używanych w procesie jej wytwarzania. Powierzchnię taką przystosowuje się do sklejenia przez oczyszczanie cykliną, zdejmując warstwę nie większą niż 0,1 mm.

W niektórych przypadkach (np. dla drewna twardego, mas plastycznych, fibry) stosowane bywa również piaskowanie powierzchni przed nanoszeniem kleju.

W odniesieniu do mas plastycznych zagadnienia wyżej omawiane są mniej istotne, ponieważ do ich łączenia stosujemy kleje działające na zasadzie adhezji polarnej, a nie, raz nawet takie, których przyczepność wynika z reakcji chemicznych, zachodzących pomiędzy substancją klejącą i materiałem klejonym. I tu jednak gładkie, połyskliwe powierzchnie raczej są niepożądane.

Przy klejeniu materiałów bardzo gładkich, o strukturze bezpostaciowej i chemicznie obojętnych (jak np. szkło lub ceramika), o przyczepności klejów decydują wyłącznie zjawiska adhezji polarnej.



Rys. 12. Istota wyrównywania powierzchni po obróbce mechanicznej na strugarce za pomocą szlifowania papierem ściernym

Jak duże znaczenie dla wytrzymałości skleiny ma stan powierzchni łączonych elementów widać na przykładzie użycia kleju karbinolowego przy klejeniu drewna:

Sposób przygotowania łączonych powierzchni	Wytrzymałość na ścinanie (kg/cm <sup>2</sup> )
polerowana — polerowana	60 — 100
frezowana — frezowana	32 — 156
od piły — od piły	112 — 242
szlifowana — szlifowana	170 — 260
piaskowana — piaskowana	172 — 288
od piły — piaskowana	162 — 172
pelerowana — piaskowana	142 — 198
polerowana — szlifowana	156 — 224
polerowana — od piły	69 — 246
szlifowana — piaskowana	120 — 246
szlifowana — od piły	147 — 331

Ponieważ z zagadnieniem adhezji polarnej łączy się zjawisko zwilżalności, a na tym z kolei pojęciu oparta jest definicja substancji klejącej (patrz TL 2/56, str. 52), należy omówić z kolei, jaki wpływ może mieć stan powierzchni na zwilżalność. Wiele ze stosowanych w przemyśle budowy płatowców substancji klejących jest wodnymi roztworami

właściwych klejów, a jak wiadomo, woda nie zwilża lub źle zwilża powierzchnie brudne i zatłuszczone. Zachodzi wobec tego zagadnienie odtłuszczenia klejonych powierzchni. W praktyce sprawę tę rozwiązuje się w różny sposób.

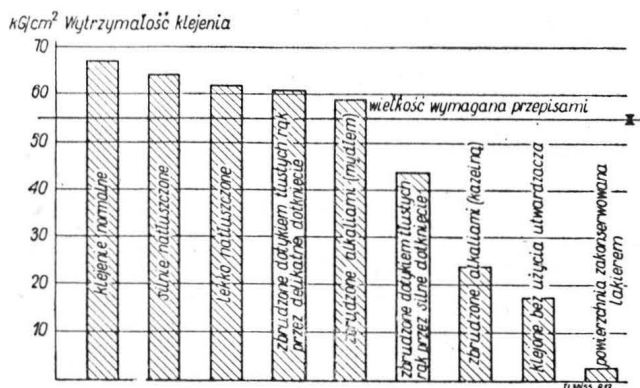
W przypadku klejenia drewna obróbka mechaniczna powierzchni, czy też przetarcie papierem ściernym bezpośrednio przed nanoszeniem kleju uwalnia nas od stosowania dodatkowych zabiegów odtłuszczenia.

Materiały tekstylne klei się zazwyczaj substancjami zawierającymi rozpuszczalniki, które w pewnych granicach również zwalniają od obowiązku odtłuszczenia.

Trzeba tutaj zresztą dodać, że również do wodnych rozтворów klejowych stosowane bywa dodawanie rozpuszczalników (takich jak toluen, czy solwentnafta), których zadaniem jest zmiękczenie i rozpuszczanie zanieczyszczeń tłuszczowych, mogących znaleźć się na klejonych powierzchniach i utrudniających zwilżalność, a więc należyte sklejenie. Takie rozwiązanie przy omawianych już warunkach obróbki powierzchni zabezpiecza je całkowicie w tym względzie.

Przy klejeniu mas plastycznych również można poprzestać na spełnieniu wyżej omówionych zabiegów, natomiast przy łączeniu ceramiki i metali oddzielny zabieg odtłuszczenia jest konieczny, a pożądany w każdym przypadku stosowania klejów nie zawierających rozpuszczalników tłuszczowych.

Ogólną uwagą, jaką można by zakończyć sprawę zabezpieczenia skleiny przed niepożądaną obecnością zanieczyszczeń natury tłuszczowej, jest położenie nacisku na unikanie bezpośredniego dotyknięcia przez robotnika powierzchni ostatecznie przygotowanych do nanoszenia substancji klejącej.



Rys. 13. Przykład wpływu stanu czystości klejonych powierzchni na wytrzymałość sklejenia dla kleju z rodziny mocznikowoformaldehydowych (kaurytu)

Dla bardziej pogładowego ujęcia zagadnienia wpływu zanieczyszczeń powierzchni klejonych na wytrzymałość skleiny, podany jest przykład kształtowania się tego zjawiska dla kleju „kauryt“ (rys. 13).

### SPOSOBY KLEJENIA

Technika klejenia, w zależności od materiału łączonych elementów i użytego gatunku kleju, prowadzona może być różnymi metodami, a mianowicie:

— naniesienie substancji klejącej na łączone powierzchnie, oraz a) zastosowanie przetrzymania otwartego i złożenia, b) złożenie i zaprasowanie, c) złożenie i podgrzanie, d) złożenie, zaprasowanie i podgrzanie, e) przesuszenie warstwy klejowej, zwilżenie jej rozpuszczalnikiem, złożenie i zaprasowanie ewentualnie z dalszym podgrzaniem.

Wyżej wymienione metody uzyskiwania połączenia klejowego należy jeszcze uzupełnić przypadkami jedno i dwustronnego nanoszenia substancji klejącej, to jest pokrywanie klejem jednej lub obu sklepanych razem powierzchni.

Nanoszenie jednostronne stosuje się przy klejeniu elementów z drewna iglastego wzdłuż włókien oraz przy łączeniu elementów z drewna twardego, liściastego, przy szerokich powierzchniach klejenia (ponad 60 mm), w przypadku użycia klejów kazeinowych. Przy łączeniu elementów z mas plastycznych również stosuje się w odniesieniu do niektórych gatunków klejów nanoszenie jednostronne. Wreszcie jednostronne nanoszenie stosuje się we wszystkich tych przypadkach, gdzie drugą powierzchnię musimy

pozostawić dla naniesienia utwardzacza, czy też przyspieszacza.

Dwustronne nanoszenie kleju stosowane bywa częściej. A więc przy użyciu klejów kazeinowych w odniesieniu do elementów z balenitu, fibry, drewna utwardzonego, przy łączeniu drewna twardego liściastego dla wąskich powierzchni klejenia (poniżej 60 mm), dla połączeń na skos i czołowych lub półczołowych, wreszcie przy klejeniu forniiru i wszelkiego rodzaju skorup, niezależnie od gatunku drewna i kierunku słoju na sklepanych powierzchniach; dla drobnych elementów o niewielkiej powierzchni klejenia (np. kliny, nakładki, płytki węzłowe itp.) oraz przy robotach montażowych.

Również przy zastosowaniu innych typów klejów i w odniesieniu do innych materiałów stosuje się w większości przypadków dwustronne nanoszenie substancji klejącej (np. przy łączeniu szkła organicznego).

Przy omawianiu poszczególnych typów i gatunków klejów została uwzględniona sprawa właściwej techniki klejenia dla odpowiednich materiałów i stanu substancji klejącej. Obecnie pozostaje więc jedynie usystematyzowanie metod i pomocy warsztatowych, służących do zapewnienia prawidłowego przebiegu wymaganej technologii.

### METODY NANOSZENIA KLEJU

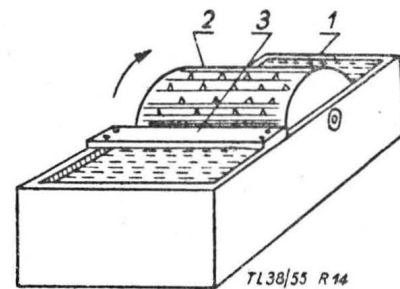
Nanoszenie substancji klejącej odbywać się może trzema metodami: a) ręcznie, b) maszynowo (metoda ta obejmuje również nanoszenie natryskowe), c) mechanicznie.

Nanoszenie ręczne stosowane być może ekonomicznie tylko przy niewielkiej produkcji, ewentualnie jako uzupełnienie metody maszynowej, czy też mechanicznej w miejscach trudno dostępnych. Narzędziami stosowanymi w tym przypadku jest tak zwana kopyś drewniana, pędzel włosiany (nie zawierający elementów metalowych, z silnie związanym włosiem), lub pędzle z łyka lipowego stosowane chętnie ze względu na taniocść i łatwość sporządzania.

Szerokość stosowanych pędzli winna odpowiadać szerokości klejonych powierzchni. Ruch narzędzia w procesie nanoszenia kleju musi być jednokierunkowy dla uniknięcia zjawiska pienienia się kleju. Wadą metody nanoszenia ręcznego, poza względami ekonomii zależnymi od wielkości produkcji, jest trudność lub nawet niemożliwość uzyskania błony klejowej o równej grubości oraz duży rozchód kleju.

Zaletą jest możliwość użycia klejów o większej gęstości, co skracca okres przetrzymania otwartego.

Nanoszenie maszynowe polega na użyciu prostych urządzeń, jak na przykład klejarki jednowalcowej, pokazanej na rys. 14. Do regulacji grubości nanoszonej warstwy klejowej służy drewniana listewka zgarniająca. Zaletą użycia takiego urządzenia jest możliwość uzyskania błony klejowej równomiernej grubości i większa ekonomia w porównaniu z metodą nanoszenia ręcznego.

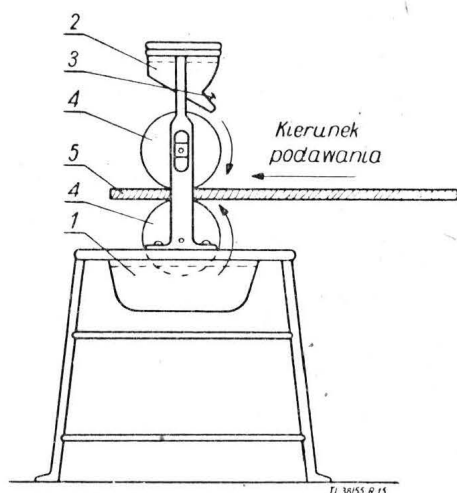


Rys. 14. Klejarka jednowalcowa dla klejów kazeinowych: 1) drewniany zbiornik, 2) walek nabity szpilkami, 3) listwa zgarniająca

Do nanoszenia utwardzaczy czy też przyspieszaczy, w przypadku pokrywania nimi jednej z klejonych powierzchni (np. dla klejów mocznikowoformaldehydowych — „kauryt“) stosować można z uwagi na małą lepkość i gęstość tych płynów pistolety natryskowe.

Metoda ta bardzo szybka i przy odpowiedniej wprawie pracownika dająca możliwość uzyskania równomiernej warstwy nanoszonej substancji jest nieekonomiczna z uwagi na duży rozchód materiału przy elementach o małych powierzchniach klejonych. Wymaga ona także stosowania specjalnych komór natryskowych z wyciągami. Ponieważ płyny te zazwyczaj posiadają jakiś swoisty kolor, dojść może do tego jeszcze potrzeba ochrony powierzchni nie klejonych przed zabarwieniem.

Mechaniczne metody nanoszenia kleju stosuje się w produkcji, gdzie proces ten jest poważną pozycją godzinową (np. przy wytwarzaniu płatewców drewnianych skorupowych i wszędzie tam, gdzie klei się duże powierzchnie). Do tego celu służyć może klejarka dwuwalcowa, której schemat pokazany jest na rys. 15.



Rys. 15. Klejarka dwuwalcowa dla klejów kazeinowych: 1) zbiornik dolny, 2) zbiornik górny, 3) zamknięcie zbiornika górnego, 4) wałce niosące, 5) element przepuszczany między wałkami

Ważnym czynnikiem dla procesu nanoszenia kleju jest temperatura i wilgotność względna powietrza pomieszczenia klejarni. Dla każdego gatunku kleju i rodzaju klejonych materiałów parametry te są ściśle określone i niedotrzymanie ich może ujemnie wpłynąć na wytrzymałość połączenia klejowego.

W odniesieniu do drewna przy użyciu klejów kazeinowych zaleca się temperaturę od 12° do 30°C, dla klejów zaś karbinolowych i fenolowoaldehydowych 10° do 30°C. Możliwość klejenia w niższych temperaturach, jeśli nawet nie ogranicza jej proces wiązania substancji klejącej, połączona jest z znacznym przedłużeniem tego procesu.

Klejenie w temperaturach wyższych, jakkolwiek najczęściej wpływających dodatnio na przebieg procesu, wiąże się z potrzebą zastosowania sztucznego chłodzenia naczyni, w których przetrzymywana jest substancja klejąca. I tak na przykład przy użyciu klejów karbinolowych i fenolowoaldehydowych w temperaturze powyżej 20°C roztwory klejowe przetrzymuje się w naczyniach z płaszczem wodnym, ustalającym temperaturę około 15°C (patrz rys. 7). Również klejarka eksploatowana w takich okolicznościach zaopatrzona jest w płaszcz wodny.

Lepkość substancji klejącej w procesie jej nanoszenia zależy od szeregu czynników: a) typu użytego kleju, b) zastosowanej metody nanoszenia, c) rodzaju klejonych elementów, d) gatunku materiału łączonych elementów, e) rodzaju pracy, f) temperatury pomieszczenia.

Nie wchodząc w szczegóły tych zagadnień, które wielokrotnie już poruszane wydają się zupełnie oczywiste, dla scharakteryzowania podany jest poniżej przykład klejenia drewna za pomocą kleju karbinolowego (słuszne również dla klejów fenolowoaldehydowych). W tym przypadku wymagane stopnie lepkości są następujące: a) dla sklejania sklejki z drewnem 25 — 90° FE, b) dla uzyskania połączeń na skos, połączeń czołowych, lub półczołowych 40 — 120° FE, c) dla robót montażowych 40 — 120° FE, d) przy wyklejaniu pokryć z fornirów 25 — 60° FE.

O przyjęciu pewnej wielkości lepkości w podanych granicach decydują takie warunki jak: metoda nanoszenia, temperatura pomieszczenia, itd.

Ostatnim zagadnieniem są normy zużycia kleju. Sprawa ta, której w wielu przypadkach nie poświęca się należytej uwagi, ma bardzo duży wpływ na kształtowanie się kosztów produktu.

Kleje, a w szczególności te, których używa przemysł budowy płatewców, są materiałem drogim i jak najdalej idąca oszczędność w gospodarce nimi będzie miała znaczny wpływ na obniżkę kosztów własnych, zwłaszcza w tych zakładach, gdzie klejenie jest główną (a nie pomocniczą, lub uzupełniającą) techniką łączenia.

Pierwszy punkt racjonalnej gospodarki klejami omówiony był w temacie przygotowania substancji klejącej, gdzie podkreślono konieczność ograniczenia do minimum pozostawiania resztek przeterminowanych roztworów klejowych.

Druga część zagadnienia związana jest z procesem nanoszenia kleju na łączone powierzchnie i sprowadza się z jednej strony do właściwego sposobu i metody nanoszenia, z drugiej zaś do oszczędnej gospodarki klejami w ramach tej metody przez podniesienie techniki wykonywania skleiny.

Poniżej podane są orientacyjne normy rozchodu substancji klejącej dla różnych typów kleju:

kleje glutynowe	700 — 800 G/m <sup>2</sup>
„ kazeinowe	450 — 600 „
„ kauczukowe	120 — 200 „
„ nitrocelulozowe	100 — 120 „
„ fenolowoaldehydowe	180 — 250 „
błony fenolowoaldehydowe	180 — 250 „
kleje mocznikowoformaldehydowe	180 — 250 „
kleje karbinolowe	180 — 250 „

(Dane dotyczą nanoszenia jednostronnego).

Rzecz jasna, że w podanych granicach a nawet powyżej norma ta będzie się zmieniać w zależności od następujących czynników: a) sposobu nanoszenia (jedno- czy dwustronne), b) metody nanoszenia, c) lepkości użytego kleju, d) rodzaju klejonych elementów, e) gatunku materiału klejonych elementów i f) rodzaju pracy.

I znowu, nie wchodząc w szczegóły, dla scharakteryzowania zagadnienia podane są konkretne przykłady.

Dla klejów kazeinowych:

a) przy nanoszeniu jednostronnym	150 — 200 G/m <sup>2</sup>
b) przy nanoszeniu dwustronnym	230 — 340 G/m <sup>2</sup>
c) przy klejeniu pokryć i fornirów	150 — 200 G/m <sup>2</sup>
d) przy klejeniu drewna utwardzonego i balenitu o 10 do 15% więcej. (Dane dotyczą zużycia suchego proszku klejowego).	

Dla klejów fenolowoaldehydowych i karbinolowych:

a) przy nanoszeniu jednostronnym	180 — 250 G/m <sup>2</sup>
b) przy nanoszeniu dwustronnym	250 — 340 G/m <sup>2</sup>
c) przy klejeniu pokryć i fornirów	350 — 400 G/m <sup>2</sup>

### CISNIENIE W PROCESIE SKLEJANIA

O konieczności stosowania przymusowego docisku łączonych elementów w procesie sklejania wspomniano już przy omawianiu poszczególnych typów klejów. Jest ona spowodowana w pierwszym rzędzie zmianami objętości, jakim podlega substancja klejąca w procesie wiązania (dla większości klejów).

Przy klejach nie zmieniających objętości nie zachodzi potrzeba spowodowania zacisku łączonych elementów. Sprawowanie sprzyja ponadto przenikaniu kleju w pory materiału przy klejeniu materiałów porowatych i o strukturze włóknistej oraz usuwaniu ze skleiny powietrza lub gazów wydostających się z substancji klejącej w procesie wiązania. W dalszym ciągu wywierania nacisku na sklejane elementy (który powinien być możliwie równomierny na całą klejoną powierzchnię) zapewnić ma wytworzenie w skleinie nieprzerwanej, równomiernej i wymaganej grubości błony klejowej. Zapewnia ono przy tym wypełnienie substancją klejącą wszystkich nierówności powierzchni łączonych. W związku z tym im bardziej równe są powierzchnie, tym mniejszych wymagają nacisków.

Powiązanie wielkości nacisków ze stanem lepkości użytej substancji klejącej przedstawia się następująco. Przy klejach o niskiej lepkości należy stosować małe ciśnienia, aby nie dopuścić do zbytowego wyciskania kleju, co może spowodować przerwanie warstwy klejowej w skleinie. W odniesieniu do materiałów porowatych zbyt wysokie w tym przypadku ciśnienie mogłoby być przyczyną nadmiernego przenikania substancji klejącej w głąb klejonych materiałów, dając w rezultacie nieodpowiednie (zbyt słabe) połączenie. Przy klejach o wysokiej lepkości stosuje się ciśnienia wysokie, aby uniknąć skleiny o zbyt grubej warstwie klejowej, oraz uzyskać właściwe wypełnienie ewentualnych nierówności powierzchni.

Jeśli więc lepkość substancji klejącej zapewnić ma przy zastosowaniu danego nacisku żadaną grubość warstwy klejowej w skleinie, a niestety ze względu na warunki procesu nanoszenia kleju przeważnie jest ona zbyt mała, należy uciec się przed zaciskiem do zastosowania przetrzymywania otwartego, to jest przed złożeniem, lub nawet dodatkowo zamkniętego, to jest po złożeniu łączonych elementów.



Klejami, które wymagają zastosowania przetrzymania, są między innymi kleje kazeinowe, fenolowoaldehydowe i karbinolowe.

Rodzaj kleju	Rodzaj przetrzymania	Czas przetrzymania min.
Kleje kazeinowe	otwarte . . . . .	2 — 6.
	zamknięte . . . . .	4 — 13
Kleje fenolowoaldehydowe	otwarte . . . . .	4 — 15
	zamknięte . . . . .	5 — 25

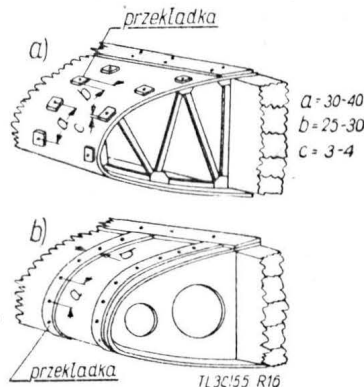
Klejenie na gorąco z reguły związane jest ze stosowaniem nacisków pozwalających na uniknięcie porów, które w przypadku forsownego grzania mogłyby powstać spowodowane gazami wyciskającymi się z substancji klejącej.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że wielkość zacisku wytworzonego początkowo w większości przypadków będzie ulegać zmianie (zmniejszaniu) na skutek wyciskania substancji klejowej, przenikania jej do porów łączonych materiałów, wreszcie na skutek zmian objętości kleju w procesie wiązania. Jest to zjawisko niepożądane i należy mu zapobiegać. Wielkości stosowanych nacisków w pierwszym jednak rzędzie zależą oczywiście od gatunku i postaci kleju, co charakteryzuje przytoczone zestawienie:

kleje glutynowe . . . . .	0,5 — 2	kG/cm <sup>2</sup>
kleje kazeinowe . . . . .	0,5 — 5	„
kleje kauczukowe . . . . .	0,5 — 4	„
kleje nitrocelulozowe . . . . .	0,5 — 4	„
kleje fenolowoaldehydowe . . . . .	0,5 — 5	„
blony fenolowoaldehydowe . . . . .	2,5 — 5	„
kleje mocznikowoformaldehydowe . . . . .	0,5 — 5	„
kleje karbinolowe . . . . .	3,0 — 5	„

Dopiero w podanych tu granicach decydować będą wspomniane wyżej warunki lepkości i stanu powierzchni. Ponadto przepisane naciski dostosować należy do gatunku sklejanego materiału, wielkości łączonych powierzchni, wreszcie sztywności, to jest konstrukcji elementów. Niekiedy decydować może tu także przeznaczenie klejonego zespołu. Ogólnie przewidzieć można, że dla materiałów twardych stosuje się naciski większe (np. dla drewna utwardzonego, balenitu i twardych gatunków liściastych stosuje się naciski większe, niż dla drewna gatunków iglastych); dla elementów szerokich i o większych powierzchniach również naciski winny być większe niż dla wąskich; w odniesieniu do konstrukcji szkieletowych, ażurowych (np. szkielety usterzeń, nieraz również skrzydeł drewnianych) daje się naciski minimalne (0,5 do 1 kG/cm<sup>2</sup>), w przeciwieństwie do klejenia na przykład sztywnych bloków na śmigła (4 do 5 kG/cm<sup>2</sup>).

Do wywołania zacisku sklejanego elementów istnieje cały szereg metod, a mianowicie: a) za pomocą gwoździ, b) obciążając ciężarem, c) za pomocą sznurów lub taśm gumowych, d) przy użyciu zacisków sprężynowych, e) za pomocą zacisków śrubowych, f) przy użyciu pras śrubowych, stołowych lub specjalnych, g) za pomocą zacisków dźwigniowych, h) za pomocą klinów, k) za pomocą mimośrodków, m) przy użyciu pras hydraulicznych lub pneumatycznych, n) za pomocą podciśnienia.



Rys. 16. Przykład uzyskiwania zacisku za pomocą gwoździ

Istnieje naturalnie możliwość kojarzenia pewnych metod. Przemysł budowy płatowców korzysta lub korzystał

ze wszystkich wymienionych tu metod, wśród których można by dokonać podziału na: dające nacisk równomierny; nie dające nacisków równomiernych; umożliwiające regulację wielkości nacisku; nie dające możliwości regulacji wielkości nacisków; nadające się do klejenia elementów krzywych i prostych; nadające się wyłącznie do klejenia powierzchni prostych.

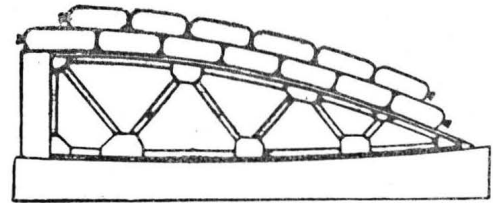
Rozpatrzmy po kolei możliwości zastosowania, zalety i wady poszczególnych metod zacisku.

1. Uzyskanie zacisku za pomocą gwoździ według schematu przedstawionego na rys. 16 jest metodą bardzo prymitywną, bywa jednak stosowana w zakładach doświadczalnych przy produkcji prototypów, a nawet przy produkcji średnio- i wielkoseryjnej jako metoda uzupełniająca przy sklejanu elementów o skomplikowanych kształtach. Gwoździe albo bywają usuwane, albo też pozostają, wtedy nie stosuje się przy ich zabijaniu podkładek pod lby, natomiast powinny one być pocynkowane na szorstko, lub pokadmowane.

Jest to metoda typowa dla klejenia małych elementów i pokryć sklejkowych do żeberek i podłużnic konstrukcji kratowej. Do zalet tej metody należy: możliwość zaciskania elementów o dowolnym kształcie; prostota zacisku; niewymaganie specjalnego wyposażenia.

Jako wady wliczyć trzeba: niemożliwość uzyskania równomiernego zacisku całej klejonej powierzchni; niemożliwość regulacji wielkości nacisków i ich kontroli; duża pracochłonność (niska wydajność); duże zużycie gwoździ; niszczenie klejonych elementów (otwory po wyjmowanych gwoździach, pęknięcie cienkich elementów); nie nadaje się przy klejeniu dużych powierzchni i użyciu klejów szybkowiązających.

2. Docisk ciężarami należy również do metod prymitywnych. Stosowany bywa w produkcji prototypowej, przy sklejanu dużych powierzchni płaskich, lub o dużym promieniu krzywizny. Jest to metoda typowa dla klejenia pokryć, nie gwarantuje jednak wysokiej jakości klejenia.



TL 3Q/55 R17

Rys. 17. Przykład uzyskiwania docisku za pomocą ciężarów

Jako ciężarów używa się przeważnie worków z piaskiem, według schematu pokazanego na rys. 17.

Do zalet tej metody należy: możliwość uzyskania dość równomiernego nacisku i jego regulację (w pewnych wąskich granicach); prostota zacisku; niewymaganie specjalnego wyposażenia.

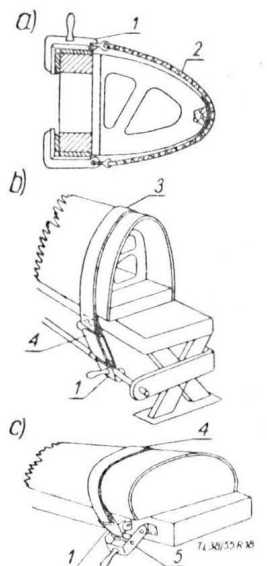
Jako wady wliczyć trzeba: niemożność kontroli wielkości nacisków; ograniczona możliwość zastosowania; niska wydajność, robota uciążliwa i pracochłonna; tworzenie się zapadnięć przy klejeniu pokryć w obszarach niepodpartych szkieletem.

3. Uzyskiwanie docisku za pomocą sznurów gumowych lub taśm jest typowe przy klejeniu elementów wypukłych o dużej krzywiznie, a więc małym promieniu krzywizny.

Jako metoda produkcyjna spotykana jest przy wytwarzaniu prototypów, jak również małych i średnich serii. Charakterystycznym przykładem zastosowania będzie pokazany na rys. 18 sposób klejenia pokrycia noska skrzydłowego lub kadłuba, przy użyciu sznurów czy też taśm gumowych, a nawet taśm parcianych z wkładką gumową.

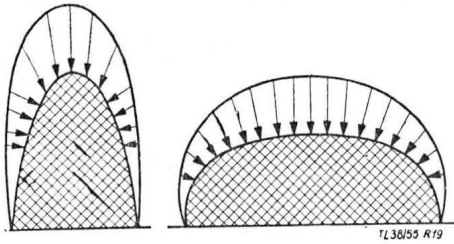
Istnieje możliwość zastosowania taśm dociskowych jako elementów grzejących (elektrycznych, oporowych). Do zalet tej metody należy: taniość i prostota wykonania oraz obsługi; możliwość uzyskania dużych nacisków; możliwość regulacji wielkości nacisku (w pewnych granicach).

Jako wady wliczyć trzeba: niemożliwość uzyskania równomiernego nacisku (rozkład nacisków charakteryzuje wykres przytoczony na rys. 19); niemożność



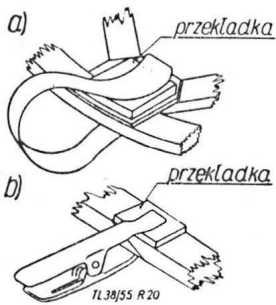
Rys. 18. Uzyskiwanie docisku za pomocą sznurów i taśm gumowych 1) zaczep, 2) sznur gumowy, 3) taśma parciana, 4) taśma gumowa, 5) mechanizm dźwigniowo-przerzutowy

kontroli wielkości nacisków; niemożność dociskania elementów wklęsłych; niebezpieczeństwo dla pracowników obsługujących (w przypadku zerwania się, lub zsunięcia z zaczepu).



Rys. 19. Schemat rozkładu nacisków jednostkowych występujących przy użyciu sznurów lub taśm gumowych

4. Stosowanie zacisków sprężynowych (rys. 20) ogranicza się w praktyce do bardzo wąskiego odcinka klejenia drobnych elementów typu nakładek i klinów; spotyka się zarówno w produkcji małych jak i dużych serii.

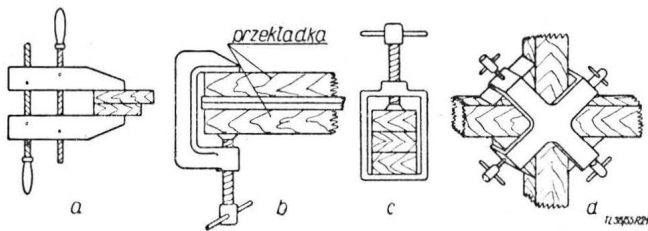


Rys. 20. Sposób uzyskania zacisku za pomocą elementów sprężynowych

Do zalet tej metody należy: prostota i tanieństwo zacisku; szybkość i wygoda w pracy; niewielka możliwość regulacji wielkości zacisku; uniwersalność.

Jako wady wyliczyć trzeba: niemożność uzyskania równomiernego nacisku; niemożność kontroli i trudna regulacja wielkości wywieranego nacisku; niemożność uzyskania dużych nacisków jednostkowych przy zapewnieniu warunków wygody w pracy; niemożliwość stosowania do elementów o dużej powierzchni ze względu na małe siły oraz mały wysięg.

5. Zaciski śrubowe w różnej postaci są najczęściej spotykane w robotach klejarskich w każdym prawie typie produkcji. Na rys. 21 widzimy przykłady zastosowania zacisków śrubowych czterech typów. Uzyskiwanie zacisku za pomocą pras śrubowych różnego typu również należy rozpatrywać jako działanie śruby. Na rys. 22 podane są przykłady różnych typów pras śrubowych.



Rys. 21. Przykłady użycia śrub jako elementów zaciskowych

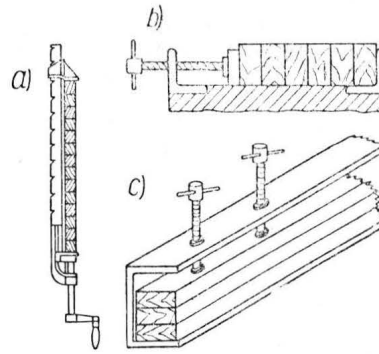
Zaletami stosowania elementów śrubowych jako zacisków są: prostota eksploatacji; możliwość regulacji wielkości nacisku (w pewnych granicach); możliwość uzyskania dużych nacisków jednostkowych; uniwersalność.

Do wad tej metody zaliczamy: trudność wytworzenia równomiernego nacisku i jego kontroli; duże naciski skupione, których staramy się uniknąć przez użycie grubych nakładek, lub przenosząc siłę za pośrednictwem elementów sprężystych (na rys. 23 pokazany jest przykład użycia gumy i elementów sprężynowych dla złagodzenia niepożądanego zjawiska nacisków skupionych); duża pracochłonność przy większej ilości śrub; niemożliwość zastosowania do elementów małych i średnich ze względu na mały wysięg (przy dużym wysięgu urządzenie staje się zbyt ciężkie i nieporęczne); trudność i niepewność zastosowania w odniesieniu do elementów nieplaskich.

6. Uzyskanie zacisku za pomocą urządzeń dźwigowych (rys. 24) nie jest szeroko rozpowszechnione.

Do zalet należy: prostota urządzenia i szybkość zacisku; możliwość niewielkiej regulacji wielkości nacisku.

Z wad wyliczyć należy: ograniczoną możliwość zastosowania i trudność użycia do zaciskania elementów nieplaskich; niemożność zastosowania do większych elementów ze względu na mały wysięg; niemożność uzyskania równomiernych nacisków i ich kontroli.



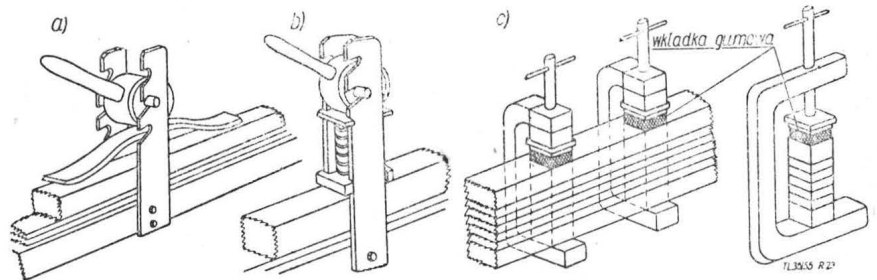
Rys. 22. Przykłady zastosowania pras śrubowych do zaciskania elementów przy klejeniu

Na rys. 23 oraz 26 pokazane są przykłady zastosowania zacisków mimośrodowych, a na rys. 27 wykres rozkładu nacisków jednostkowych otrzymanych przy użyciu zacisków mimośrodowych. Do zalet tej metody zaliczyć należy nadzwyczajną prostotę budowy, nadzwyczajną szybkość i prostotę obsługi, dużą uniwersalność, możliwość uzyskania dużych nacisków.

Z wad wyliczyć trzeba: niemożliwość regulacji wielkości nacisku i jej kontroli; duże naciski skupione, stwarzające nawet niebezpieczeństwo zniszczenia klejonych elementów; trudność zastosowania w odniesieniu do elementów nieplaskich.

9. Uzyskanie zacisku przy użyciu prac hydraulicznych, a częściej nawet pneumatycznych, zaliczyć należy do wysokiej kultury produkcji. Metoda ta ze względu na koszt urządzenia opłacalna jest dopiero dla produkcji seryjnej i ze względu na swoje niewątpliwe zalety znajduje zastosowanie przy wszelkiego rodzaju robotach klejarskich z wyjątkiem sklejanie układów szkieletowych, gdzie urządzenie byłoby trudne do skonstruowania. Typowym przykładem właściwego zastosowania tej metody jest użycie jej przy klejeniu drewnianych konstrukcji skorupowych typu „Sandwich”.

Na rys. 28 pokazane są schematycznie przykłady możliwości zastosowania tej metody zacisku działającej na zasadzie naciśnięcia, zazwyczaj przy ciśnieniu 1 do 3 atm.



Rys. 23. Przykłady rozwiązania konstrukcyjnego zacisków mimośrodowych z elementami sprężystymi

Jako zalety podkreślić należy: szybkość zacisku; prostota eksploatacji; możliwość uzyskania całkowicie równomiernych nacisków, dowolnych w wymaganym dla klejenia zakresie; możliwość dokładnej kontroli i ciągłej regulacji wielkości nacisków; możliwość zastosowania automatyzacji w zakresie samoczynnej regulacji określonej wielkości nacisku, zmieniającego się w wyniku przemian związanych z procesem wiązania kleju; możliwość zaciskania elementów

7. Użycie elementów klinowych dla uzyskania zacisku również ma ograniczone zastosowanie, sprzeczające się do klejenia bloków z wielu warstw drewna i płyt. Jakkolwiek metoda ta stosowana jest zarówno w średnio jak i wielkoseryjnej produkcji, należy ona do metod przestarzałych i świadczy o niskiej kulturze produkcji. Na rys. 25 widzimy przykłady zastosowania.

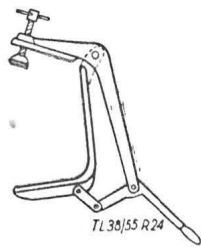
Do zalet tej metody należy: nadzwyczajna prostota urządzenia; nadzwyczajna prostota i szybkość obsługi; możliwość uzyskania dużych nacisków i ich regulacji.

Jako wady wymienić trzeba: niemożność kontroli wielkości nacisków jednostkowych; duże naciski miejscowe; trudność zastosowania w odniesieniu do elementów nieplaskich.

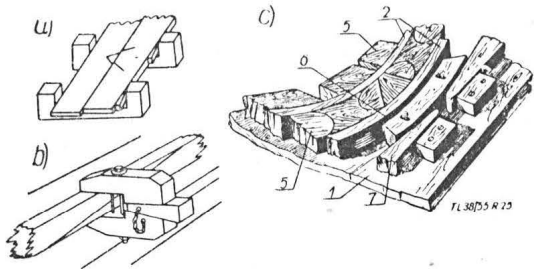
8. Zaciski mimośrodowe stosuje się chętnie w produkcji nawet seryjnej, w zastosowaniu do przyrządów montażowych płaskich oraz do zaciskania drobnych elementów przy montażu zespołów. Dla złagodzenia wady wywierania nacisków skupionych kojarzony bywa często z elementem sprężynującym.

o skomplikowanych kształtach, zarówno wypukłych jak i wklęsłych; możliwość połączenia w jednym zespole urządzenia do grzania elektrycznego i zacisku.

W porównaniu z tymi zaletami podane wady są nieistotne: dla

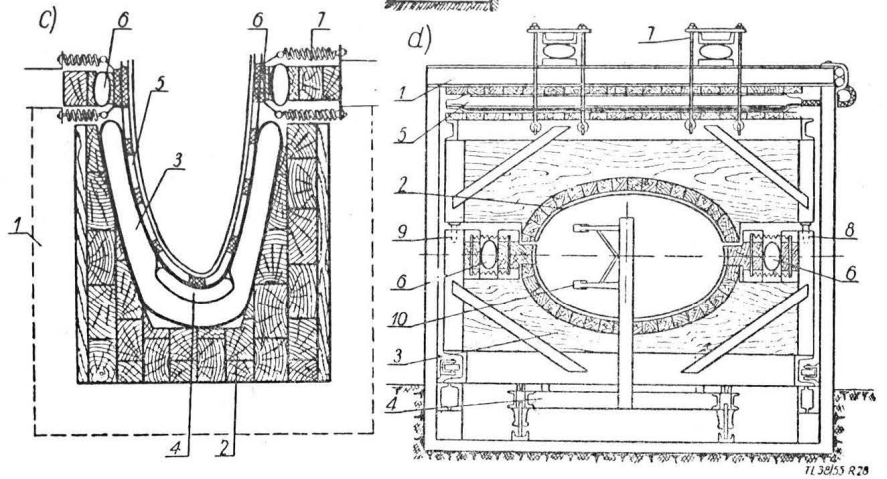
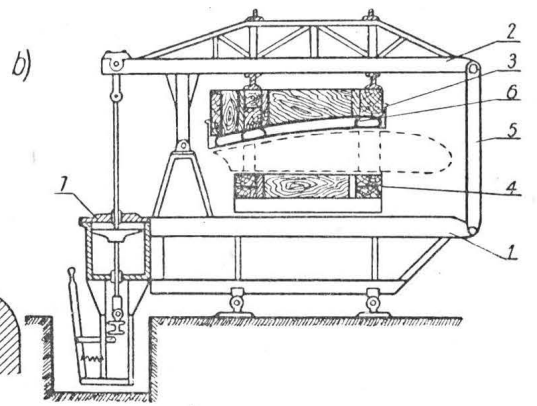


Rys. 24. Zacisk dźwigniowy



Rys. 25. Uzyskiwanie docisku za pomocą klinów

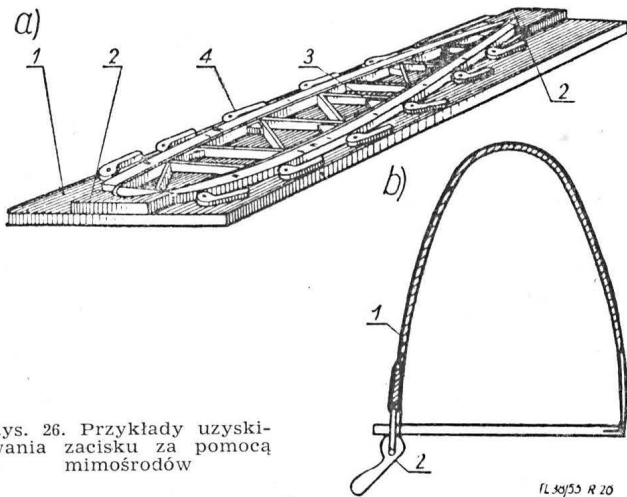
zacisku hydraulicznego — możliwość zalania wodą elementów klejonych, w przypadku uszkodzenia instalacji; dla zacisku pneumatycznego — konieczność zakładania sieci sprężonego powietrza (najczęściej zresztą znajduje się ona w zakładzie produkcyjnym), lub specjalnych instalacji sprężarkowych.



Rys. 28. Przykłady możliwości zastosowania zacisku pneumatycznego

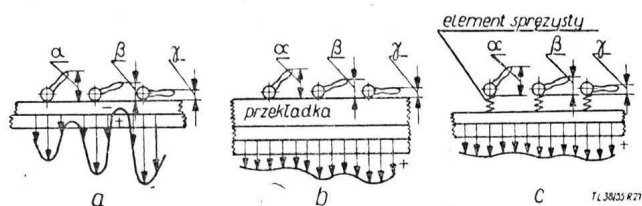
„autoklawem“, gdzie obok zjawiska zacisku stosuje się ogrzewanie oraz uzyskać można wyższe ciśnienie przy zastosowaniu nadciśnienia. Metoda klejenia w autoklawach jest metodą nowoczesną i chętnie stosowaną, mimo że koszt urządzenia, zwłaszcza dla większych zespołów, jest dość znaczny.

Długotrwałość przetrzymania klejonego zespołu w zacisku zależy od gatunku zastosowanego kleju, rodzaju klejonego materiału oraz temperatury, w której przebiega proces wiązania. Ujmując zagadnienie ogólnie można powie-

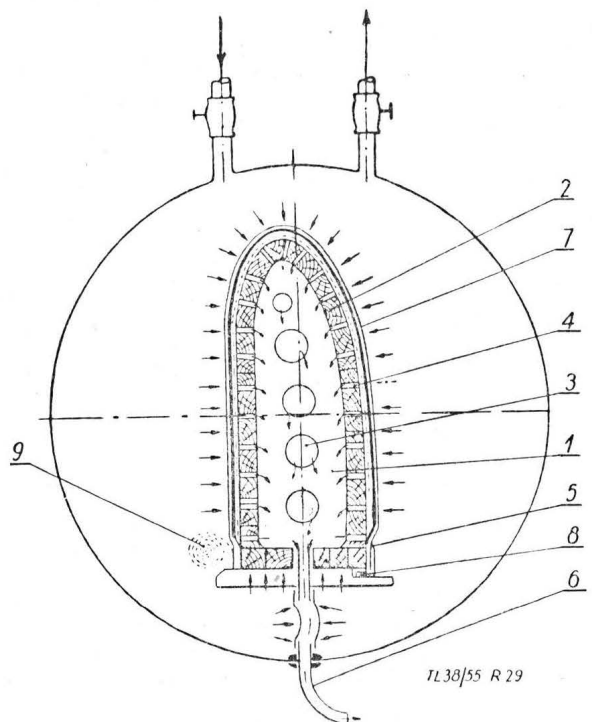


Rys. 26. Przykłady uzyskiwania zacisku za pomocą mimośrodków

10. Uzyskiwanie zacisku na zasadzie podciśnienia posiada te same zalety co pneumatyczne nadciśnienie, z tym że wielkość nacisków jednostkowych, jakie możemy tu uzyskać, jest ograniczona i niska (normalnie mniej niż 1 atn). Stąd więc możliwość zastosowania będzie bardziej ograniczona. Na rys. 29 pokazany jest schemat takiego urządzenia. Na rys. 30 pokazany jest schemat urządzenia zwanego

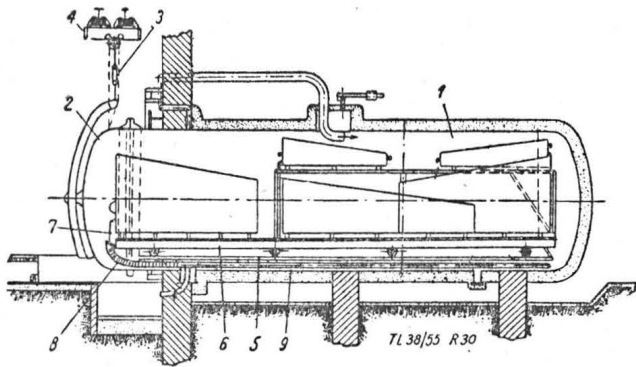


Rys. 27. Schemat rozkładu nacisków jednostkowych występujących przy użyciu mimośrodków: a) zacisk bezpośredni, b) zacisk przez podkładkę, c) zacisk za pośrednictwem elementu sprężystego



Rys. 29. Zasady klejenia przy uzyskiwaniu docisku za pomocą podciśnienia

dzień, że zdjęcie zacisku dozwolone jest w takim stadium procesu wiązania substancji kleistej, w którym wytrzymałość skleiny przewyższy naprężenia wynikające z odkształceń sprężystych klejonych elementów i naprężenia będące



Rys. 30. Schemat autoklawu do klejenia drewnianych konstrukcji płatowcowych

wynikiem ewentualnej dalszej obróbki sklejonych elementów.

Korzystne jest po zdjęciu zacisku zastosowanie tak zwanego „przetrzymania swobodnego” przed dalszą obróbką w granicach od 6 do 24 godzin.

Dla drewna w okresie przetrzymania swobodnego zapewnić należy odpowiednie warunki temperatury (nie mniej niż 16°C) i wilgotności powietrza (gwarantującej równomierną wilgotność drewna).

### GRZANIE W PROCESIE KLEJENIA

Grzanie w procesie klejenia może być jedną z metod przyspieszenia procesu wiązania substancji klejącej (inną metodą jest stosowanie przyspieszaczy) lub też, jak to ma miejsce np. w odniesieniu do klejów termoplastycznych, może być zabiegiem podstawowym, polegającym na roztopieniu kleju dla uzyskania niezbędnej lepkości. Przy klejeniu za pomocą błon z żywicy termoplastycznych zamiast grzania stosować możemy wstępne zanurzenie ich przed sprasowaniem do rozpuszczalnika na okres 20 do 60 sekund. Grzanie jednak jest w procesie klejenia zabiegiem bardzo użytecznym i stosowanym nawet tam, gdzie moglibyśmy się bez niego obejść, jak również czasem przy stosowaniu klejów do klejenia na zimno, stanowi ono bowiem w każdym przypadku o skróceniu procesu 5 do 6-krotnie, a więc o skróceniu cyklu produkcyjnego, podstawowego czynnika ekonomii produkcji, zwiększenie przepustowości bez zwiększania produkcyjnej powierzchni i wyposażenia.

Należy wspomnieć jeszcze o szczególnie ważnym znaczeniu, jakie odgrywa podgrzewanie przy robotach klejarskich remontowych, zwłaszcza w warunkach polowych, w okresie zimna.

W przemyśle budowy płatowców stosujemy podgrzewanie reflektorowe, promieniami podczerwieni, elektryczne kontaktowe, prądami wysokiej częstotliwości, za pomocą strumienia gorącego powietrza i w komorach.

1. Podgrzewanie reflektorowe, normalne lub promieniami podczerwieni, polega na grzaniu grzejnikami reflektorowymi. Stosuje się najczęściej przy pracach montażowych, np. klejeniu szkieletów kadłubów, skrzydeł, usterzeń, oraz przy robotach remontowych.

Grzejnik taki pokazany jest na rys. 31 w najprostszej swej formie wykonany jest w postaci skrzynki skleionej, wewnątrz której zamocowany jest izolator o średnicy 80 do 120 mm; na izolatorze nawinięta jest spirala grzejna z drutu stalowego średnicy 0,6 do 1 mm, obliczona tak, aby grzejnik dawał odpowiednią temperaturę; dla zabezpieczenia przed zetknięciem się spirali grzejnej z suszonymi elementami, skrzynka reflektora osłonięta jest od strony roboczej za pomocą siatki drucianej.

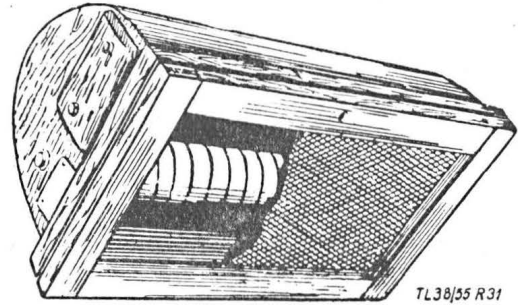
Pobór mocy reflektorów grzejnych tego typu zawiera się w granicach 0,5 do 2,5 kW. Temperatura osiągana przy użyciu grzejników reflektorowych w płaszczyźnie podstawy reflektora wynosi 70° do 80°C, w ciągu 30 do 40 minut.

Zaletą stosowania tej metody grzania jest: niski koszt urządzenia; jego uniwersalność; łatwość obsługi i manipulacji; możliwość przyłożenia w dowolnym miejscu grzanego zespołu.

2. Podgrzewanie promiennikami podczerwieni również zaliczyć

należy do metody grzania reflektorowego. Źródłem ciepła są tu lampy żarowe wysyłające w większości promieniowanie podczerwone. Lampy takie umieszcza się w specjalnych oprawach reflektorowych, celem umożliwienia odpowiedniego skierowania strumienia promieniowania; ostatnio produkowane są lampy posiadające lustro reflektorowe w samej bańce żarówki. Moc stosowanych lamp wynosi 0,2 do 0,5 kW, a osiągnięta temperatura na powierzchni grzanego elementu około 60°C. Czas nagrzewania waha się przeciętnie od 30 do 90 minut. Lampy takie stosuje się pojedynczo do grzania pewnych określonych miejsc w dużym zespole konstrukcyjnym, lub też montuje w specjalnych stojakach, czasem nawet o kształcie odpowiadającym krzywiznie grzanego zespołu, w tak zwane baterie lampowe.

Urządzenia tego ostatniego typu służyć mogą do grzania dużych i skomplikowanych zespołów płatowcowych. Stosowanie przy klejeniu podgrzewania za pomocą promienników podczerwieni posiada wiele zalet: możliwość łatwego kierowania ciepła i grzania ściśle określonych miejsc; taniść i prostota urządzenia; uniwersalność



Rys. 31. Grzałka elektryczna typu reflektorowego

zastosowania; łatwość obsługi i manipulacji i przede wszystkim niemiatowanie odpływu par wilgotności, czy też rozpuszczalników wydzielających się ze skleiny w procesie wiązania.

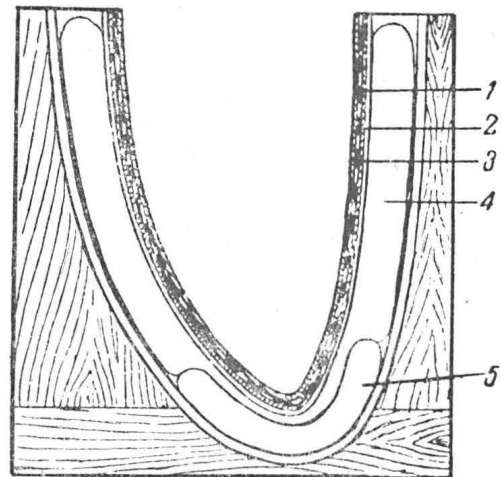
3. Podgrzewanie elektryczne kontaktowe polega na ogrzewaniu za pomocą grzejników. Metoda ta używana jest przy sklejanu listew i płyt przy robotach montażowych, oraz przy wyklejaniu pokryć ze sklejek i fornirow. Może ona być stosowana wszędzie tam, gdzie grubość nagrzewanych elementów nie przekracza 15 mm.

Przy wytwarzaniu elementów o skomplikowanych kształtach stosować można proste grzałki w postaci gołych taśm grzejnych szerokości 10 do 100 mm, żelazek do prasowania, lub grzejników typu dywanowego przyjmujących dowolny kształt. Grzałkami taśmowymi można owijać miejsca trudno dostępne przy klejeniu konstrukcji szkieletowych. Stosowanie żelazek do prasowania szczególnie korzystne jest przy usuwaniu wad klejenia lub remoncie pokryć sklejkowych i fornirowych; temperatura żelazka nie powinna przekraczać 70° do 80°C.

Ze względu na szerokie zastosowanie grzejników elektrycznych kontaktowych zagadnienie to należy omówić obszerniej.

Zasadniczą częścią grzejnika jest metalowa taśma oporowa zasilana prądem zmiennym jedno- lub trójfazowym, w zależności od mocy urządzenia grzejnego. Stosuje się napięcia 12, 36, 120 i 220 V.

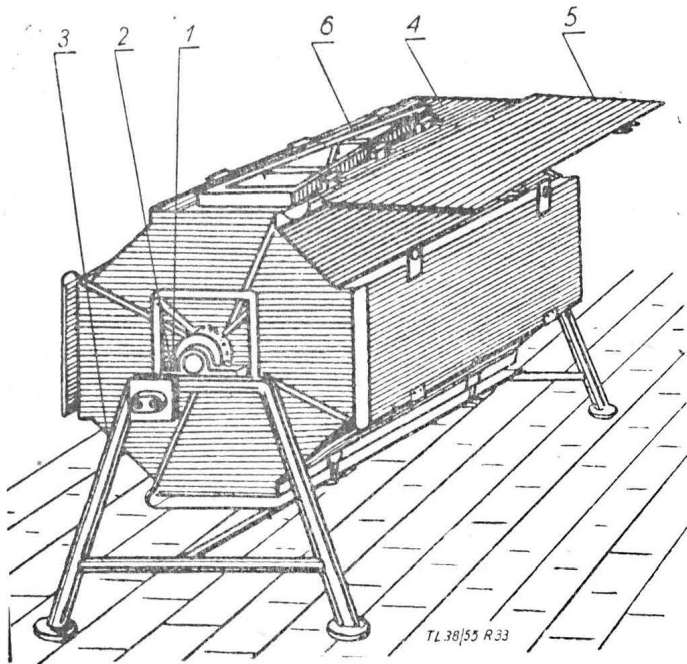
W technice klejenia przy wytwarzaniu płatowców stosowane są: a) grzejniki nakładane na skleiany zespół przed jego zaprasowaniem, razem z nim poddane zaprasowaniu, po czym zdejmowane, jak to ma miejsce np. w autoklawach (rys. 30). Czasem



Rys. 32. Urządzenie pneumatyczne do wyklejania pokryć części noskowych skrzydła z zastosowaniem grzejników nakładanych 1) — 2) arkusze fornirow, 3) grzejnik, 4) — 5) — dociski pneumatyczne

przy klejeniu w wielopiętrowych prasach z zaciskiem mechanicznym, przy klejeniu zespołów małych i średniej wielkości oraz przy wyklejaniu pokryć z fornirow w prasach typu wannowego z dociskiem pneumatycznym, jak to jest pokazane na rys. 32 w odniesieniu do klejenia pokrycia noska skrzydłowego;

b) grzejniki stałe, zabudowane w urządzenia zaciskowe, spotyka się również często w prasach o zacisku mechanicznym, oraz w urządzeniach z zaciskiem pneumatycznym lub hydraulicznym. Na rys. 33 pokazane jest urządzenie obrotowe do klejenia żeberek, wyposażone w instalację grzejącą elektryczną, której schemat pod-



Rys. 33. Urządzenie obrotowe czterosekcyjne do klejenia żeberek z zastosowaniem nagrzewaczy: 1) podstawa, 2) bęben, 3) mechanizm obrotu, 4) płaszczyzna montażu, 5) nakładka zawiasowa, 6) element sklejaný

łączenia widoczny jest na rys. 34. Na rys. 35 widać grzałki stałe wbudowane w foremnik do wyklejania pokrycia fornirowego kadłuba.

Grzałki wykonuje się najczęściej ściśle dostosowane do charakteru klejonego zespołu, a typ ich dobiera się w zależności od dysponowanych urządzeń zaciskowych.

Można jednak w pewnym zakresie robót klejarskich stosować również grzejniki uniwersalne.

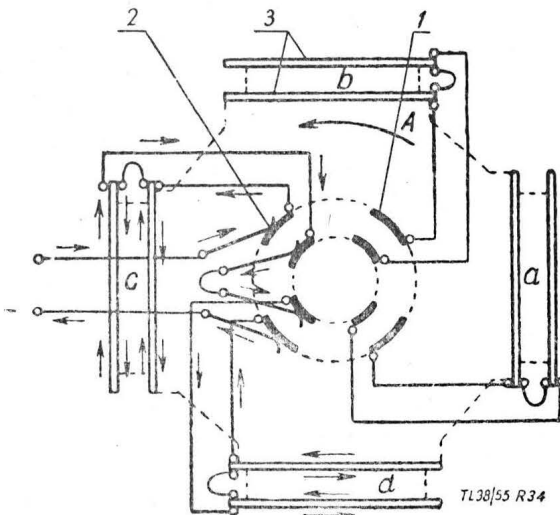
Z uwagi na powyższe można podzielić grzejniki uniwersalne pod względem formy na:

a) sztywne, przeważnie płaskie (zastosowanie pokazano na rys. 33), używane przy klejeniu elementów płaskich, lub o niedużej krzywiznie i małych powierzchniach;

b) elastyczne (typu dywanowego, zastosowanie pokazano na rys. 32), używane przy klejeniu elementów o większej krzywiznie.

Ze względu na system grzania należy odróżnić:

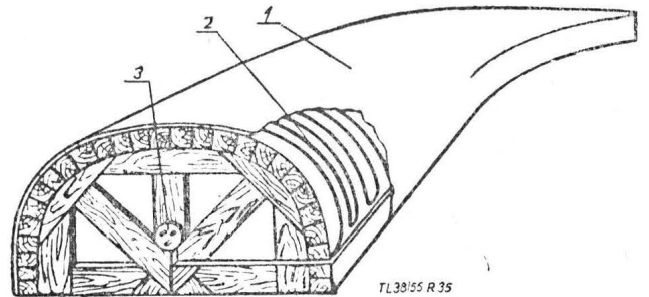
a) grzejniki z całą powierzchnią grzejącą, które stosuje się przy klejeniu elementów posiadających duże powierzchnie klejenia (rys. 36); w tym przypadku grzałki pokrywają zygzakowato całą powierzchnię nagrzewacza;



Rys. 34. Schemat instalacji elektrycznej urządzenia obrotowego do klejenia żeberek: 1) styki typu kolektorowego, 2) doprowadzenie prądu, 3) grzejniki

b) grzejniki konturowe stosowane przy klejeniu elementów ażurowych, gdzie udział powierzchni klejonej do całkowitej jest mały; w tym przypadku taśma grzejąca pokrywa kontur odpowiadający zarysowi powierzchni klejonych zespołów. Na rys. 37 pokazany jest przykład takiej grzałki w zastosowaniu do klejenia pokrycia na szkielet skrzydła środkowego.

Wreszcie podgrzewacze elektryczne kontaktowe podzielić można na:

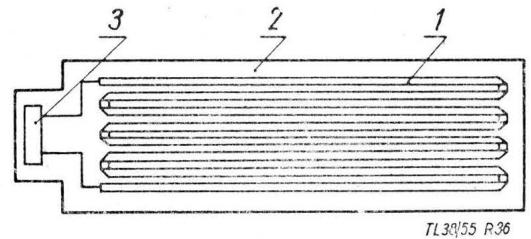


Rys. 35. Foremnik do wyklejania pokryć kadłubowych z fornirow, wyposażony w urządzenie grzejne: 1) warstwa pokrycia ochronnego, 2) taśmy grzejne, 3) kontakt

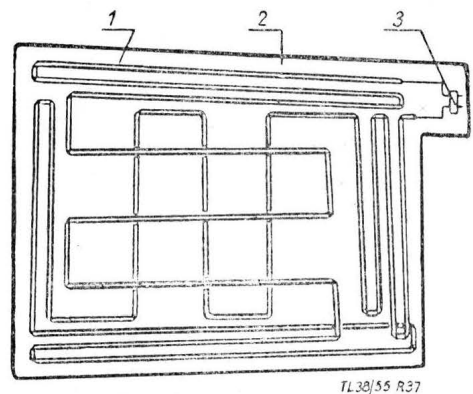
a) odkryte, to jest takie, w których taśma grzejąca bezpośrednio styka się z powierzchnią sklejanego elementu (rys. 37), stosowane tam, gdzie nie ma obawy dostania się kleju do taśm grzejących;

b) zakryte, gdzie taśma grzejąca pokryta jest cienką warstwą sklejk lub fornirow, stosowane tam, gdzie nie zachodzi obawa zaciekania kleju do taśm grzejących, to jest w tych przypadkach, kiedy grzałka styka się z bezpośrednio wychodzącym na wierzch szwem klejowym, jak to ma miejsce na przykład przy klejeniu pokryć z pasów fornirowych (rys. 35).

Przy grubości nagrzewanych elementów do 7 — 8 mm, stosuje się podgrzewanie jednostronne, przy grubościach większych konieczne jest dwustronne.



Rys. 36. Schemat grzejnika normalnego z całkowitą powierzchnią grzejącą: 1) taśmy grzejne, 2) podstawa grzejnika, 3) kontakt



Rys. 37. Schemat grzejnika konturowego: 1) taśma grzejąca, 2) podstawa grzejnika, 3) kontakt

**Technika grzania przy zastosowaniu metody grzania elektrycznego kontaktowego**

Jak już wspomniano, warunki podgrzewania, mimo że teoretycznie ustalone, sprawdza się doświadczalnie, badając temperaturę grzejnika i skleiny w procesie produkcyjnym. Temperaturę kontroluje się za pomocą termopary, której końcówki (płaskie) wstawia się w odpowiednie miejsce urządzenia grzejącego.

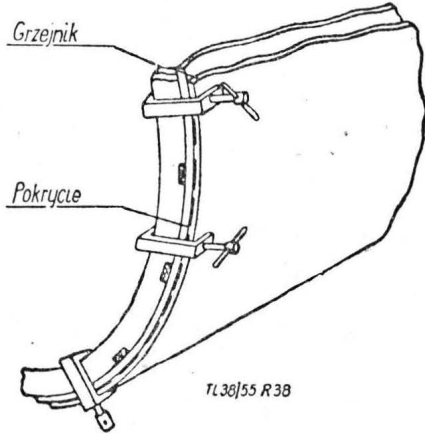
Okres minimalnego przetrzymania przy grzaniu określa się według twardości wycieków kleju ze skleiny, lub według ich barwy, wychodząc z danych podstawowych tego procesu dla zastosowanego gatunku kleju. Ponadto dla potwierdzenia prawidłowości przyjętej technologii procesu przeprowadza się odpowiednie próby skleiny (wytrzymałościowe).

Prawidłowa technologia procesu grzania przy klejeniu ujmuję następujące warunki: grubość podgrzewanego elementu; maksymalne temperatury na powierzchni grzejnika, w skleinie; długo-trwałość przetrzymania w zacisku — przed włączeniem grzejnika, przy włączonym grzejniku, po wyłączeniu grzejnika.

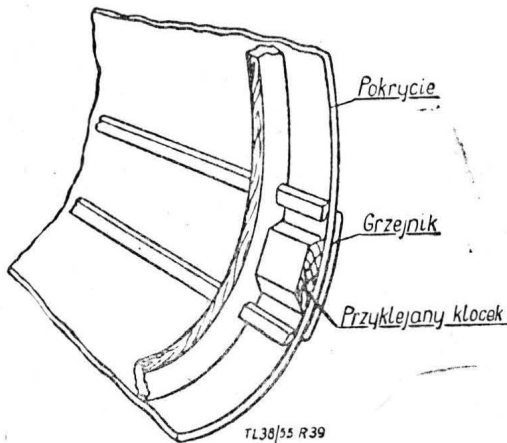
Jeżeli chodzi o rozmieszczenie grzejników, to należy wymienić dwie możliwości:

a) na zewnętrznej powierzchni klejonego zespołu; stosuje się przy wyklejaniu pokryć i elementów posiadających niewielką grubość; grzejnik przykłada się na zewnątrz klejonego zespołu, jak na przykład na rys. 38 i razem z nim poddaje się zaciskowi;

b) po przeciwnej stronie klejonego elementu; stosuje się przy klejeniu elementów posiadających znaczną grubość; grzejnik przykłada się od strony elementu cieńszego, jak na przykład na rys. 39.



Rys. 38. Przykład klejenia elementów niewielkiej grubości, z zastosowaniem nagrzewacza od zewnątrz naklejonego w tym przypadku pokrycia



Rys. 39. Przykład klejenia elementów o znacznej grubości, z zastosowaniem nagrzewacza od strony elementu cieńszego

Mocowanie grzejników do zespołów grzanych może odbywać się za pomocą taśm lub sznurów gumowych lub, co jest mniej wskazane, za pomocą gwoździ poza powierzchnią roboczą grzejników, to jest tam, gdzie nie ma taśm grzejnych.

Kontrolę procesu grzania w procesie produkcyjnym stosuje się w odniesieniu do zespołów odpowiedzialnych w sposób ciągły, w odniesieniu do mniej odpowiedzialnych — okresowo. Polega ona na sprawdzaniu temperatur i natężenia prądu pobieranego przez urządzenia grzejne. W związku z tym urządzenia te wyposażone muszą być w odpowiednie przyrządy pomiarowe (amperomierz, termoparę), oraz regulacyjne (termoregulatory, wyłączniki automatyczne).

4. Grzanie prądem wysokiej częstotliwości. Polega ono na umieszczeniu sklejanego zespołu w polu zmiennym o wysokiej częstotliwości. W układzie takim skleinie jest dielektrykiem, przy czym im większa jest jej wilgotność, tym gorszym jest dielektrykiem, a więc tym silniej się nagrzewa.

Zjawisko nagrzewania się błony klejowej można wytłumaczyć następująco: pod działaniem zmiennego pola elektrycznego, powstającego w obszarze pomiędzy elektrodami, cząsteczki substancji klejącej obracają się okresowo w kierunku tego pola z szybkością zgodną z częstotliwością zmian prądu. Praca tarcia mechanicznego wywołanego tymi ruchami zamienia się w ciepło.

Schemat urządzenia pokazany jest na rys. 40. Układ składa się z prostownika, generatora lampowego oraz płyt ewentualnie taśm spełniających rolę elektrod, pomiędzy którymi znajduje się nagrzewany element.

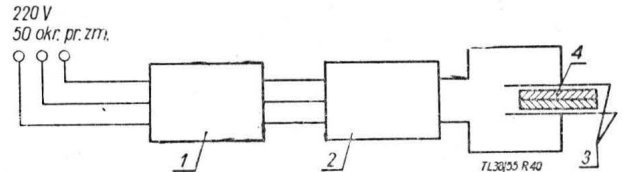
Im wyższa jest częstotliwość prądu wysyłanego przez urządzenie, tym większe pochłanianie i przetwarzanie energii elektrycznej na ciepło w elemencie grzanym, a intensywność grzania proporcjonalna jest do kwadratu mocy prądu.

Przy obliczaniu urządzeń tego typu przyjmuje się na 1 kW wody, który mamy odparować z substancji klejącej i 1 m<sup>2</sup> powierzchni klejonej, około 2 kW mocy.

Do pierwszorzędnych zalet metody grzania prądami wysokiej częstotliwości należy: możliwość grzania elementów grubych, przy czym ich grubość nie wpływa na warunki ogrzewania skleinie; szybkie i równomierne w całym przekroju nagrzewanie błony klejowej; nienagrzewanie materiału elementów klejonych.

Wadą jest wysoki koszt urządzenia i automatyzacji, ewentualnie obsługi.

5. Podgrzewanie strumieniem gorącego powietrza, doprowadzanym za pomocą rur sztywnych, lub przewodów giętkich, stosuje się przy grzaniu dużych i nieporęcznych ze-



Rys. 40. Schemat urządzenia do nagrzewania prądami wysokiej częstotliwości: 1) prostownik, 2) generator lampowy, 3) elektrody 4) sklepane elementy

spółów montażowych, znajdujących się na stanowiskach stałych lub w przyrządach montażowych. Czasem również metoda ta stosowana bywa do podsuszenia pokryć sklejkowych lub fornirowych.

Szybkość przepływu gorącego powietrza w rejonie skleinie powinna zawierać się w granicach 7 do 10 m/sek, temperatura 50° do 60°C, wilgotność względna 55 do 60%.

Długość podgrzewania zależy od charakteru grzanych elementów, gatunku użytego kleju i temperatury nawiewanego powietrza, a jego wyznaczanie odbywa się drogą doświadczeń. Przed nagrzewaniem sklepane elementy wymagają przetrzymania w stanie zaprasowanym przez czas nie mniejszy od 10 minut, a po ukończeniu nagrzewania przetrzymuje się je w zacisku aż do wystygnięcia, do temperatury 20° do 30°C.

Zaletą podgrzewania strumieniem gorącego powietrza jest intensywne odprowadzanie par rozpuszczalników odparowywanych w procesie wiązania substancji klejącej.

System ten korzystnie jest stosować przy klejeniu klejami na bazie fenolu, dla których i tak z uwagi na zagadnienie bhp stosować się musi instalację nawiewno-wyciągową (patrz rozdz. 7).

6. Podgrzewanie komorowe polega na tym, że sklepane elementy nagrzewa się za pomocą ciepłego powietrza o temperaturze 50° do 60°C i względnej wilgotności 55 do 60% w specjalnych komorach. Jeśli stosuje się zacisk metodą pneumatyczną, urządzenie takie nazywa się autoklawem.

Ogrzane powietrze, które przy metodzie naciśnieniowej wchodzi się pod zwiększonym ciśnieniem, daje w tym przypadku zacisk. Przy metodzie podciśnieniowej powietrze dostarczane jest o ciśnieniu normalnym, niemniej jednak urządzenie wykonane jest jako szczelne. Na rys. 25 pokazany jest schemat autoklawu w przypadku klejenia pokrycia noska skrzydła. W innym przypadku, na przykład stosowania zacisków mechanicznych, komora nie musi być szczelna, a ogrzanie powietrza nie musi być dostarczane pod zwiększonym ciśnieniem.

Powietrze stosowane w tych przypadkach grzane jest przez nagrzewnice parowe i dostarczane przez wentylator przy komorach zwykłych oraz przez sprężarki do autoklawów.

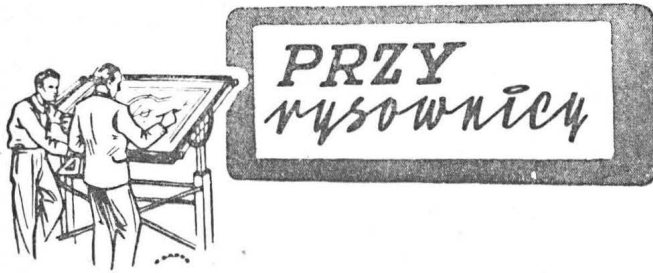
Stosowanie metody grzania komorowego w poszczególnych odnawianach zalecane jest przy klejeniu elementów o grubości powyżej 15 mm, dla zespołów o złożonym kształcie (dla których zastosowanie metody grzania elektrycznego kontaktowego, czy też prądami wysokiej częstotliwości, byłoby bardzo skomplikowane), wreszcie przy stosowaniu zacisków typu pneumatycznego.

Warunki procesu grzania komorowego w każdym przypadku ustala się doświadczalnie, przy czym można przyjąć następujące dane wyjściowe: a) temperatura powietrza nagrzanego 50 do 60°C; b) wilgotność powietrza — 55 do 60%; c) czas nagrzewania — dla elementów o grubości 30 mm — 2 minuty na każdy 1 mm grubości + 30 minut; dla elementów o grubości 31 do 100 mm — 1 minuta na każdy 1 mm grubości + 60 minut; dla elementów o grubości powyżej 100 mm — 0,5 minuty na każdy 1 mm grubości + 110 minut, lecz nie więcej niż 3 godziny.

Warunki przetrzymania przed i po nagrzewaniu analogicznie jak dla podgrzewania strumieniem gorącego powietrza.

Wadą metody grzania komorowego jest wysoki koszt urządzenia oraz konieczność grzania sklejanego zespołu wraz z przyrządem montażowym, co musi być uwzględnione przy jego konstrukcji.

d. c. n.



Mgr inż. LESZEK MIECZYŚLAW DULĘBA

## Jedno z zagadnień doboru sprężyn

Sprężyny śrubowe są częstym elementem mechanizmów samolotu. Artykuł podaje sposób obliczenia największego ugięcia wstępnej sprężyny przy określonym gabarycie, przy zapewnieniu wymaganego skoku roboczego bez przekroczenia naprężeń dopuszczalnych w materiale. Omówione są również warunki dobierania sprężyn śrubowych, zajmujących najmniej miejsca lub też najlżejszych, gdy dane jest wstępne napięcie i skok roboczy. Przedstawienie wyników w formie przejrzystych wykresów umożliwi szybkie rozwiązywanie zagadnień praktycznych.

W budowie płatowców stosujemy nieraz sprężyny, których zadaniem jest dociskać do siebie dwie części z określoną siłą  $P_0$  i pozwolić na odsunięcie się jednej części od drugiej na odległość  $h$ , którą nazwiemy skokiem roboczym, gdy podziała siła odsuwająca części od siebie większa od  $P_0$ . Często mało ważny jest wzrost siły w sprężynie w miarę powiększania się odległości między częściami od zera do  $h$ , a nieraz wzrost ten jest nawet niepożądany. Typowym przykładem takiego zastosowania jest sprężyna, która otwiera i utrzymuje w stanie otwartym drzwiczki podwozia samolotu, a która naciąga się przy zamykaniu drzwiczek pod naciskiem podwozia na odpowiedni układ dźwignien przy chowaniu go. Podobne wymagania stawiamy sprężynie zaworu bezpieczeństwa.

Nieraz po wykonaniu sprężyny okazuje się, że siła jaką ona wywiera przy wstępnym ugięciu, to jest przed ściśnięciem jej o roboczy skok  $h$ , jest zbyt mała. Staramy się wtedy powiększyć wstępną siłę sprężyny najprostszym sposobem, mianowicie zwiększając wstępne odkształcenie, np. podkładając pod sprężynę ściskaną kilka podkładek lub odejmując parę zwojów od sprężyny rozciąganej, względnie odcalając od siebie punkty zamocowania jej dwóch końców.

Często taka poprawa nie odnosi skutku, gdyż sprężyna już w pierwotnym wykonaniu po ugięciu o skok roboczy była obciążona do granicy sprężystości. Po zwiększeniu napięcia wstępnej i ugięciu w czasie pracy o ten sam skok roboczy w sprężynie powstaną odkształcenia trwałe i napięcie wstępne spadnie do pierwotnej wielkości lub nawet sprężyna pęknie.

Wtedy chwytny się drugiego sposobu i zamieniamy sprężynę na mocniejszą z grubszego drutu. Zwykle jednak rozporządzalna przestrzeń ogranicza nas do zastosowania sprężyny o tej samej średnicy zewnętrznej i tej samej długości w stanie ugięcia wstępnego. I tu nieraz znów czeka nas niemiła niespodzianka — wstępna siła w sprężynie zamiast wzrosnąć — zmalała, a tylko charakterystyka sprężyny stała się bardziej stroma i siła końcowa sprężyny, po ugięciu jej o skok roboczy, jest teraz znacznie większa niż była poprzednio.

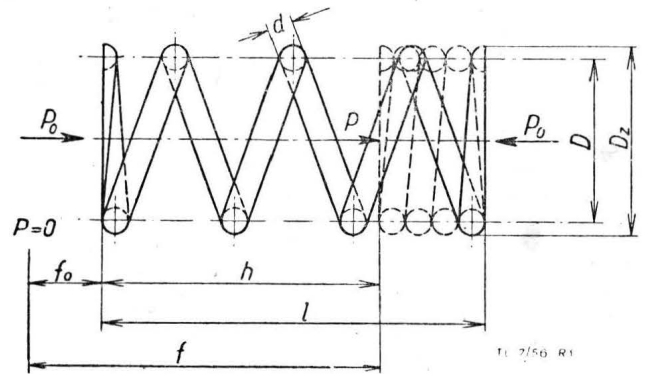
Przyczyna tego jest oczywista: sprężyna z grubszego drutu tej samej długości i średnicy zewnętrznej co sprężyna z cieńszego drutu posiada skok całkowity mniejszy, gdyż już przy tym mniejszym ugięciu powstaną w niej naprężenia osiągające granicę sprężystości materiału, o ile poprzednio własności wytrzymałościowe materiału były całkowicie wykorzystane. Ponieważ wymagamy tego samego skoku roboczego, więc ugięcie wstępne stanowiące różnicę między skokiem całkowitym a roboczym będzie mniejsze, a może nawet spaść do zera, powodując często zmniejszenie, a w tym drugim przypadku oczywiście zniknięcie napięcia wstępnego.

W wyniku tego rozważania możemy postawić sobie pierwsze zagadnienie: jakie możemy otrzymać największe wstępne napięcie sprężyny o określonym gabarycie ograniczającym całkowitą długość sprężyny w stanie wstępnego ugięcia i jej średnicę zewnętrzną, zapewniając wymagany skok roboczy bez przekroczenia w sprężynie naprężeń dopuszczalnych i jakiej grubości drut należy użyć do tego celu.

Drugim, nieco szerszym zagadnieniem, będzie dobór sprężyny najlżejszej lub zajmującej najmniej miejsca, gdy dane jest wstępne napięcie i skok roboczy.

### 1. Dobór najmocniejszej sprężyny o danym gabarycie i skoku roboczym

Jako przykład wzięto sprężynę ściskaną, ale ta sama metoda rachunku może być stosowana do sprężyny rozciąganej.



Rys. 1. Oznaczenie wymiarów sprężyny

Oznaczenia:

- $D$  — średnia średnica sprężyny,
- $D_z$  — zewnętrzna średnica sprężyny,
- $d$  — grubość drutu,
- $l$  — długość sprężyny wstępnie ugiętej,
- $h$  — skok roboczy sprężyny,
- $f_0$  — wstępne ugięcie sprężyny,
- $P_0$  — wstępne obciążenie sprężyny,
- $f$  — maksymalne dopuszczalne ugięcie sprężyny,
- $P$  — maksymalne dopuszczalne obciążenie sprężyny,
- $\tau$  — dopuszczalne naprężenie ścinające w drucie sprężyny,
- $G$  — postaciowy współczynnik sprężystości materiału sprężyny,
- $i$  — ilość czynnych zwojów sprężyny.

Do obliczenia sprężyny posłużono się wzorami podanymi w podręczniku „Sprawocznajna kniga po rasczotu samolota na procznost”, str. 148, wydanie Oborongiz 1954 r. [lit. 1].

$$P = \frac{\pi d^3 \tau}{4(d + 2D)} \dots [1] \quad f = \frac{8D^3 P}{Gd^4} i \dots [2]$$

Założono maksymalne wykorzystanie materiału sprężyny i przestrzeni rozporządzalnej, to znaczy, że po ugięciu sprężyny od wstępnego ugięcia do całkowitego, to jest o skok roboczy  $h$ , zostanie osiągnięte maksymalne ugięcie sprężyny, powodujące wystąpienie naprężeń dopuszczalnych  $\tau$ , przy czym zwoje sprężyny oprą się o siebie. Ściśnięcie to zostaje wywołane siłą  $P$ .

Z tych warunków wynikają następujące zależności między wymiarami sprężyny, przy uwzględnieniu, że jeden zwoj sprężyny (po pół z każdego końca) nie bierze udziału w pracy:

$$f_0 = f - h \cdot \dots \cdot [3] \quad i = \frac{l - h - d}{d} \cdot \dots \cdot [4]$$

Ponieważ w granicach sprężystości:

$$\frac{P_0}{P} = \frac{f_0}{f} \cdot \dots \cdot [5]$$

więc

$$P_0 = P \cdot \frac{f_0}{f} = P \cdot \frac{f - h}{f} = P - \frac{Ph}{f} \cdot \dots \cdot [6]$$

Po podstawieniu wyrażen na P, f i według równań 1, 2, 4, otrzymuje się:

$$P_0 = \frac{\pi \tau}{4} \cdot \frac{d^3}{d + 2D} - \frac{G}{8} \cdot \frac{h}{D^3} \cdot \frac{d^5}{l - h - d} \cdot \dots \cdot [7]$$

Podstawienie  $D = D_z - d$  doprowadza do ostatecznej zależności, pozwalającej obliczyć wstępne obciążenie sprężyny w zależności od jej gabarytu, wymaganego skoku roboczego i grubości drutu, oraz od własności sprężystych i wytrzymałościowych materiału:

$$P_0 = \frac{\pi \tau}{4} \cdot \frac{d^3}{(2D_z - d)} - \frac{Gh}{8} \cdot \frac{d^5}{(D_z - d)^3 (l - h - d)} \quad [8]$$

Dla znalezienia maksymalnej wartości  $P_0$  i odpowiadającej jej grubości sprężyny  $d$  należy równanie to zróżniczkować względem  $d$  i pochodną  $\frac{\partial P_0}{\partial d}$  przyrównać do zera.

Jednak prowadzi to do pełnego równania siódmego stopnia względem  $d$ , które nie daje się rozwiązać na liczbach ogólnych.

Dlatego trzeba zająć się rozwiązaniami szczegółowymi, jednak dla umożliwienia stosowania otrzymanych rozwiązań dla sprężyn o różnych rozmiarach wprowadzono jako parametry wymiaru sprężyny wielkości bezwymiarowe  $\frac{l}{D_z}$ ,

$\frac{h}{l}$  i  $\frac{d}{D_z}$ , a jako zmienną zależną, której maksimum poszukuje się, przyjęto stosunek  $\frac{P_0}{D_z^2}$ ,

Wtedy równanie [8] przybiera postać:

$$\frac{P_0}{D_z^2} = \frac{\pi \tau}{4} \cdot \frac{\left(\frac{d}{D_z}\right)^3}{\left(2 - \frac{d}{D_z}\right)} - \frac{G}{8} \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{\left(\frac{d}{D_z}\right)^5}{\left(1 - \frac{d}{D_z}\right)^3 \left(1 - \frac{h}{l} - \frac{d}{D_z} \cdot \frac{d}{l}\right)} \cdot \dots \cdot [9]$$

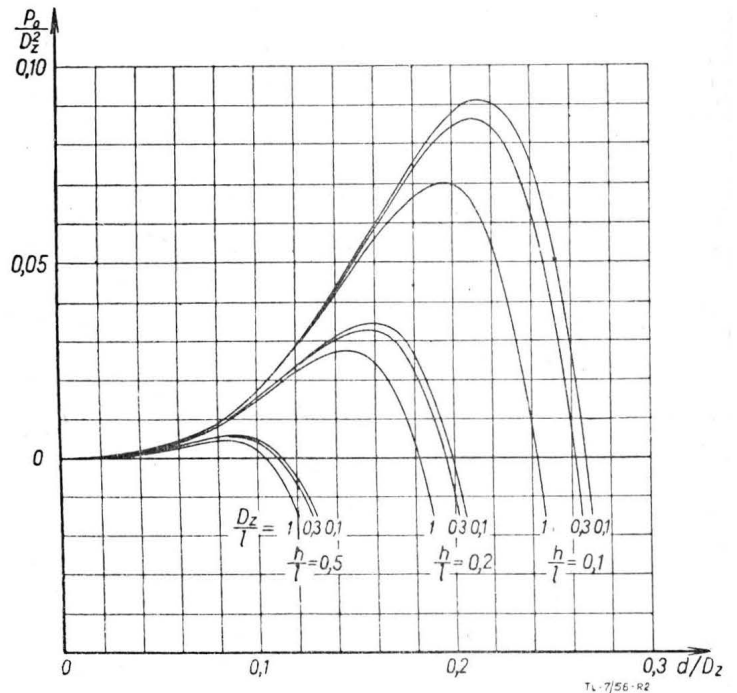
Dla sprężyn stalowych przyjęto dopuszczalne naprężenia ścinające  $\tau = 45 \text{ kG/mm}^2$  i postaciowy współczynnik sprężystości  $G = 7800 \text{ kG/mm}^2$ .

Dla tych danych liczbowych wykreślono według równania [9] szereg krzywych

$$\frac{P_0}{D_z^2} = f\left(\frac{d}{D_z}\right)$$

Poszczególne sprężyny, które są scharakteryzowane tymi krzywymi, różnią się między sobą założonym kształtem, to jest stosunkiem długości do średnicy zewnętrznej  $\frac{l}{D_z}$  i wielkością skoku roboczego w stosunku do długości sprężyny  $\frac{h}{l}$ . Jako przykłady wybrano sprężynę smukłą o średniej

cy dziesięć razy mniejszej od długości, sprężynę średniej smukłości o średnicy stanowiącej 0,3 długości i sprężynę krótką o długości równej średnicy. Dla każdej z tych sprężyn przyjęto trzy różne skoki robocze: niewielki — stanowiący 0,1 długości, średni — stanowiący 0,2 długości i stosunkowo długi, stanowiący połowę długości sprężyny wstępnie ściśniętej. Krzywe wykreślone dla tych dziewięciu sprężyn przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wstępne napięcie sprężyny w funkcji względnej grubości drutu dla sprężyn o różnych smukłościach i dla różnych skoków względnych

Jak widać, krzywe te posiadają dość ostre maksimum, po przekroczeniu którego dopuszczalne wstępne napięcie sprężyny  $P_0$  szybko spada do zera. Wynika stąd, że dla skonstruowania sprężyny o możliwie małych wymiarach konieczne jest dobranie grubości drutu niewiele odbiegającej od wielkości optymalnej odpowiadającej maksimum krzywej.

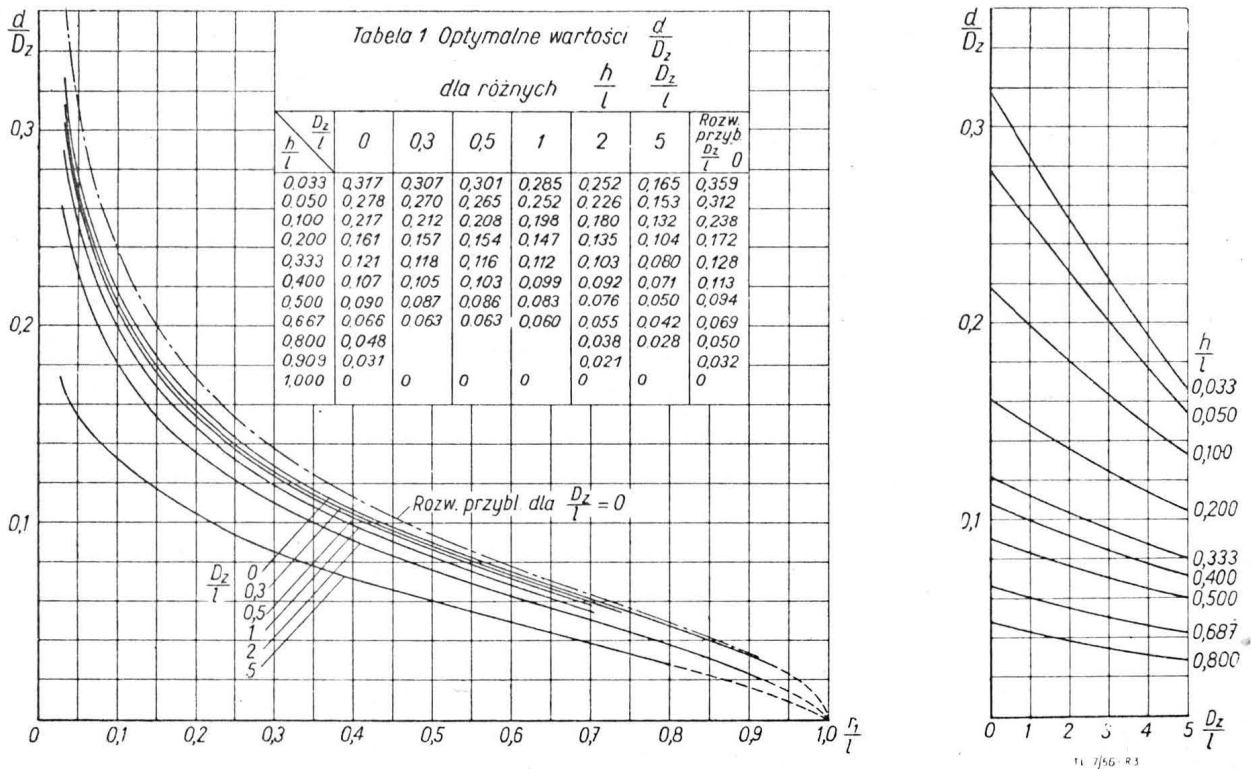
Z krzywych wykresu (rys. 2) widać, że nawet znaczna zmiana stosunku  $\frac{D_z}{l}$  (dziesięciokrotna) niewiele wpływa na położenie maksimum, natomiast dwukrotne zwiększenie skoku  $\frac{h}{l}$  znacznie je przesuwa.

Dla wyznaczenia optymalnych wartości grubości drutu zróżniczkowano równanie 9 względem  $\frac{d}{D_z}$  i znalezioną po-

chodną  $\frac{\partial \left(\frac{P_0}{D_z^2}\right)}{\partial \left(\frac{d}{D_z}\right)}$  przyrównano do zera. Po podstawieniu wartości liczbowych  $\tau = 45 \text{ kG/mm}^2$  i  $G = 7800 \text{ kG/mm}^2$  i przekształceniu otrzymano:

$$0,725 \cdot \frac{\left(3 - \frac{d}{D_z}\right) \left(1 - \frac{d}{D_z}\right)^3}{\left(2 - \frac{d}{D_z}\right)^2 \left(\frac{d}{D_z}\right)^3} - \frac{\frac{h}{l}}{\left(1 - \frac{h}{l} - \frac{D_z}{l} \cdot \frac{d}{D_z}\right)} \cdot \left[ \frac{5}{\frac{d}{D_z}} + \frac{3}{\left(1 - \frac{d}{D_z}\right)} + \frac{\frac{h}{l}}{\left(1 - \frac{h}{l} - \frac{D_z}{l} \cdot \frac{d}{D_z}\right)} \right] = 0 \cdot \dots [10]$$





Rys. 3. Optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  dla różnych wartości  $\frac{h}{l}$  oraz  $\frac{D_z}{l}$ .

Równanie 10 rozwiązano wykreślnie dla szeregu wartości  $\frac{D_z}{l}$  i  $\frac{h}{l}$

Zadanie to było tym ułatwione, że pierwszy wyraz nie zawiera parametrów  $\frac{D_z}{l}$  i  $\frac{h}{l}$  różnych dla poszczególnych krzywych.

Wyniki przedstawione w tabeli 1 podającej optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  dla różnych założonych wielkości  $\frac{D_z}{l}$  i  $\frac{h}{l}$ .

Stosunek średnicy sprężyny do jej długości  $\frac{D_z}{l}$  może się wahać w dość znacznych granicach. Rachunek przeprowadzono dla sprężyn bardzo płaskich, o średnicy pięć razy większej od długości ( $\frac{D_z}{l} = 5$ ), dla sprężyn dość krótkich o średnicy dwa razy większej od długości i równej długości ( $\frac{D_z}{l} = 2$  i  $\frac{D_z}{l} = 1$ ), dla sprężyn najczęściej spotykanych o średnicy wynoszącej 0,5 oraz 0,3 długości ( $\frac{D_z}{l} = 0,5$

i  $\frac{D_z}{l} = 0,3$ ) i jako graniczny przypadek dla sprężyn bardzo smukłych przeprowadzono obliczenia dla  $\frac{D_z}{l} = 0$ . Tę nierealną wartość przyjęto dla ułatwienia interpolacji dla sprężyn smukłych, gdyż, jak widać z wyników, optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  dla sprężyn smukłych, dla których  $\frac{D_z}{l} \gg 0,5$ , prawie nie różnią się od tego granicznego przypadku.

Stosunek skoku roboczego do długości sprężyny wstępnie obciążonej  $\frac{h}{l}$  może się zmieniać od wartości bliskich zeru do bliskich jedności. Oczywiście wartość graniczna 1 jest nierealna, gdyż długość sprężyny po ściśnięciu jej o skok roboczy nie może stać się równa zeru.

Na podstawie danych liczbowych z tabeli 1 sporządzono wykres (rys. 3). Lewa strona wykresu przedstawia krzywe podające optymalne wartości dla  $\frac{d}{D_2}$  w funkcji  $\frac{h}{l}$  przy różnych stałych wartościach  $\frac{D_z}{l}$ . Dla ułatwienia interpolacji, lub dla umożliwienia wykreślenia krzywych dla wartości  $\frac{D_z}{l}$  innych niż podane na wykresie, po prawej stronie wykresu podano krzywe przedstawiające optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  w funkcji  $\frac{D_z}{l}$  dla różnych stałych wartości  $\frac{h}{l}$ .

**Sposób posługiwania się wykresem (rys. 3):**

Mając określony gabaryt sprężyny i jej skok roboczy obliczamy wielkości  $\frac{D_z}{l}$  i  $\frac{h}{l}$ . Na odpowiedniej krzywej, w razie potrzeby interpolując między krzywymi, znajdujemy optymalny stosunek  $\frac{d}{D_2}$ . Mnożąc przez niego założoną uprzednio średnicę sprężyny  $D_z$  znajdujemy średnicę drutu. Przy pomocy równania 8 znajdziemy wstępne napięcie sprężyny  $P_0$ . Będzie to największe napięcie jakie można osiągnąć przy założonym gabarycie sprężyny i wymaganym skoku roboczym. Drogą kilku prób trafimy na najmniejszy gabaryt, który pozwoli otrzymać żądane wstępne napięcie.

Przy pomocy wzorów 1, 2, 3 i 4 znajdziemy wstępne ugięcie sprężyny, ilość zwojów, całkowite ugięcie, siłę końcową i stąd długość całkowitą w stanie swobodnym.

Zakładając  $D_z$  i  $l$  należy pamiętać, aby przyjmując je nieco mniejsze niż rozporządzalna przestrzeń, aby zostało miejsce na zwiększenie średnicy sprężyny przy ściśnięciu i aby po ściśnięciu całkowitym pozostało nieco luzu między zwojami, nawet przy drucie wykonanym z dodatnią odchyłką.

Oczywiste, że rozwiązania  $\frac{d}{D_2} > 0,25$  nie mają praktycznego znaczenia, gdyż zbyt trudne jest zwinięcie sprężyny na promieniu mniejszym od grubości drutu, a poza tym wzory, według których wyprowadzono powyższe zależności, tracą swą słuszność.

**Rozwiązanie przybliżone**

Zadanie można postawić w ten sposób, że poszukuje się średnicy drutu dającej największą siłę wstępną przy założonej średnicy sprężyny i jej czynnej długości  $l_1 = l - d$ .

Stosując również uproszczony wzór na maksymalne dopuszczalne obciążenie sprężyny otrzymano następujące równania:

$$P = \frac{\pi d^3 \tau}{8 D} \dots \dots \dots [11] \quad i = l_1 - h \dots \dots \dots [13]$$

$$f = \frac{\pi D^2 \tau}{G d} i \dots \dots \dots [12] \quad f_o = f - h \dots \dots \dots [14]$$

Po przeprowadzeniu rachunku takiego samego jak przy poprzedniej metodzie otrzymano:

$$\frac{P_o}{D^2} = \frac{\pi \tau}{8} \left(\frac{d}{D}\right)^3 - \frac{G}{8} \frac{1}{\left(\frac{l_1}{h} - 1\right)} \left(\frac{d}{D}\right)^5 \dots \dots \dots [15]$$

Dla znalezienia maksimum tej funkcji zróżniczkowano prawą stronę równania względem  $\frac{d}{D}$  i pochodną przyrównano do zera. Po rozwiązaniu równania  $\frac{\partial \frac{P_o}{D^2}}{\partial \frac{d}{D}} = 0$  otrzymuje się:

$$\left(\frac{d}{D}\right)_{opt} = \sqrt[4]{\left(\frac{l_1}{h} - 1\right) \frac{3 \pi \tau}{5 G}} \dots \dots \dots [16]$$

Jak widać z wyniku optymalna wartość względnej grubości drutu obliczona w sposób przybliżony nie zależy od smukłości sprężyny, a tylko od stosunku skoku do długości. Podstawiając poprzednio stosowane wielkości dla  $\tau$  i  $G$  otrzymuje się:

$$\left(\frac{d}{D}\right)_{opt} = 0,1042 \sqrt[4]{\frac{l_1}{h} - 1} \dots \dots \dots [17]$$

Dla umożliwienia porównania z wynikami metody dokładnej przeliczono stosunki  $\frac{d}{D_2}$  zachodzące przy obliczonych wzorem 17  $\left(\frac{d}{D}\right)_{opt}$  na podstawie równości:

$$\frac{d}{D_2} = \frac{\frac{d}{D}}{1 + \frac{d}{D}} \dots \dots \dots [18]$$

Wyniki przeliczenia podano w tabeli 1 oraz linią kreską-kropką na rys. 3. Jak widać, rozwiązanie przybliżone daje dla sprężyn smukłych optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  o 4% za duże dla sprężyn o dużym skoku roboczym i około 13% dla sprężyn o małym skoku roboczym w stosunku do długości.

Dla sprężyn krótkich błąd wydaje się znacznie większy. Gdy jednak uwzględnić, że obliczone optymalne wartości  $\frac{d}{D_2}$  odpowiadają dla sprężyn o skończonej długości wielkościom

$$\frac{l}{h} = \frac{l_1 + d}{h} = \frac{l_1}{h} + \frac{d}{D_2} \frac{l_1}{h} = \frac{l_1}{h} \left(1 + \frac{D_2}{l_1} \cdot \frac{l_1}{h}\right) = \frac{l_1}{h} \left(1 + \frac{1}{\frac{l}{D_2} - \frac{d}{D_2}} \cdot \frac{l_1}{h}\right) \dots \dots \dots [19]$$

i wykreślić obliczone z równania 18  $\frac{d}{D_2}$  w funkcji  $\frac{h}{l}$  obliczonych równaniem 19, to różnice między rozwiązaniem przybliżonym a dokładnym również dla krzywych o wartościach  $\frac{D_2}{l} \neq 0$ , będą w granicach 4% do 13%.

**2. Dobór najłżejszej sprężyny dla danego napięcia wstępnego i skoku roboczego**

Dla znalezienia najłżejszej sprężyny o danym napięciu wstępnym i skoku roboczym należy znaleźć związek między ciężarem sprężyny a tymi wielkościami. Zamiast ciężaru sprężyny, aby nie wprowadzać ciężaru właściwego materiału do rachunku, posłużono się objętością drutu sprężyny. Do rachunku użyto wzory uproszczone 11, 12, 13 i 14, a więc pominięto ciężar nie pracującego zwoju (po pół na każdym końcu, na którym sprężyna jest oparta).

Równanie 15 można napisać w następującej postaci, przemnażając obie strony przez  $D^2$ :

$$P_o = \frac{\pi \tau}{8} \frac{d^3}{D} - \frac{G}{8} \frac{h}{l_1 - h} \frac{d^5}{D^3} \dots \dots \dots [20]$$

W równaniu tym można zastąpić średnią średnicę sprężyny  $D$  przez objętość  $V$  w myśl zależności:

$$D = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4} \pi i} = \frac{4 V}{\pi^2 d (l_1 - h)} \dots \dots \dots [21]$$

Podstawienie to prowadzi do równania:

$$P_o = \frac{\pi^3 \tau d^4 (l_1 - h)}{32 V} - \frac{\pi^6 G d^8 (l_1 - h)^2 h}{512 V^3} \dots \dots \dots [22]$$

Po rozwinięciu otrzymuje się:

$$\pi^6 G (l_1 - h)^2 h d^8 - 16 \pi^2 \tau (l_1 - h) V^2 d^4 + 512 V^3 P_o = 0 \dots [23]$$

Wyznaczenie  $V$  z tego równania i znalezienie minimum przez różniczkowanie i przyrównanie pochodnej do zera przedstawia dość trudny rachunek. Natomiast bardzo łatwo można obliczyć średnicę drutu  $d$  zakładając jego objętość  $V$ . Wynosi ona (przez rozwiązanie równania 23 względem  $d$ ):

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \tau V^2 \pm \sqrt{\tau^2 V^4 - 8 G h P_o V^3}}{\pi^2 G (l_1 - h) h}} \dots \dots \dots [24]$$

Oczywiście konstruktor zechce założyć jak najmniejsze  $V$ , ale granicą, do której można zejść, będzie warunek otrzymania pod pierwiastkiem kwadratowym wartości dodatniej lub w granicy równej zero, aby otrzymać rzeczywiste wartości  $d$ . Warunek ten brzmi:

$$\tau^2 V^4 - 8 G h P_o V^3 = 0 \dots \dots \dots [25]$$

Po rozwiązaniu tego równania względem  $V$  otrzymuje się minimalną objętość drutu, przy której można otrzymać żądane napięcie wstępne  $P_o$  i skok roboczy  $h$ :

$$V_{min} = \frac{8 G}{\tau^2} P_o h \dots \dots \dots [26]$$

Należy zwrócić uwagę, że równanie to nie zawiera wcale wielkości  $D$ ,  $d$ ,  $l_1$ . Są one związane ze sobą tylko dwiema zależnościami 21 i 24. Jedną z nich można więc obrać dowolnie, a inne obliczać uwzględniając oczywiście równanie 26. Otrzyma się cały szereg sprężyn o różnych wymiarach, ale wszystkie o tym samym minimalnym ciężarze. Jako tę zmienną niezależną najwygodniej jest przyjąć długość sprężyny  $l_1$ :

Podstawiając równanie 26 do 24 otrzymuje się wzór na średnicę drutu najłżejszej sprężyny, spełniającej założone warunki i posiadającej dowolnie obraną długość  $l_1$ :

$$d_{vmin} = 4 \sqrt[4]{\frac{2 G P_o^2}{\pi^3 \tau^3 \left(\frac{l_1}{h} - 1\right)}} \dots \dots \dots [27]$$

Podstawiając wyrażenie 26 i 27 w równanie 21 otrzymuje się wzór na średnią średnicę najbliższej sprężyny spełniającej założone warunki i posiadającej dowolnie obraną długość  $l_1$ :

$$D_{Vmin} = 4 \sqrt[4]{\frac{8 G^3 P_o^2}{\pi^5 \tau^5 \left(\frac{l_1}{h} - 1\right)^3}} \dots \dots \dots [28]$$

Można jeszcze znaleźć jakie założyć  $l_1$ , aby spośród wielu możliwych sprężyn o tym samym najmniejszym ciężarze wybrać tę, która zajmuje najmniej miejsca.

Dla uproszczenia rachunku przyjęto jako miejsce zajmowane przez sprężynę walec o długości  $l_1$  i średnicy  $D$ . Z dalszych rozważań okaże się, że jest to sprężyna również o możliwie najcieńszym drucie, a więc i przestrzeń zajęta przez końcowe półzwoje, nie biorące udziału w pracy, i grubość drutu wystająca poza ten walec będzie możliwie najmniejsza, a więc upraszczające założenie nie zmniejsza dokładności rachunku.

Objętość walca wynosi:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} l_1 = 4 \pi \sqrt[4]{\frac{8 G^3 P_o^2 l_1^2}{\pi^5 \tau^5 \left(\frac{l_1}{h} - 1\right)^3}} \dots \dots \dots [29]$$

Jak widać z tego równania, objętość ta zbliża się dowolnie do zera przy wzroście  $l_1$ , przy czym, jak widać z równań 27 i 28, jednocześnie maleje średnica drutu i średnica sprężyny. Jednakże średnica sprężyny maleje szybciej niż średnica drutu i ograniczeniem wykonywania sprężyn coraz smuklejszych, o coraz mniejszej objętości gabarytu, będzie techniczna możliwość zwinięcia drutu na obliczoną średnicę. Aby umożliwić wprowadzenie tego warunku w równaniach 27 i 28, zastąpiono dowolnie obraną wielkość  $\frac{l_1}{h}$  przez stosunek  $\frac{d}{D}$ , który również można dowolnie obierać. Naturalnie wielkość  $l_1$  nie będzie już wtedy dowolna, lecz da się wyliczyć z równań 21 i 26.

Dzieląc równanie 27 przez 28 i rozwiązując względem  $\frac{l_1}{h}$  otrzymuje się:

$$\frac{l_1}{h} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \frac{2G}{\pi\tau} + 1 \dots \dots \dots [30]$$

Podstawienie tych wartości do równań 27 i 28 daje w wyniku:

$$d_{Vmin} = 4 \sqrt[4]{\frac{P_o}{\pi\tau} \cdot \frac{D}{d}} \dots \dots \dots [31]$$

$$D_{Vmin} = 4 \sqrt[4]{\frac{P_o}{\pi\tau} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^3} \dots \dots \dots [32]$$

Zakładając dla stali jak poprzednio  $G = 7800 \text{ kG/mm}^2$  i  $\tau = 45 \text{ kG/mm}^2$ , otrzymuje się wyrażenia szczegółowe na wymiary sprężyn najbliższych dla danych wymagań przy

dowolnie obranym stosunku  $\frac{d}{D}$ ;

z równania 26:

$$V_{min} = 30,83 P_o h \text{ (mm}^3\text{)} \dots \dots \dots [33]$$

z równania 31:

$$d_{Vmin} = 0,3365 \sqrt[4]{P_o \frac{D}{d}} \dots \dots \dots [34]$$

z równania 32:

$$D_{Vmin} = 0,3365 \sqrt[4]{P_o \left(\frac{D}{d}\right)^3} \dots \dots \dots [35]$$

z równania 30:

$$\frac{l_1}{h} = 110,3 \left(\frac{d}{D}\right)^2 + 1 \dots \dots \dots [36]$$

Jak wykazano równaniem 29 najmniejszy gabaryt będzie miała sprężyna o największej długości względnej  $\frac{l_1}{h}$ , która jest jednak ograniczona jednoczesnym wzrostem stosunku  $\frac{d}{D}$ . Przyjmując tę ostatnią wielkość jako maksymalną do-

puszczalną ze względów wykonawczych  $\frac{d}{D} = \frac{1}{3}$  i podsta-

wiając do równań 34, 35, 36, otrzymuje się wzory na najmniejsze z najbliższych sprężyn przy założonym napięciu wstępnym, skoku roboczym i własnościach wytrzymałościowych materiału:

$$d_{Vmin} = 0,583 \sqrt{P_o} \text{ (mm)} \dots \dots \dots [37]$$

$$D_{Vmin} = 1,748 \sqrt{P_o} \text{ (mm)} \dots \dots \dots [38]$$

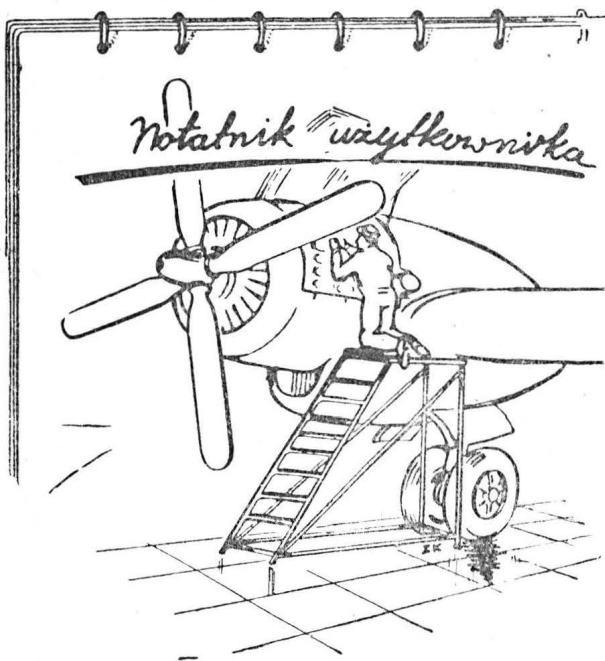
$$\frac{l_1}{h} = 13,26 \dots \dots \dots [39]$$

Jak widać, średnice sprężyny i drutu zależą tylko od obciążenia, zaś długości tylko od skoku roboczego, a więc na ogół nie będzie to sprężyna o największym napięciu wstępnym dla danego gabarytu, gdyż jak wskazuje rys. 3 takie sprężyny mają wszystkie trzy wymiary ( $d, D, l$ ) ściśle ze sobą związane.

Artykuł wpłynął dnia 19 lutego 1956 r.

**UWAGA CZYTELNICY!**

**SPRZEDAŻ I WYSYŁKĘ ZA ZALICZENIEM POCZTOWYM CZASOPISM NOT Z LAT UBIEGŁYCH PROWADZĄ ANTYKWARYCZNE SKLEPY „RUCHU“ w WARSZAWIE, UL. WIEJSKA 14 ORAZ PUŁAWSKA 108.**



Gęsty dym, unoszący się z gondoli silnika samolotu komunikacyjnego, wykonującego lot z pasażerami, spowodował decyzję pilota, aby wykonać natychmiast lądowanie na najbliższym lotnisku, leżącym w pobliżu trasy jego regularnego przelotu. Pożar został ugaszony na ziemi, przy czym zarówno pasażerowie jak i załoga nie ulegli wypadkowi.

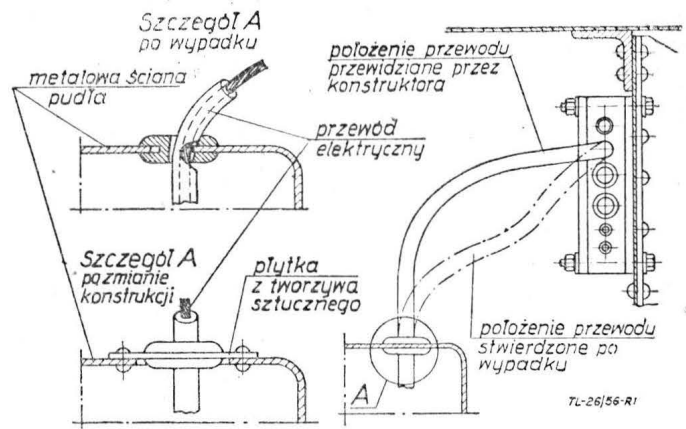
Przeprowadzony zaraz przegląd wykazał, że pożar został spowodowany przez przewód elektryczny wychodzący z ochronnego pudła akumulatora. Przewód ten w prawidłowej pozycji wychodzi prostopadło do ściany zewnętrznej ochronnego pudła przez osadzonej w tej ścianie krążek gumowy, osłaniający izolację przewodu elektrycznego przed zetknięciem z ostrą krawędzią otworu w blasze ściany pudła. W omawianym przypadku przewód ten został przez obsługę przecięty, jak wskazano na rysunku — linią punktową. Podczas drgań występujących w locie, przewód uciśnięty jedną stroną na miękkim krążku gumowym, spowodował jego ugięcie tak, że izolacja przewodu zetknęła się z krawędzią otworu. Brak dozoru ze strony mechanika obsługującego samolot i długotrwałe ocieranie się izolacji o tę ostrą krawędź doprowadziło do jej uszkodzenia; aż do momentu, gdy powstający pomiędzy przewodem i metalem pudła akumulatorowego łuk elektryczny doprowadził do palenia się izolacji przewodu i w następstwie do wybuchu pożaru. Szczęśliwą okolicznością w omawianym wypadku

## Przetarty przewód elektryczny powodem pożaru samolotu

W dalszym ciągu cierpimy na brak rodzimych opracowań dotyczących drobnych, pozornie nieważnych, problemów występujących w codziennej pracy użytkowników sprzętu lotniczego. Znowu musimy opierać się na źródłach zagranicznych, w opracowaniu mgr inż. Stanisława Madeyskiego. Ponownie apelujemy do Czytelników o współpracę z naszym działem „Notatnik użytkownika”.

było znaczne oddalenie miejsca pożaru od przewodów paliwowych i olejowych, przez co uniknięto przysłowiowego „dolewania oliwy do ognia”.

W wyniku stwierdzonej przyczyny pożaru została wprowadzona zmiana konstrukcyjna przejścia przewodu przez ścianę pudła akumulatorowego. W blaszanej ścianie pudła został wycięty otwór większych wymiarów, zakryty przy-



Rys. 1

nitowaną do ściany płytką z prasowanego tworzywa sztucznego (na przykład z żywicy fenolofornaldehydowej o wysokich własnościach elektroizolacyjnych), w której dopiero jest osadzony ochronny krążek gumowy osłaniający przewód elektryczny. W ten sposób uzyskano zwiększenie odległości pomiędzy przewodem i metalową ścianą pudła, eliminując jednocześnie w ogóle możliwość zetknięcia się przewodu z ostrą krawędzią blachy pudła.

Opisane zdarzenie powinno stać się przestrożą zarówno dla konstruktorów wyposażenia elektrycznego samolotu, jak i dla mechaników obsługujących samoloty, że drobne niereż odstępstwa od prawidłowego układu położenia przewodów elektrycznych, przewidzianych przez konstruktora, może spowodować groźny wypadek.

## Skrzynka Techniczna

### Lotnicza Komisja Historyczna Aeroklubu PRL rozpoczęła działalność

Od dłuższego już czasu łamy „Techniki Lotniczej“ w ogóle, a Skrzynki technicznej w szczególności otwieraliśmy w celu umieszczenia prac lub wzmianek dotyczących spraw historii polskiej techniki lotniczej i wkładu Polaków do światowego dzieła postępu w tej dziedzinie techniki. Przypomnijmy pokrótce artykuły o Bernadzikiewiczu, Sachsie, Oderfeldzie i ich turbinie spalinowej, o Siemienowiczu i jego dziele, o Brzeskim i jego silniku birotacyjnym, o Hube-rze, Witoszyńskim i ich pracach naukowych, o twórcach opatentowanych wynalazków polskich z okresu międzywojennego, wielokrotnie o sprawach niszczących na skutek braku opieki i zrozumienia u czynników miarodajnych lotniczych zbiorów muzealnych, o wystawie „Na straży polskiego nieba“, o dziale lotniczym na wystawie „Postęp techniczny w służbie człowieka“ itp. W działalności tej nie byłymy osamotnieni. Bratni organ Aeroklubu PRL i LPŻ „Skrzydłata Polska“, a poprzednio jeszcze i tygodnik „Skrzydła i Motor“ zagadnieniom historii polskiego lotnictwa również poświęcały wiele miejsca. Umieszczanie całych cykli

o Tańskim, „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej“, „Polskie konstrukcje lotnicze“, artykuły o Drzewieckim, o czynach polskich lotników na wszystkich frontach drugiej wojny światowej, o osiągnięciach polskich pilotów sportowych i komunikacyjnych, i wiele innych — oto przejawy tej działalności. Działalności mającej na celu uchwycenie, jeszcze na podstawie bezpośrednich rozmów z uczestnikami lub naocznymi świadkami, wielu odległych już czynów i dzieł.

Ta działalność nasza, polskiej publicystyki lotniczej, znalazła swoje dopełnienie i ukoronowanie przez powstanie Lotniczej Komisji Historycznej działającej w ramach organizacyjnych Aeroklubu PRL. O utworzeniu tej Komisji pisaliśmy w zeszytach poprzednim.

Obecnie pragniemy zainicjować współpracę naszego piśma i naszych Czytelników z nowopowstałą Komisją. Dopełni nie zostaną sprecyzowane szczegółowe programy (piszemy te słowa w pierwszym tygodniu po ukonstytuowaniu się Komisji) poszczególnych sekcji (sportu lotniczego, lotnictwa komunikacyjnego i specjalnego, lotnictwa wojsko-

wego, techniki i przemysłu lotniczego, redakcyjno-wydawniczej), uważamy, że nie należy tracić czasu i już możemy rozpocząć akcję współpracy i pomocy dla Komisji. Sądzymy, że rozpocząć trzeba od gromadzenia materiałów informacyjnych, dokumentów, fotografii i tym podobnych źródeł, które staną się tworzywem dla przyszłych kronikarzy naszego lotnictwa, od okresu najdawniejszego aż do czasu ostatniej wojny i okupacji oraz jedenastu lat Polski Ludowej.

Zwracamy się do naszych Czytelników o nadsyłanie pod adresem Lotniczej Komisji Historycznej Aeroklubu PRL, Warszawa, ul. Długa 52 (Arsenał) zgłoszeń określających

kto, jakie, o czym materiały posiada i ewentualne ich przekazywanie do dyspozycji Komisji. Uważamy za konieczne zgromadzenie jak najobszerniejszego materiału o ludziach, sprzęcie, klubach, wytwórniach, instytucjach naukowych i społecznych itp. Na tych podstawach będzie możliwe następnie krytyczne opracowanie historii polskiego lotnictwa.

Spodziewamy się, że pragnienie wydobywania prawdy o osiągnięciach Polaków w dziedzinie lotnictwa „leży na sercu” wszystkim naszym Czytelnikom i że nie doznamy zawodu.

S. M.

## Nowości techniczne

Mgr inż. FRANCISZEK JANIK

### Gyrotron — nowy przyrząd giroskopowy

Wiadomo powszechnie, że wiele wynalazków i nowych teorii powstało w wyniku badawczej obserwacji zjawisk w naturze — czyli ich wnikliwego podpatrywania pod względem przyczynowości i skutków. W życiu codziennym spotykamy się z wielu zjawiskami, które uznajemy za fakty zupełnie naturalne i nieciekawe i nie zadajemy sobie trudu, by dowiedzieć się „dlaczego” one występują i „po co” pewne „ciała” istnieją w naturze.

A przecież w przyrodzie, zwłaszcza ożywionej, dominuje ogólnie zasada celowości, przydatności i przyczynowości. Tak na przykład niewielu z nas interesowało to, dlaczego mucha posiada macki, do czego one służą i dlaczego one drżą, gdy mucha lata. Otóż okazało się, że po odcięciu tych macek mucha nie potrafi utrzymać statecznego lotu — że są więc one organem stabilizującym lot i spełniają nadto rolę „pilota automatycznego”.

Po tym spostrzeżeniu należało rozwiązać problem, na czym polega działanie drgających macek. Zagadkę tę rozwiązało po wielu latach żmudnych dociekań i prób towarzystwo „Sperry Gyroscope Company” w USA i zbudowało nowy typ giroskopu dla lotnictwa, pod nazwą „Gyrotron”.

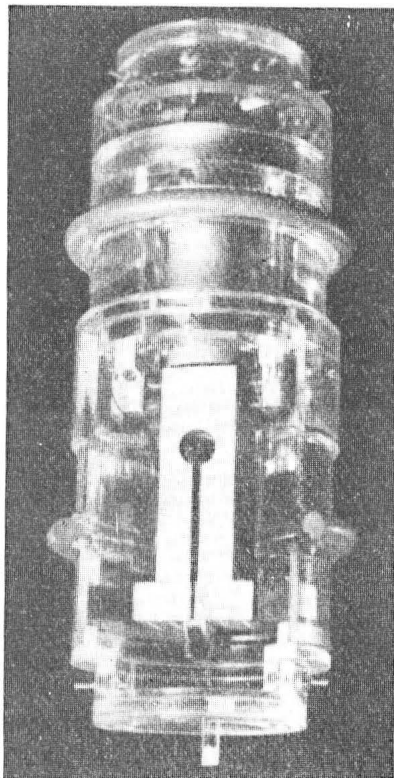
Gyrotron pokazany na rysunku 1 tym się różni od konwencjonalnych przyrządów giroskopowych, w których podstawowym elementem jest wirujący bąk, że zamiast bąka zastosowano widelki podobne do kamertonu, które są elektrycznie pobudzane do drgań. Zasada działania Gyrotronu, którą szerzej wyjaśniamy niżej, polega na wykorzystaniu sił bezwładności drgających mas, a w szczególności sił Coriolisa.

Gyrotron w stosunku do stosowanych dotychczas konwencjonalnych giroskopów ma następujące zalety:

1) Wolny jest od szkodliwego działania tarcia w łożyskach i przegubach, od którego staranno się ostatnio uwolnił przez stosowanie „łożysk penumatycznych” i cieczowych.

2) Wolny jest od histerezy sprężyn, a przy tym jest stateczny, a wskazania są liniowe.

3) Może być jednakowo bardzo czuły na bardzo powolne zakręty o prędkości kątowej rzędu prędkości kątowej obrotu ziemi, jak również na szybkie zmiany kierunku, o prędkości kątowej rzędu 100 obrotów na minutę.



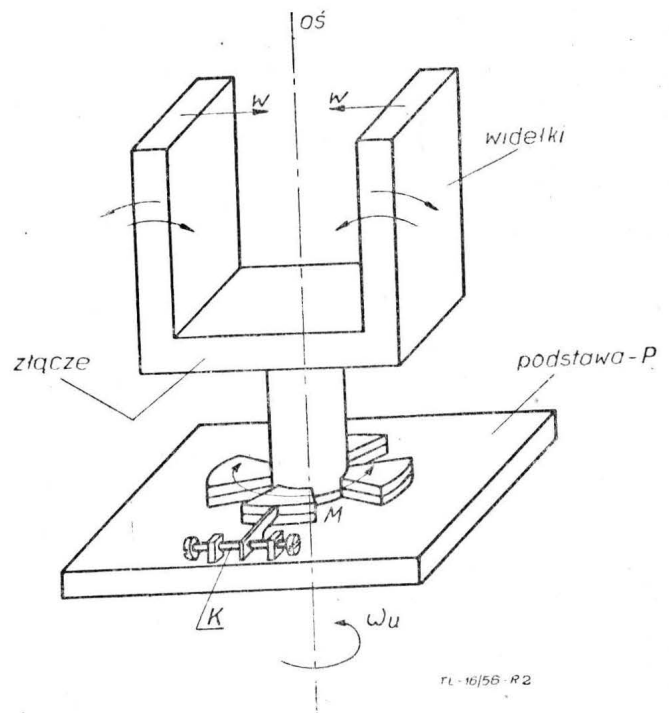
Rys. 1. Fotografia przekrojonego Gyrotronu

4) Może być wykonany w miniaturowych wymiarach (por. fot.) bez straty na czułości jego wskazań.

Zalety te predestynują Gyrotron do bardzo szerokiego zastosowania go w lotnictwie.

Dla zrozumienia działania Gyrotronu przypomnijmy sobie pewne prawa dynamiczne. Każdy ruch złożony możemy uważać za ruch względny względem ruchomego układu odniesienia. Ruch układu odniesienia nazywamy ruchem unoszenia. Jeżeli ruchem unoszenia jest ruch postępowy, to nie tylko prędkość bezwzględna  $V$  dowolnego punktu materialnego jest sumą wektorową prędkości unoszenia  $u$  i prędkości względnej  $w$ , ale również przyspieszenie całkowite (bezwzględne)  $a$  jest sumą wektorową przyspieszeń — unoszenia  $a_u$  i względnego  $a_w$ .

$$\vec{a} = \vec{a}_u \wedge \vec{a}_w.$$



Rys. 2. Schemat Gyrotronu

Jeżeli natomiast ruchem unoszenia jest ruch obrotowy z prędkością kątową unoszenia  $\omega_u$ , to powstaje dodatkowe przyspieszenie, zwane przyspieszeniem Coriolisa, wynoszące

$$\vec{a}_c = 2 \vec{\omega}_u \wedge \vec{v},$$

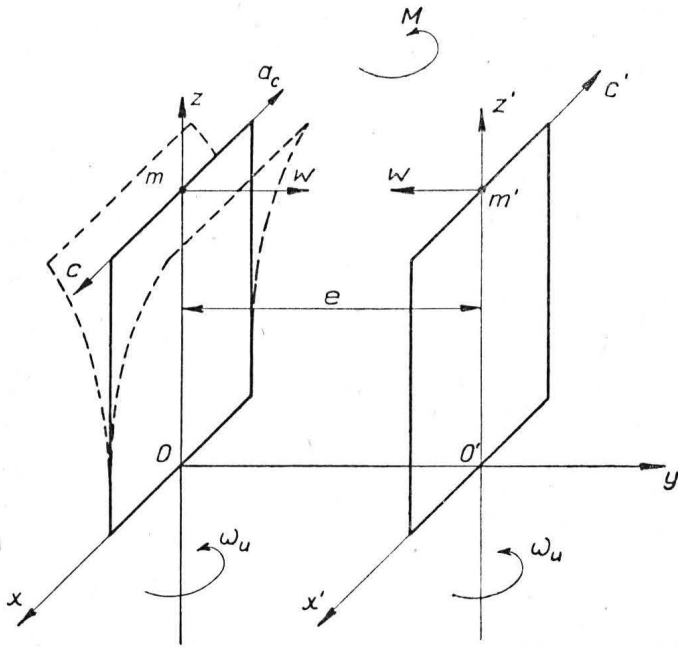
które jest prostopadłe równocześnie do wektora  $\vec{\omega}_u$  (czyli do osi obrotu unoszenia) i do wektora prędkości względnej  $\vec{v}$ . Jeżeli  $\omega_u \perp w$ , to iloczyn wektorowy przybiera postać iloczynu algebraicznego:

$$a_c = 2 \omega_u \cdot v.$$

Wiadomo, że siły bezwładności działają przeciwnie do przyspieszenia; siłą Coriolisa  $C$  nazywa się więc siła bezwładności przeciwna do przyspieszenia Coriolisa i mająca wartość

$$C = -m \cdot \vec{a}_c = -2m (\vec{\omega}_u \wedge \vec{v}),$$

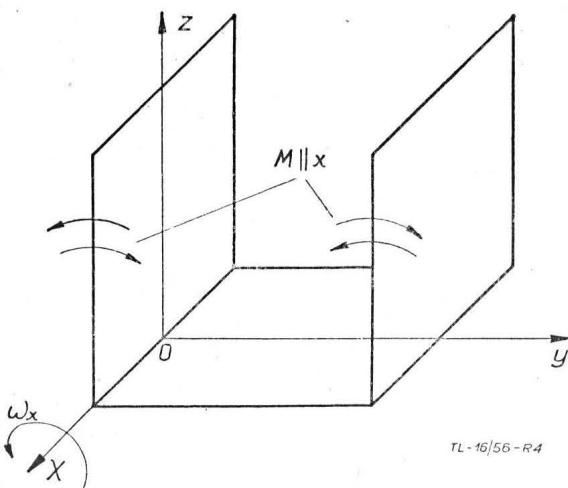
gdzie  $m$  oznacza masę punktu materialnego. Wektory  $\vec{\omega}_u$ ,  $\vec{v}$  i  $\vec{a}_c$  tworzą układ trzech rozstawionych palców — kciuka, wskazującego i serdecznego prawej ręki, zaś wektory  $\vec{\omega}_u$ ,  $\vec{v}$  i  $C$  — lewej ręki. Jest to tak zwana reguła zwrotów.



TL-16/56-R3

Rys. 3. Uproszczony schemat drgających widełek

W systemie Gyrotronu prędkości pochodzące od drgań uważamy za prędkości względne, a prędkość kątową  $\omega_u$  około osi widełek za prędkość unoszenia (rys. 2). Prędkość ta pochodzi od obrotu podstawy widełek, obracającej się razem np. z samolotem. Widełki Gyrotronu pobudzamy do drgań elektrycznie na przykład za pomocą elektromagne-



TL-16/56-R4

Rys. 4. Widełki pod działaniem prędkości kątowej  $\omega_x$

sów umieszczonych nad widełkami w ten sposób, aby nóżki widełek jednocześnie albo się rozchylały, albo zbliżały do siebie. W ten sposób pędy względne ( $mv$ ) obu nóżek zawsze nawzajem się znoszą i nie wywołują żadnej reakcji na podstawę  $P$ . Widełki na podstawie umieszczone są obrotowo, a obrót około osi widełek z podstawy na widełki i oddziaływanie widełek na podstawę przenosi się za pośrednictwem czujnika  $K$ .

Dla uproszczenia zagadnienia weźmiemy pod uwagę model drgających widełek przedstawiony na rysunku 3, gdzie całkowita masa  $m$  każdej nóżki skupiona jest na końcu płytki w odległości  $r = Om$  od złącza widełek. Uważając drgania płytek za ruch harmoniczny, możemy napisać

$$v = \bar{v} \cdot \sin(\omega t)$$

gdzie  $\bar{v}$  oznacza amplitudę prędkości  $v$ , którą masy  $m$  i  $m'$  uzyskują przechodząc przez położenie równowagi dynamicznej, czyli na osiach  $z$  i  $z'$ . Amplituda ta ma wartość

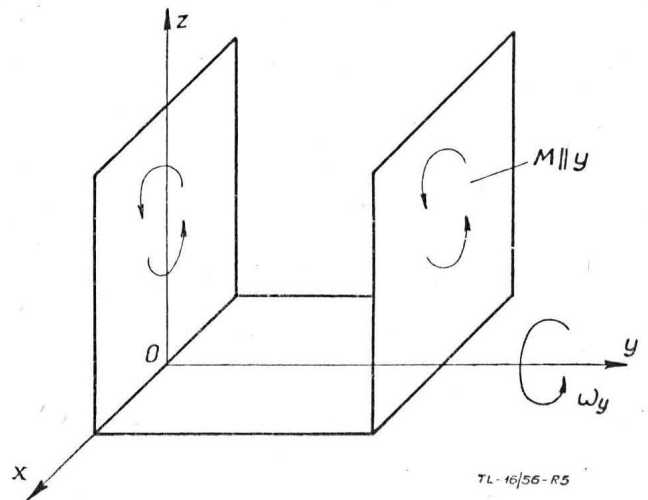
$$v = \omega \cdot r = 2\pi f \cdot r$$

gdzie  $f$  oznacza częstość drgań w hercach (Hz). Podczas zbliżania się nóżek zgodnie z regułą zwrotów przy dodatniej  $\omega_u$  (zwrot osi  $z$ ) przyspieszenie  $a_c$  masy  $m$  mającej  $v > 0$  ma kierunek osi  $x$ , ale zwrot przeciwny, natomiast siła  $C$  ma dodatni zwrot osi  $x$ . Na masę  $m'$  działa siła  $C'$  odwrotnie. Siły  $C$  i  $C'$  tworzą parę sił o momencie  $M_z = M$ , którego kierunek i zwrot są zgodne z osią  $z$ . W następnej fazie, gdy widełki się rozchylają, siły  $C$  i  $C'$  zmieniają zwroty i zmienia się zwrot momentu  $M'$ . Zmienność sił  $C$  i  $C'$  oraz momentu  $M$  przebiega sinusoidalnie, gdyż zależą one od wartości  $v = \bar{v} \cdot \sin \varphi$ . Ich amplitudy wynoszą

$$\bar{C} = (-m) (-2\omega_u \cdot \bar{v}) = 2m \omega_u \cdot \bar{v}$$

zaś  $\bar{M} = e \cdot \bar{C} = e \cdot 2m \omega_u (2\pi f r) = 4\pi m e r f \omega_u$

albo  $\bar{M} = 4\pi I \cdot f \omega_u$



TL-16/56-R5

Rys. 5. Widełki pod działaniem prędkości kątowej  $\omega_y$

Jeżeli iloczyn  $mer = I$  zastąpimy odpowiednim momentem bezwładności. Zmienny moment  $M$  od sił Coriolisa o amplitudzie  $M$  jest przenoszony na podstawę  $P$  za pośrednictwem elektrycznego czujnika  $K$  mierzącego skuteczną wartość momentu — podobnie jak amperomierz mierzy skuteczną wartość natężenia prądu zmiennego. Ta skuteczna wartość  $M_s$  jest proporcjonalna do amplitudy ( $M_s = \bar{M}$ ), a więc również do  $\omega_u$ . Wypadkowa z momentu  $M$  każdego okresu drgań wynosi zero i nie wywołuje żadnego obrotu podstawy.

Częstość drgań  $f$  możemy dostrajać i dla każdej częstości możemy wyskalować Gyrotron tak, aby wskazywał wprost wartość  $\omega_u$ . Zmieniając  $f$  zmieniamy czułość Gyrotronu.

Warto zauważyć, że przy ustawieniu Gyrotronu względem osi  $x$ ,  $y$  i  $z$  jak na rysunku 3 jego obrót około  $x$  nie wywołuje żadnych reakcji na podstawę (i czujnik), gdyż momenty pędów czyli kręty mas drgających względem punktów  $O$  i  $O'$  mają kierunek osi  $x$ , a przyrosty krętów (pochodne), czyli momenty  $M_x$  wywołane obrotem około osi  $x$  znoszą się w złączu, jak wskazuje rysunek 4. Podobnie sprawa wygląda przy obrocie około osi  $y$  (rys. 5). W tym przypadku pochodne krętów mają wartość momentu ( $\pm M_y$ ).

Widzimy więc, że Gyrotron, przedstawiony na rysunku 2, reaguje tylko na obrót unoszenia około osi  $z$ , a ogólnie około osi widełek. Aby więc móc mierzyć obroty około trzech osi wzajemnie prostopadłych, należy odpowiednio ustawić trzy Gyrotrony. Można by uzyskać równoczesny pomiar  $\omega^2$

$\omega_y$  i  $\omega_z$ , wykorzystując do pomiaru również i pokazane na rys. 4 i 5 momenty  $M_x$  i  $M_y$  znoszące się w złączu widełek, jak to robi właśnie wspomniana na wstępie mucha.

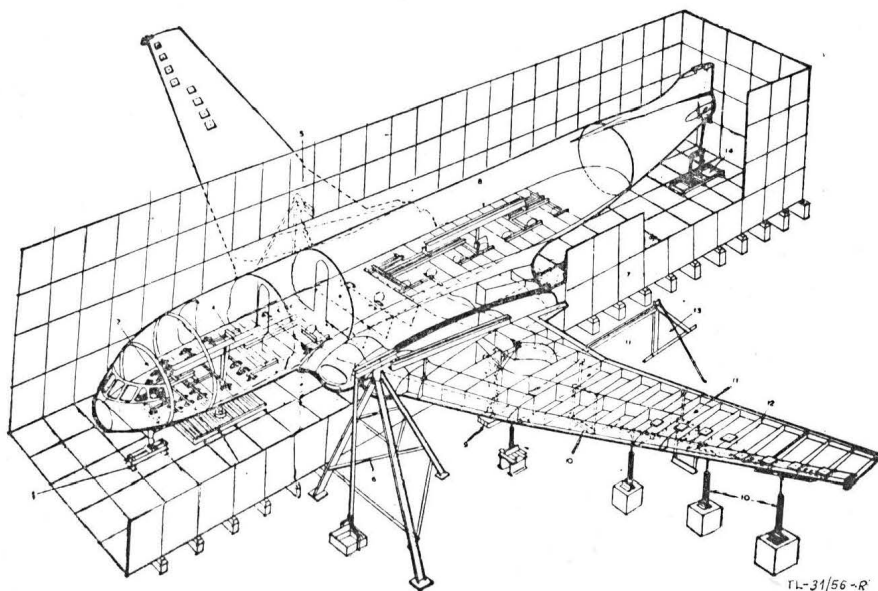
Gyrotron stwarza nowe możliwości i wywołuje duże zainteresowanie. Po otrzymaniu niniejszego artykułu zauważyliśmy w 2 (32) zeszytzie czasop. „Woprosy rakiętnej techniki”

1956 r. obszerny artykuł pt.: „Wibracyjny giroskopi-czeskiej datchik ułowej skorosti samolota” W. Morrowa przetłumaczony z czasopisma „Journal of the Acoustical Society of America” 27, nr 1, 1955 r. Artykuł ten przedstawia analizę warunków pracy Gyrotronu a także zawiera dalszą bibliografię tematu.

(Red.)

## Doświadczalne badania wytrzymałości zmęczeniowej samolotów komunikacyjnych

Równoległe z teoretycznym rozpracowywaniem zagadnienia wytrzymałości zmęczeniowej i bezpiecznego rezerwu samolotów komunikacyjnych<sup>1)</sup> szereg zagranicznych firm lotniczych i ośrodków badawczych prowadzi w tej dziedzinie kosztowne prace doświadczalne. Próby zmęczeniowe całych samolotów lub dużych zespołów konstrukcyjnych mają na celu doświadczalne stwierdzenie ilości zmian obciążeń (o założonej wielkości), powodujących zniszczenie konstrukcji, oraz ujawnienie elementów o najmniejszej wytrzymałości zmęczeniowej. Z chwilą wystąpienia pierwszego pęknięcia, a więc ujawnienia najsłabszego elementu, uszkodzone miejsce zostaje wzmocnione, po czym próbę prowadzi się nadal. W ten sposób próba ujawnia kolejne słabe elementy dostarczając konstruktorom danych doświadczalnych odnośnie pracy konstrukcji.



Rys. 1. Schematyczny widok urządzenia do przeprowadzania próby zmęczeniowej całego samolotu

Pierwszym samolotem poddanym pełnemu programowi prób zmęczeniowych jest angielski „Comet”. Celem prób samolotu „Comet 1” było stwierdzenie przyczyn dwóch katastrof, które pociągnęły za sobą wstrzymanie eksploatacji wszystkich samolotów tego typu do chwili wyjaśnienia sprawy przez specjalną komisję. Ponieważ wyłowione z morza szczątki jednego z samolotów nasuwały przypuszczenie zmęczeniowego pęknięcia pokrycia ciśnieniowej części kadłuba, komisja spowodowała przeprowadzenie w R. A. E. (brytyjski lotniczy ośrodek badawczy) prób zmęczeniowych samolotu, jak najbardziej zbliżonych do rzeczywistych warunków obciążeń w locie. W celu niedopuszczenia do gwałtownego pęknięcia kadłuba pod wpływem zmian ciśnienia odpowiadających zmiennej wysokości lotu, cały kadłub został zanurzony w zbiorniku z wodą, przy czym kabina ciśnieniowa również została wypełniona wodą. Jeden cykl obciążenia odpowiadający trzygodzinnemu lotowi był realizowany w ciągu 6 minut. Obejmował on przyrost ciśnienia w kabine o 0,58 atm i powrót do stanu początkowego oraz 25 obciążeń skrzydła odpowiadający natrafieniu na podmuch o prędkości równoważnej (na poziomie 0 m)  $w = 3,0$  m/sek, realizowanych przy pomocy hydraulicznych podnośników, rozmieszczonych wzdłuż rozpiętości skrzydła.

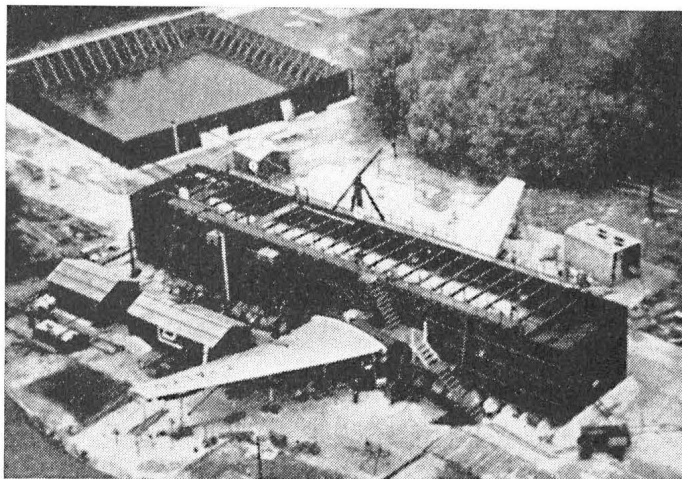
Wyżej wymieniona prędkość podmuchu, najniebezpieczniejsza z punktu widzenia zmęczenia konstrukcji, oraz ilość obciążeń na jeden cykl, zostały ustalone na podstawie analizy częstości występowania różnych podmuchów i wielkości wywołanych nimi naprężeń w skrzydle. Naprężenia w kadłubie pochodzące od obciążeń skrzydła są niewielkie w stosunku do naprężeń od ciśnienia w kabine, ale z powodu dużej częstości występowania nie można ich bagatelizować.

Próby zmęczeniowe samolotu „Comet 1” potwierdziły hipotezę odnośnie przyczyny obu katastrof przez wykazanie niedostatecznej wytrzymałości zmęczeniowej kabiny ciśnieniowej. Najsłabszym punktem konstrukcji okazały się wykroje okienne. Przy dalszych badaniach uległ zniszczeniu jeden segment kadłuba między wykrojami okiennymi oraz pokrycie górnej części kabiny.

Po przekonstruowaniu kadłuba i lokalnym wzmocnieniu skrzydła samolot „Comet 2” został poddany analogicznym badaniom zmęczeniowym w nowym zbiorniku wodnym firmy de Havilland. Co pięćset cykli (1500 godzin „lotu”) zbiornik jest opróżniany i samolot poddaje się szczegółowej kontroli. Próby te dostarczają konstruktorom samolotu „Comet” dalszych cennych doświadczeń.

Podobnym próbom zmęczeniowym został poddany również prototyp nowego angielskiego samolotu komunikacyjnego Bristol „Britannia”. Celem prób jest zarówno sprawdzenie wytrzymałości zmęczeniowej samolotu, jak i określenie bezpiecznego rezerwu. Pomimo bardzo szczegółowego opracowania programu badań z punktu widzenia przybliżenia ich do warunków rzeczywistych, pewna ilość czynników wpływających na wytrzymałość zmęczeniową, na przykład niska temperatura, nie mogła być uwzględniona. W związku z tym władze brytyjskie zażądały dla „Britannii” okresu próbnego, podczas którego samoloty mają służyć wyłącznie do transportu towarów. Do uszczerbienie do ruchu pasażerskiego przewiduje się dopiero w r. 1958.

Określenie bezpiecznego rezerwu samolotu na podstawie wyników prób zmęczeniowych jest zagadnieniem bardzo delikatnym i nie unormowanym dotychczas ścisłymi przepisami. Obecny stan wiedzy w tej dziedzinie ilustrują propozycje angielskie opublikowane przez kierownika działu konstrukcyjnego R. A. E. Walkera w Journal of the Royal Aeronautical Society nr 10, 1953 r. Propozycje te dotyczą wyłącznie obciążeń od podmuchów



Rys. 2. Widok urządzenia podczas próby samolotu „Comet 1”

<sup>1)</sup> Por. J. Sandauer: „Zagadnienia zmęczeniowe w konstrukcji samolotów komunikacyjnych”, Technika Lotnicza 2/56.

i nie obejmują zagadnienia kabin ciśnieniowych. Za podstawę przyjmuje się podmuch o prędkości równoważnej  $w = 2,4$  m/sek i długości strefy przejściowej  $s = 30$  m, na który natrafia samolot lecący z normalną prędkością przelotową. Próby zmęczeniowe skrzydła należy przeprowadzać nakładając na stałe obciążenie, odpowiadające współczynnikowi  $m = 1$ , obciążenie zmienne o 25% większe od obciążenia od podmuchu. Współczynnik powiększający obciążenie zmienne ma na celu uwzględnienie wpływu innych podmuchów na zmęczenie konstrukcji. Zadaniem próby skrzydła jest kolejne wykrycie jego najsłabszych elementów, co otrzymuje się przez wymianę elementów uszkodzonych. Ze względu na duży rozrzut wytrzymałości zmęczeniowej elementów, wynik takiej próby nie może być jednak podstawą do określenia bezpiecznej ilości obciążeń, którą może przejąć konstrukcja. W tym celu należy przeprowadzić analogiczne badania zmęczeniowe na seriach poszczególnych elementów, przy czym żądana ilość sztuk w serii ma wynosić sześć. Wytrzymałość zmęczeniową elementu, wyrażoną w ilości cykli obciążeń, przyjmuje się jako średnią logarytmiczną z serii sześciu sztuk. Bezpieczna ilość cykli przyjmuje się jako  $2/3$  średniej logarytmicznej. Oczywiście, bezpieczna ilość obciążeń  $N$  dla całego skrzydła jest równa bezpiecznej ilości obciążeń najsłabszego elementu.

Dla obliczenia bezpiecznego rezerwu samolotu (w godzinach) konieczna jest znajomość częstości występowania nie-

bezpiecznego podmuchu. Na podstawie danych statystycznych Walker proponuje dla samolotów, których wysokość przelotowa  $H$  jest większa od 2400 m, obliczenie bezpiecznego rezerwu z zależności:

$$t_{2400} = \frac{4 \cdot N}{V} \quad (\text{godz.})$$

gdzie:  $V$  [ $\text{km/h}$ ] — równoważna prędkość przelotowa.

Dla  $H = 1500$  m, ze względu na większą częstość występowania podmuchów:

$$t_{1500} = 1/2 t_{2400}$$

a dla małych wysokości:

$$t_0 = 1/6 t_{2400}$$

Tak obliczony bezpieczny rezerwu, w przypadku samolotu o dużej wysokości przelotowej, nie uwzględnia jednak ważnego czynnika, jakim jest czas pojedynczego lotu, czyli częstość przebywania na małej wysokości. Duży wpływ na zwiększenie dokładności oceny zmęczenia konstrukcji poszczególnych samolotów miałyby zainstalowanie przyspieszeniometry liczących, które spełniałyby rolę wskaźników wykorzystania rezerwu określonego nie w godzinach, lecz w dopuszczalnej ilości podmuchów.

J. S.

## Na półkach księgarskich

**Biuletyn Informacyjny CIDNT**, Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej, Nr 1, luty 1956 r. stron 28, Nr 2, luty 1956 r., stron 31.

Od dnia 1 lutego 1956 r. Zakład Usług Dokumentacyjnych CIDNT rozpoczął wydawanie stalego Biuletynu Informacyjnego, który zawiera nowe wiadomości z dziedziny techniki i nauki, podawane na podstawie informacji zagranicznych agencji telegraficznych, prasy oraz radia i ma na celu zapoznanie zainteresowanych w szerzeniu postępu technicznego, z najnowszymi osiągnięciami w dziedzinie przemysłu i rolnictwa krajów o przodującej technice. Bardzo celowe posunięcie CIDNT może wypełnić lukę, jaką odczuwają pracownicy przemysłu i nauki w kraju, wobec ograniczonych możliwości docierania do wielu z nich najnowszych publikacji zagranicznych. Na żądanie zainteresowanych CIDNT może dostarczyć fotokopie i mikrofilmy publikacji oryginalnych. Biuletyn wydawany jest metodą rotaprint i nie zawiera żadnych ilustracji, co jest wielkim brakiem wydawnictwa bardzo kosztownego (16 zł. za zeszyt według dotychczasowej ceny). Dziwne wydaje się, że wydawnictwo CIDNT, które wymaga od czasopism stosowania klasyfikacji dziedzinnej przy publikowanych artykułach, nie zawiera podobnych określeń we własnym Biuletynie. W omawianych zeszytach zawarto po dwadzieścia kilka artykułów z różnych dziedzin techniki, przy czym lotnictwo jest reprezentowane przez jeden artykuł w zeszytach nr 1 i sześć artykułów w zeszytach nr 2. Rozpatrując materiał lotniczy zawarty na razie tylko w dwóch pierwszych zeszytach, mamy następujące uwagi: jako źródło informacji podawane są zbyt często czasopisma o małym ciężarze gatunkowym, lub zgola prasa codzienna. Nie wydaje nam się celowe sięganie do tak mało odpowiedzialnych danych, zwłaszcza że istnieje na terenie Warszawy szereg ośrodków posiadających najważniejsze czasopisma z dziedziny techniki i nauki lotniczej. Artykuły lotnicze publikowane w Biuletynie nasuwają ponadto uwagę, że tłumaczone były przez osoby, które nie posiadają znajomości zagadnień poruszanych w tłumaczonych artykułach; tłumaczenia dokonywane są przez kolejne oddawanie znaczenia poszczególnych wyrazów, bez doborzenia właściwego, sensownego znaczenia całych zdań i ustępów. Jako przykład może służyć artykuł: „Metody doskonalenia silników lotniczych” (zeszyt nr 2, str. 3). Również wybór niektórych artykułów wydaje się być dokonywany w sposób zupełnie przypadkowy, na przykład informacja o bezgaźnikowym silniku benzynowym (zeszyt nr 2, str. 11) nie jest rewelacją w roku 1956. Przy przeglądaniu artykułów lotniczych stwierdziliśmy niebawiele wprost uchybienia dotyczące stosowanego słownictwa, które wskazują, że tłumacze, koreferenci oraz redaktorzy Biuletynu nie zadali sobie trudu, aby zapoznać się z analizami wykonywanymi przez Ośrodek Dokumentacyjny przy Instytucie Lotnictwa, które zawierają obowiązujące i właściwe określenia techniczne stosowane w lotnictwie. W Biuletynie stosuje się określenia i wyrażenia, które są „złotymi nowotworami” technicznego języka lotniczego. Mogłoby się wydawać, że w Warszawie nie istnieją: Instytut Lotnictwa, Wydział Lotniczy Politechniki Warszawskiej, Wojskowa Akademia Techniczna, wszystkie krajowe redakcje czasopism lotniczych itp., gdzie zgrupowani są fachowcy lotnictwa stosujący ustalone od lat słownictwo lotnicze, i stąd swoista potrzeba tworzenia własnych określeń na użytek Biuletynu. Jako przykłady notujemy: dwupiętrowa turbina; turbina odrzutowa; w powietrzu znajdują się...; trakcja statyczna — 15 000 funtów, zużycie materiału pędowego — 0,3 funta na funt trakcji na godzinę; szybkość 400 mil na godzinę; ośmiomotorowiec; moc trakcyjna; kompresory; wibracja; koło turbiny; krzemian fibry; szybkościomierz oraz wskaźnik szybkości wznoszenia i opadania; waga przyrządu; helikopter; warstwa przygraniczna; siła ciągu; decybałe; skrajnia silnika; samoloty wojskowe kiero-

wane przez lotnika; silnik odrzutowy... jest najlepszą na świecie maszyną... z punktu widzenia współczynnika sprawności; funty, cale, mile, i stopnie Fahrenheita. Spodziewamy się, że nasze uwagi zostaną uwzględnione przy opracowywaniu następnych zeszytów Biuletynu Informacyjnego CIDNT.

S. M.

**Prace Instytutu Lotnictwa, nr 2 — Metoda utwierdzenia sprzężonego w konstrukcjach lotniczych**, dr inż. Zbigniew Brzoska, Wydawnictwa Komunikacyjne, 1955 r., stron 63.

W pracy rozpatrzono metodę rozwiązywania konstrukcji lotniczych wielokrotnie statycznie niewyznaczalnych. Treść podzielona jest na trzy rozdziały. Rozdział pierwszy — podstawy metody utwierdzenia sprzężonego — zawiera sześć ustępów: pojęcie utwierdzenia sprzężonego, wytrzymałościowy schemat konstrukcji płatowcowych, układy sił wewnętrznych, pojęcie węzła i schemat rozwiązywania zagadnień, zasadnicze zależności układów jednoparametrowych, obliczanie uogólnionych współrzędnych. Rozdział drugi — konstrukcje jednoparametrowe — dzieli się na następujące ustępy: czteropodłużnicowa konstrukcja półskorupowa, zestawienie typowych konstrukcji jednoparametrowych, wpływ lokalnych wykrojów, konstrukcje jednoparametrowe zespołowe oraz dwa przykłady liczbowe. W rozdziale trzecim — konstrukcje wieloparametrowe — zawarte są następujące ustępy: ogólne metody rozwiązywania układów wieloparametrowych, konstrukcje tarczowe (wraz z dwoma przykładami liczbowymi), konstrukcje pryzmatyczne przestrzenne (z dwoma przykładami liczbowymi), niektóre przybliżenia przy przeprowadzaniu obliczeń, wpływ skończonej sztywności diafragm. Dodatek zawiera siedem tablic wielkości charakterystycznych układów i bibliografię (6 pozycji). Praca ta, omawiająca zagadnienia wytrzymałościowe spotykane przy projektowaniu cienkościennych konstrukcji lotniczych, będzie przydatna dla konstruktorów płatowcowych zarówno w przemysle jak i podczas studiów na Wydziale Lotniczym Politechniki Warszawskiej.

S. M.

**Wierchniaja atmosfera**, S. K. Mitra, tłum. z ang. na ros. G. W. Rozenberg i Je. A. Makarowa, Izdatelstwo Inostrannoj Literatury, 1955 r., stron 650.

Jest to pierwszy obszerny podręcznik fizyki górnej atmosfery, opracowany przez specjalistę w tej dziedzinie, profesora uniwersytetu w Kalkucie. Pierwsze wydanie ukazało się w roku 1948, drugie, zmienione i rozszerzone — w roku 1952. Z tego nowego wydania opracowany został przekład na język rosyjski. Cały obszernie opracowany materiał został wraz z dodatkami ujęty w czterestu rozdziałach, zawierających łącznie dziewięćdziesiąt cztery ustępy. W pierwszym rozdziale, zawierającym opis zagadnień ogólnych, rozpatrzone zostały między innymi: rozkład gęstości i ciśnienia w kierunku wysokości, rozproszenie gazów, troposfera i ekzosfera. W dalszych rozdziałach opisane są zagadnienia wahania atmosfery, przypliwu w górnej atmosferze, rozkład temperatur i gęstości w kierunku wysokości w atmosferze średniej, ozonosfera, tlen i azot w górnej atmosferze, jonosfera i wykorzystanie jej własności w łączności radiowej, zjawiska elektryczne i magnetyczne, zorza polarna i teoria burz magnetycznych, świecenie nieba w nocy, temperatura jonosfery i badania górnej atmosfery za pomocą rakiet. W dodatku zostały zebrane dane dotyczące spektroskopii, zjawisk elektrycznych, używane w tej dziedzinie słownictwo i obszerny wykaz literatury.

L. S.



# PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY LOTNICTWA

OPRACOWANY PRZEZ OŚRODEK DOKUMENTACJI I WYDAWNICTW INSTYTUTU LOTNICTWA

DODATEK DO DWUMIESIĘCZNIKA „TECHNIKA LOTNICZA”

ROCZNIK VI

WARSZAWA, LIPIEC – SIERPIEŃ 1956

Z E S Z Y T 4

W Przeglądzie Dokumentacyjnym Lotnictwa stosowana jest klasyfikacja dziesiętna.

Gwiazdkami obok liczb porządkowych oznaczone są publikacje znajdujące się w Bibliotece Instytutu Lotnictwa.

108\* 629.135.658.586 ILot  
Smirnow N.: Zasadnicze elementy potokowego remontu samolotów. „Osnownyje elementy potoczno-stiendowowo remontu samolotow”. Gražd. Awiacja, r. 12, nr 5, maj 55, s. 28; A4, 4 str., 4 fot., 2 rys. — Omówienie i wyprowadzenie wzorów tempa remontów w zależności od nasycenia linii stanowiskami i pracownikami. Artykuł czysto teoretyczny bez przykładów liczbowych. W. Narkiewicz.

109\* 629.13.072:629.13.014.6:533.65 ILot  
Kauffman W. M., Drinkwater F. J.: Samoloty o zmiennej stateczności w badaniach nad statecznością boczną. „Variable-stability airplanes in lateral-stability research”. Aero. Engng. Rev., t. 14, nr 8, sierp. 55, s. 29; A4, 6,5 str., 1 rys., 8 wykr., 5 poz. bibl. — W dwu samolotach F6F-3 i F-86A zostały zamontowane w NACA serwourządzenia uzależniające wychylenia sterów od prędkości kątowych i kąta ślizgu. Przy pomocy regulacji serwomechanizmów otrzymuje się zmienne współczynniki (pochodne) warunkujące stateczność boczną, co umożliwia doświadczalne zbadanie wpływu zmian poszczególnych współczynników na zachowanie samolotu w różnych warunkach lotu. Opisywane urządzenia umożliwiają również zbadanie stateczności bocznej samolotu, będącego jeszcze w fazie projektowania oraz urządzeń służących do zwiększania stateczności samolotów. J. Sandauer.

110\* 629.135 ILot  
Kamienomostskij L. S.: Drogi technicznego rozwoju samolotu. „Puti techničeskowo razwija samolota”. Wsiesojuzn. Obszcz. po Riasprostr. Polit. i Naucz. Znaniy, sierja 4, nr 37, Izd. „Znanje”, Moskwa, 1954, 30 str., 16 rys. — Popularna broszura, w której są pokrótce omówione zasadnicze etapy technicznego rozwoju samolotu na przestrzeni ostatnich czterdziestu lat. Główna uwaga jest poświęcona rozwojowi płatowca; bardzo krótko omówiono rozwój silników. Krótkie omówienie przewidywanego rozwoju samolotu w najbliższych latach. W. Narkiewicz.

111\* 629.135.4 ILot  
Nikitin G., Morgunow N.: Śmigłowce. „Wiertoloty”. Gražd. Awiacja, r. 12, nr 4, kw. 55, s. 25; A4, 5 str., 2 fot., 11 rys. — Krótki, popularny opis konstrukcji śmigłowca, jego aerodynamiki i pilotażu. Znaczną część rysunków zaczerpniętą z wydanej w zeszłym roku broszury, W. Barszewskiego „Śmigłowce w locie”. W zakończeniu podano międzynarodowe wymagania I. A. T. A., dotyczące dużych śmigłowców pasażerskich. B. Żurakowski.

112\* 533.6.013.12 ILot  
Schäffer H.: Badanie przepływu trójwymiarowego przez palisadę osiową. „Untersuchungen über die dreidimensionale Strömung durch axiale Schaufelgitter mit zylindrischen Schaufeln”. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, t. 21, nr. 1, 1955, s. 9; nr 2, 1955, s. 41; A4, 19 str., 2 fot., 2 rys., 51 wykr., 2 tabl., 36 poz. bibl. — W pracy tej porównano pomiary rozkładu ciśnienia, przeprowadzone na palisadzie osiowej przestrzennej, z palisadą płaską. W palisadzie przestrzennej zmieniano stosunek średnicy zewnętrznej do wewnętrznej oraz ilość łopatek. W wyniku porównania obu pomiarów rozkładu ciśnienia wzdłuż cięciwy, stwierdzono dużą zgodność. Wszystkie straty zachodzące przy przepływie przez palisadę pierścieniową można przewidzieć na podstawie badań palisady płaskiej. To samo da się powiedzieć o kącie wylotowym w obydwu palisadach, pod warunkiem, że uwzględnimy przy porównaniu wpływ przepływu promieniowego. Na podstawie danych z palisady płaskiej można obliczyć przepływ z palisadą przestrzenną. B. Krajewski.

113\* 533.5.013.12 ILot  
Dorfman E. A.: Odwrotne zagadnienie dla palisady profilów. „Obratnaja zadaca dla rieszotki profilej”. Prikl. Mat. Miec., t. 18, nr 5, 1955, s. 637; B5, 4 str., 2 wykr., 3 poz. bibl. — Zwykle chodzi o wyznaczenie rozkładu prędkości w danej palisadzie. Autor rozważa zadanie znalezienia postaci palisady profilów dla danego rozkładu prędkości. Rozwiązuje to zadanie za pomocą potencjału zespolonego. F. Janik.

114\* 533.6.013.12 ILot  
Schlichtig H.: Przepływ przez daną palisadę, bez uwzględnienia tarcia i ściśliwości. „Berechnung der reibungslosen inkompressiblen Strömung für ein vorgegebens obenes Schaufelgitter”. V.D.I. Forschungsheft 447, A4, 36 str., + 12 str., 112 wykr. i rys., 15 tabl., 27 poz. bibl. (+ 12 stron tabl.). — Podano metodę obliczania przepływu przez palisadę, określoną tak co do geometrii samego profilu, jak również odnośnie geometrii samej palisady. Do obliczeń zastosowano teorię W. Birnbauma i H. Glauerta, które z dobrym skutkiem spełniały swą rolę przy obliczeniach pojedynczego płata nośnego. W celu zilustrowania metody podano szereg przykładów. B. Krajewski.

115\* 533.691.1 ILot  
Weyl. A. R.: Wytwarzanie dużej siły nośnej. „High-lift generation”. Flight, t. 67, Nr 2398, s. 12; Nr 2399, s. 41; stycz. 55; A4, 5 str., 13 rys. 6 wykr. — Omówienie mechanizmu powstawania siły nośnej na skrzydle i na obracającym się walcu (efekt Magnusa). Przegląd dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie urządzeń hypersonicznych stosowanych w samolotach ze szczególnym uwzględnieniem doświadczalnym nad zasileniem i odsysaniem warstwy przyściennej. J. Sandauer.

116\* 533.6.011.4 ILot  
Hall I.: Badania doświadczalne opływu strumieniem naddźwiękowym okrągłych cylindrów z tępym noskiem i ustawionych pod kątem natarcia. „Eksperimentalnoje issledowanje obtekanja krugowych cylindrow s tupym noskom pod ugłom ataki swierchzwokowym potokom”. Miecchanika, nr 1(29), 1955, s. 5; B5, 10 str., 6 fot., 5 rys., 2 wykr., 2 tabl., 5 poz. bibl. (Tlum. z czasop. Philosophical Magazine, t. 45, nr 362, 1954, s. 333—345). Opływ rodziny cylindrów o tępym noskach, przy kątach natarcia od 5 do 30 i liczbie Macha 1,96. Poprzedzający opływ takiego ciała różni się znacznie od poprzedniego opływu cienkich zaokrąglonych ciał przy małych kątach natarcia. Porównanie poprzedniego strumienia z opływem płaskiego okrągłego cylindra. Badanie przeprowadzono w tunelu zasysającym o działaniu przerywanym i przekroju pomiarowym  $127 \times 102$  mm, przy czym zastosowano specjalną technikę pomiarową, pozwalającą studiować przepływ trójwymiarowy za pomocą zwykłej aparatury do zdjęć smugowych (schlieren). A. Jakubowski.

117\* 533.6.011.5 ILot  
Hoerner S., Chapman D., Perkins E., Wiek R.: Zagadnienie podciśnienia „plecowego”. „K woprosy o donnom wakuumie”. Woprosy raketnoj Techniki, Nr 3 (21), 1954, s. 3; B5, 43 str., 13 fot., 2 rys., 28 wykr., 3 tabl., 19 poz. bibl. — Opór za ciałem trójwymiarowym (opór „plecowy”) o tępej krawędzi spływu. Zależność między oporem plecowym modelu i średnicą trzpienia służącego do umocowania modelu w tunelu aerodynamicznym (przy prędkościach poddźwiękowych). Opór powstający na skutek zakładowego połączenia arkuszy metalowego pokrycia. Wpływ względnej grubości krawędzi spływu. Opór plecowy przy prędkościach naddźwiękowych. Szczegółowe omówienie badań doświadczalnych Chapmana i Perkinsa, które wyjaśniły częściowo mechanizm wpływu lepkości na opływ naddźwiękowy ciał obrotowych oraz dostarczają szeregu danych liczbowych odnośnie powyższego efektu. Badania prowadzono przy liczbie Macha 1,5 w zakresie liczb Reynoldsa od 1 do 10 milionów. Tłumaczenie z N. A. C. A. T. R. nr 1936 i 1051 (z 1951 r.) oraz „J. Aero Scien.” t. 17, nr 10, 1950 r., s. 622; t. 20, nr 10, 1953 r., s. 675. A. Jakubowski.

118\* 533.6.011.311 ILot  
Illingworth C.: Narastanie warstwy przyściennej na osiowosymetrycznym cieple, poruszającym się wzdłuż swojej osi z obrotem wokół niej (przy spinie). „Narastanie pograniczniczo sloja na osiesimietricznom tiele, dwiżuszczemsja wdol swojej osi s wrasczeniem wokrug niej (pri spinie)”. Miecchanika, nr 1 (29), 1955, s. 51; B5, 8 str., 1 tabl., 2 poz. bibl. (Tlum. z czasop. Philosophical Magazine, t. 45, nr 360, 1954, s. 1—3). — Próba analitycznego ujęcia wpływu, jaki wywiera spin ciała obrotowego na położenie oderwania warstwy przyściennej. Zagadnienie rozważano dla przypadku niezbyt wielkich prędkości podłużnej i obrotowej, przy pominięciu ściśliwości. A. Jakubowski.

119\* 533.6.011.533.6.011.6:532.517.2 ILot  
Levy S.: Wpływ dużych zmian temperatury (z uwzględnieniem nagrzewania wskutek lepkości) na laminarną warstwę przyścinną, przy zmiennej prędkości strumienia swobodnego”. Wlisanje bolszich izmienenij tiempieratury (s ucetom nagriewanija ot wjazkosti) na laminarnyj pograniczniczyj sloj pri pieriemiennoj skorosti swobodnogo potoka”. Miecchanika, nr 2 (30), 1955 s. 3; B5 str., 21 wykr., 2 tabl., 27 poz. bibl. (Tlum. z czasop. J. aero. Scien., t. 21 nr 7, 1954, s. 459—474). — Przedstawiono rozwiązania równań warstwy przyściennej przy zmiennej prędkości swobodnego strumienia i gdy temperatura ściany oraz liczbę gęstości i współczynnika lepkości są wielkościami stałymi. Rozpatrzono kolejno przypadki:

1. Przepływ niedyssypatywny, liczba Prandla jest dowolna, lecz stała.
2. Przepływ dyssypatywny przy liczbie Pr = 1 i potęgowej zależności liczby Macha strumienia swobodnego.
3. Przepływ dyssypatywny przy prędkościach hyperdźwiękowych i dowolnej, lecz stałej liczbie Pr. — A. Jakubowski.

120\* 533.6.07 ILot  
Hilton W. F.: Nowy naddźwiękowy tunel aerodynamiczny Armstrong Whitwortha. „Armstrong Whitworth's new supersonic wind-tunnel”. Aeroplane, t. 88, nr 2291, czerw. 55, s. 821; A4, 5 str., 8 rys., 2 wykr. — Artykuł zawiera opis techniczny tunelu, charakterystykę napędu, opis komory pomiarowej i wagi aerodynamicznej oraz motywy wyboru typu o działaniu ciągłym. Dane  $M = 0,3-3,0$ ,  $N = 10000$  HP, przekrój pomiarowy  $22'' \times 20''$  (przydźwiękowy) — oraz od  $24'' \times 20''$  dla  $M = 1,25$  do  $16 \times 14,5''$  dla  $M = 3,0$ . Zamieszczone jest zestawienie całego tunelu, szkice konstrukcyjne części oraz wykresy. A. Janik.

121\* 533.65 ILot  
„Opuszczanie skrzydła” i „zadzieranie” samolotu. „Wing drop and pitch-up”. Flight, t. 67, nr 2398, stycz. 55, s. 22; A4, 2 str., 3 wykr. — Streszczenie odczytu wygłoszonego w amerykańskim stowarzyszeniu S. A. E. na temat niektórych nowych problemów aerodynamicznych związanych z prędkościami przy— i naddźwiękowymi. Autor omawia przede wszystkim zagadnienie wpływu kryzysu falowego na równowagę momentów poprzecznych i podłużnych samolotu oraz zwraca uwagę na zjawisko niestateczności lotu przyspieszonego przy prędkościach bliskich  $M = 1$ . Ze wzrostem prędkości maksymalnych nowoczesnych samolotów łączy się wzrost prędkości minimalnych, który powoduje duże trudności przy lądowaniu. J. Sandauer.

122\* 533.65.629.135 ILot  
Gabrielli G.: Nowe, ogólne określenie analityczne biegunowej samolotu. „Su una nuova espressione analitica generale della polare

dei velivoli". Aerotecnica, t. 35 nr. 3 czerw. 55, s. 125; A4, 4 str., 2 wykr., 1 tabl., 9 poz. bibl. — Znany przybliżony wzór kwadratowy dla biegunowej samolotu nie zawsze może być stosowany dla prędkości przydźwiękowych i naddźwiękowych. Autor proponuje inne, bardziej ogólne wyrażenie. J. Roliński.

123\* 621.45:533.6.015.3 ILot.  
Keusch R. B.: Wpływ lotów naddźwiękowych na urządzenia zespołu silnikowego. „Effect of supersonic flight on power — plant installation systems”. Trans. Amer. Soc. Mech. Engrs., t. 77, nr 5, lip. 55, s. 721; A4, 5,5 str., 1 fot., 2 rys., 9 wykr., 9 poz. bibl. — Najważniejszym zagadnieniem silnikowym przy lotach naddźwiękowych jest sprawa nadmiernego nagrzewania się układu paliwowego. Pokrótko omówiono również sprawę grzania się układu olejowego i różnych podzespołów silnikowych. W. Narkiewicz.

124\* 536.46:621.45 ILot.  
Gross R. A.: Stabilizacja płomienia warstwą laminarną. „Boundary layer flame stabilization”. Jet Propulsion, t. 25, nr 6, czerw. 55, s. 288, A4, 3 str., 3 fot., 2 wykr., 5 poz. bibl. — Opis początkowych prób stabilizacji płomienia w laminarnym strumieniu za pomocą cienkiej blachy lub profilu laminarnego. W wielu wypadkach stwierdzono drgania i przeskoki płomienia, lecz przy odpowiednio dobranych parametrach zachodzi dobre zakotwiczenie płomienia. W. Narkiewicz.

125\* 621.45:536.46 ILot.  
Olson W. T., Childs J. H., Jonash E. R.: Zagadnienie wydajności spalania w silnikach turbo-odrztutowych na dużych wysokościach. „The combustion-efficiency problem of the turbojet at high altitude”. Trans. Amer. Soc. Mech. Engrs., t. 77, nr 5, lip. 55, s. 605, A4, 10 str., 2 rys., 26 wykr., 17 poz. bibl. — Opis badań NACA ww. zagadnienia, które ustaliły parametry spadku wydajności spalania przy niskim ciśnieniu powietrza, dużych prędkościach przepływu przez komorę spalania i niskiej temperaturze. W. Narkiewicz.

126\* 536.461:621.43.019 ILot.  
Kruppe G.: Sposoby określania pełnoty spalania i strat hydraulicznych w komorach spalania. „Sposoby opriedienienia pełnoty sgoranja i gidrawliczeskich potier” w kamierach sgoranja”. Woprosy raket. Tiechn., nr 1 (25), 1955, s. 67; B5, 10 str., 6 rys., 4 poz. bibl. (tłum. z niem.: „Forschung auf dem Gebiete des ingenieurwesens” t. 20, nr 2, 1954, s. 51). — Omówienie kilku schematów laboratoryjnych dla pomiaru pełnoty spalania i strat hydraulicznych nowoczesnych komór spalania o dużym natężeniu procesu termicznego, rzędu 150. 106 Kkal/m<sup>3</sup>h. W. Narkiewicz.

127\* 536.461:627.43.019 ILot.  
Egerton A., Lefevre A.: Rozprzestrzenianie się płomienia. Wpływ ciśnienia na prędkość spalania. „Rasprostranienje plamienja. Wliwanje na skorost' gorenija”. Woprosy raket. Tiechn., nr 1 (25), 1955, s. 90; B5, 22 str., 8 fot., 3 rys., 7 wykr., 3 tabl., 30 poz. bibl. (tłum. z ang. „Proc. of the Royal Society, t. 222, nr 1149, 1954, s. 206—223). — Opis nowej aparatury laboratoryjnej do pomiaru prędkości rozprzestrzeniania się płomienia w mieszkankach gazowych przy różnych ciśnieniach. Aparatura daje możliwość dokładnego śledzenia czoła płomienia. W. Narkiewicz.

128\* 621.45 ILot.  
Edwards J.: Dopalenie w silnikach turbo-odrztutowych. „Dożiganje w truborieaktywnych dwigatielach”. Wopr. raketn. Tiechn., r. 5, Nr. 3 (27), 1955, s. 47; B5, 6 str., 1 fot., 2 rys., 3 wykr. Tłumaczenie z czasop. „Flight”, t. 66, nr 2388, 1954, s. 641; Krótkie sprawozdanie z badań urządzeń dopalania przeprowadzonych w firmie De Havilland. Nieco obszerniej potraktowano sprawę stabilizatorów płomienia. W. Narkiewicz.

129\* 621.45 ILot.  
Silnik turbośmigłowy o pojedynczym wale. „Single-Spool turbo-prop”. Flight, t. 67, nr 2421, czerw. 1955, s. 841; A4, 25 str., 3 fot., 4 wykr. — Streszczenie odczytu Głównego Inżyniera firmy Napier. Szczegółowa analiza powodów, dla których wybrano do konstrukcji ten rodzaj silnika, a zwłaszcza analiza charakterystyki sprężarki w świetle oszczędności zużycia paliwa i przydatności tego silnika do scalonego sterowania jedną dźwignią. W. Narkiewicz.

130\* 621.45:534.832 ILot.  
Zmniejszenie hałasu silników turboodrztutowych. „Reducing turbojet noise”. Aeroplane, t. 88, nr. 2292, czerw. 55, s. 836; A4, 0,5 str., 1 fot. — Krótki opis tłumika wylotowego firmy Rolls-Royce, który zmniejsza hałas odrztutowców o około 50%. Tłumik jest zasadniczo szesiorokowym zakończeniem rury wylotowej silnika, nadającym się do stosowania na samolocie. W. Narkiewicz.

131\* 621.431.75 ILot.  
Campen H. W.: Charakterystyki nowoczesnych silników turbośmigłowych. „Characteristics of today's family turboprops”. Aero Dig., t. 70, nr 5, maj 55, s. 23; A4, 7 str., 6 rys., 8 wykr. — Krótki opis różnych typów silników turbośmigłowych i rozpatrzenie zależności ich osiągnięć od różnych parametrów otaczającego powietrza. Krótkie rozpatrzenie porównawcze silników tłokowych, turbośmigłowych i turboodrztutowych. W. Narkiewicz.

132\* 621.431.75:621-343 ILot.  
Iwanow I.: Czas służby tłoków silników ASz-62IR. „Rabotosposobnost' porszniej dwigatieliej ASz-62IR”. Gražd. Awiacija, r. 12, nr 5, maj 55, s. 22; A4, 3 str., 2 fot., 5 wykr., 1 tabl. — Szczegółowa analiza statystyczna powodów zbrakowania tłoków przy remontach. Najczęstszym powodem jest wzbicie rowków pierścieniowych lub ich pęknięcia. Na ogół czas służby tłoków tych silników jest obecnie ustalony na 2450 godz. i prawdopodobnie będzie przedłużony do 2800 godz. W. Narkiewicz.

133\* 621.431.3:621-715 ILot.  
Bierenson S., Krasinskij A.: Oczyszczanie chłodnicy olejowej z osadów węglowych. „Oczistka masloradiatorow ot ugleorodistych otżenij”. Gražd. Awiacija, r. 12, nr 6, czerw. 55, s. 27, A4, 4 str., 2 fot., 2 rys., 2 wykr. — Szczegółowy opis płukania chłodnic olejowych kreolinem, który okazał się doskonałym rozpuszczalnikiem zanieczyszczeń chłodnicy. Podano również schemat płuczki. W. Narkiewicz.

134\* 620.175.251:621-233:621-253 ILot.  
Fuks M. Ja., Głaziuk I. K.: Skrzywienie wałów i wirników turbinowych przy próbach cieplnych. „Progib turbinnych wałow i rotorow pri tiepłowym ispytaniji”. Wiestn. Maszynostr., r. 35, nr 6, czerw. 55, s. 30; A4, 4,5 str., 1 rys., 4 wykr., 3 poz. bibl. — Szczegółowa klasyfikacja różnych rodzajów pęczenia się wałów turbinowych przy nagrzewaniu i analiza przyczyn pęczenia się w zakresie temperatur 400 — 600°C. W. Narkiewicz.

135\* 001.4:621.431.75(083.72) ILot.  
Witkowski S. A.: Podział silników lotniczych. Techn. Lotn. r. 10, nr 6, list.-grud. 55, s. 179; A4, 1 str., 1 schem. — Nawiązując do koncepcji mgr inż. Tadeusza Nowińskiego (Technika Lotnicza nr 5, 1955, str. 149) wprowadza autor dalsze nowe kryteria podziału silników lotniczych oraz proponuje szereg nowych, krótkich określeń klasyfikacyjnych. Odnośnie silników tłokowych wykorzystał autor normę PN/L-02520, uzupełniając ją jednak istotnie. Nowy podział jest przedstawiony na schemacie. Całość opracowana jako projekt normy podziału silników lotniczych.

136\* 629.135.4:038:629.13.002.2 ILot.  
Wytwarzanie łopat wirnika. „Retor — blade manufacture”. Flight, t. 68, nr 2433, wrzes. 55, s. 454; A4, 1 str., — Krótkie streszczenie odczytu A. Price i F. Stulen o specjalnych wymaganiach stawianych wykonawcom łopat wirników śmigłowców oraz krótkie omówienie wstępnych prób łopat przed przystąpieniem do wytwarzania. W. Narkiewicz.

137\* 629.13.01:531.224.7:624.023.852 ILot.  
Brzoska Z.: Metoda utwardzenia sprężystego w konstrukcjach lotniczych. Pr. Inst. Lotn., nr 2, 1955; A4, 62 str., 75 rys., 7 tabl., 6 poz. bibl. — Metoda rozwiązywania konstrukcji lotniczych wielokrotnie statycznie niewyznaczalnych. Polega ona na podzieleniu wszystkich sił wewnętrznych na dwa układy, z których pierwszy dobrany jest w ten sposób, że równoważy obciążenie zewnętrzne, drugi zaś (układ kompensujący), o wypadkowej równej zeru, zapewnia ciągłość przemieszczeń. Obliczanie wartości tego układu stanowi główną trudność zagadnienia i z tego powodu czynność ta została podzielona na dwa etapy. W etapie pierwszym wyznacza się taką wartość układu kompensującego, jaka jest potrzebna do zapewnienia ciągłości przemieszczeń w jednym tylko przekroju. W etapie drugim określa się przebieg poprzednio wyznaczonego układu w całej konstrukcji. Superponując tego rodzaju rozwiązanie dla poszczególnych przekrojów otrzymuje się rozwiązanie całego zagadnienia. Przez wprowadzenie pojęcia węzłów i współczynników utwardzenia sprężystego otrzymano znaczne uproszczenie w rozwiązywaniu zarówno pierwszego, jak i drugiego etapu. Zastosowanie tej metody do szeregu typowych konstrukcji, jak konstrukcje czteropasowe, tarce trójpasowe itd. Przez uogólnienie metody na przypadki, gdy układ kompensujący określony jest w każdym przekroju innym więcej niż jednym parametrem, otrzymano rozwiązanie wielopasowych powłok i tarce. Wpływ odkształcalności wręg oraz metody uproszczone, pozwalające na szybką ocenę wpływu wykrójów. (a.)

138\* 629.135.4:533.6.011 ILot.  
Kozłowski J.: Aerodynamika i osiągi śmigłowca. Techn. Lotn., r. 10, nr 6, list.-grud. 55, s. 159; A4, 12 str., 11 rys., 21 wykr., 9 poz. bibl. — Podstawowe zagadnienia osiągow śmigłowca. Aerodynamika śmigłowca została podana w zakresie niezbędnym do fizykalnego zrozumienia osiągow śmigłowca. Natomiast nie zostały w artykule poruszone: mechanika wirnika oraz stateczność i sterowność. Artykuł ogranicza się do omówienia jedynie śmigłowca jednowirnikowego ze śmigłem ogonowym, napędzanego silnikiem tłokowym. (a.)

139\* 629.138.68 ILot.  
Samolot treningowy na prędkości przydźwiękowej. „Transonic trainer”. Flight, t. 67, nr 2399, styc. 55, s. 49, A4, 1 str., 3 rys., 1 tabl. — Opis techniczny samolotu TF-86 będącego treningową wersją samolotu F-86F (Sabre). Porównanie obu samolotów. Zdjęcie samolotu TF-86 zostało zamieszczone w czasopiśmie Flight z dnia 3 września 1954 r. J. Sandauer.

140\* 629.136.3 ILot.  
Dobrovolsky J.: Samoloty odrztutowe. „Trysková letadla”. Křídla Vlasti, nr 13, czerw. 55, s. 296; A4, 2 str., 5 rys., Wskazano warunki wymagane przy dużych prędkościach samolotów — od silników: tłokowego i odrztutowego (tłokowy 3000 KM dla prędkości 600 km/h — to już 10000 KM dla prędkości 900 km/h; sprawność śmigła 0,8 przy 500 km/h 0,58 przy 950 km/h). Omówiono charakterystyczne cechy konstrukcji skrzydła, kadłuba i usterzenia samolotu szybkiego z silnikiem odrztutowym wbudowanym w kadłubie z otworem wlotowym w dziobie i dwoma kanałami doprowadzającymi, obejmującymi kabinę pilota. S. Madeyski.

141\* 620.178.3:629.13.002.3:621.882.1 ILot.  
Brilmyer H. G.: Badania zmęczeniowe śrub lotniczych. „Fatigue analysis of aircraft bolts”. Aero. Engng. Rev., t. 14, nr 7, lip. 55, s. 48; A4, 6,5 str., 3 fot., 4 rys., 8 wykr., 19 poz. bibl. — Porównanie własności zmęczeniowych przy rozciąganiu śrub typu Huckbolt ze śrubami normalnymi AN-4. Analiza wpływu wstępnego obciążenia rozciągającego na wytrzymałość zmęczeniową. Wyniki pomiarów przedstawione w formie wykresów wykazują, że własności wytrzymałościowe śrub Huckbolt są wyższe od śrub AN-4. J. Sandauer.

142\* 621.9-46:629.13.014.3.002.53 ILot.  
Obróbka płaszczyzn zwierzchnych. Frezowanie długich zwierzchnich płaszczyzn dźwigara, dopasowanego do profilu skrzydła. Konstrukcja obrabiarki przez adaptację. „Variable-angle machining. Milling aerofoil — matching contours on heavy rib-boom profiles: machine — desing by adaptation”. Airc. Prod., t. 17, nr 2, luty 55, s. 67; A4, 3 str., 3 rys. — Frezowanie dźwigara, którego powierzchnia na długości 2250 mm posiadała różne kąty dopasowane do profilu skrzydła. Ciężar dźwigara surowego wynosi 35 kg, zaś po obróbce 5 kg. Zaprojektowana obrabiarka była połączeniem zużytej tokarki i frezarki. Wykonanie trwało 8 tygodni, koszty były stosunkowo b. małe. Wrzeczono z frezem było nastawne pod różnymi kątami względem stołu, napęd silnikiem 3 KM za pośrednictwem przegubów. Wrzeczono jest dociskane pneumatycznie do dwóch szablonów. J. Luboński.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu lotnictwa. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i oddzielne jej działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 20 groszy. CIDNT wykonuje (za zwrotem kosztów) fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych zarówno Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.

**Tabela 33 Charakterystyka warstewki tlenkowej otrzymanej w różn. elektrolitach.**

Elektrolit	Charakterystyka warstewki	Obrobka warstewki w celu podwyższenia własności chroniących.
Roztwór kwasu siarkowego	Na aluminium warstewka bezbarwna. Na stopach z krzemem ciemnoszara. Skład warstewki-tlenek i wodorotl. alumini. Bardzo twarda, posiada wysokie własności elektroizolacyjne i adhezyjne. Porowata. Anoduje się stopy aluminium z zawartością miedzi nie wyższą od 8%	I Wyściernie różn. wypełniaczami: woskiem, parafiną, kalcem, olejem, lakierami, smarami i barwnikami. II Zanurzenie na 20 min. do 10-20% roztworu $K_2Cr_2O_7$ w temp. 90-100°C. Po wypełnieniu chromianem warstewka zabarwiona jest na kolor jasnozielony i staje się bardziej odporna na korozję.
Roztwór kwasu szczawianowego	W zależności od stosowanego prądu i od grubości warstewki, barwa jej zmienia się od jasno żółtej do ciemno brązowej. Można uzyskać grubość do 400 μm. Bardzo porowata i twarda. Duże grub. uzyskuje się przy prądzie stałym i chłodzeniu elektrolitu.	
Roztwór bezwodnika chromowego	Warstewka otrzymana na aluminium jasno szara, bardziej ciemna na stopach zawierających miedź i całkowicie ciemna na stop z krzemem. Grubość warstewki 3-4 μm. Własności chroniące i adhezyjne niższe od warstewek otrzymanych z roztworów kw. siark. i szczawian. Można je obrabiać stopami o zawartości miedzi do 5%	

**Tabela 34 Skład i warunki pracy roztworów do chemicznego utleniania magnezu i jego stopów.**

Lp.	Skład roztworów	Wzór chemiczny	Zawartość g/litr	Temperatura °C	Czas obróbki min.
1	Dwuchromian potasu Kwas azotowy c.w. 1,4 Chlorek amonu	$K_2Cr_2O_7$ $HNO_3$ $NH_4Cl$	50 110 1	70-80	2
2	Dwuchromian potasu Kwas azotowy Chlorek amonu	$K_2Cr_2O_7$ $HNO_3$ $NH_4Cl$	20 30 1	70-80	2
3	Dwuchromian potasu Kwas azotowy c.w. 1,4 Kwas siarkowy c.w. 1,84	$K_2Cr_2O_7$ $HNO_3$ $H_2SO_4$	150 100 7-8	18-25	2
4	Kwas selenowy Chlorek sodu	$H_2SeO_4$ $NaCl$	100 1-5	18-25	5
5	Kwas fluorowodorowy	$HF$	(20%)	18-25	5
6	Dwuchromian potasu Alum chromowopotasowy	$K_2Cr_2O_7$ $K_2Cr(SO_4)_2$	40 20	60-80	do 1
7	Dwuchromian potasu Alum chromowopotasowy	$K_2Cr_2O_7$ $K_2Cr(SO_4)_2$	50 10	60-80	do 1
8	Dwuchromian potasu Siarczan magnezu	$K_2Cr_2O_7$ $MgSO_4$	40 60	70-90	40
9	Dwuchromian potasu Siarczan magnezu	$K_2Cr_2O_7$ $MgSO_4$	20 60	70-90	40
10	Dwuchromian potasu Siarczan magnezu Siarczan manganu	$K_2Cr_2O_7$ $MgSO_4$ $MnSO_4$	50 30 30	80-90	30

Roztwory 1 i 2 dają dobre warstewki ochronne, zmniejszają one jednak w tym przedmiocie. Roztwór 3 stosuje się przy obróbce stopów o znacznej zawartości aluminium. Roztwory 4 i 5 mało zmieniają w tym przedm., podobnie roztwory 6 i 7. Roztwory 8, 9 i 10 wyczerpują się szybko podczas pracy, służą do uzyskiwania warstewki o czarnym zabarwieniu.

**Tabela 37 Skład i warunki pracy roztworów do oksydowania (czernienia) stali.**

Rodzaj warstewki	Skład roztworu g/litr			Temperatura kąpeli		Czas min.
	Wodorotlenek sodu	Azotan sodu	Azotyn sodu	przy zanurzeniu	przy wyładowaniu	
Zwyczajna 1) blyszcząca, kąpiel 1	650-700	50	200	135-137	140-142	do 90
kąpiel 2	700-800	100	100	136-138	142-145	do 90
Blyszcząca 2) ze zwiększoną odpornością korozyjną, kąpiel 1	800-900	25-50	-	140-145	140-145	5-10
kąpiel 2	1000-1100	50-100	-	150-155	150-155	30-45
Matowa odporna na korozję, kąpiel 1	1000	130	-	145-150	160-165	60-90
kąpiel 2	800-900	25-50	-	140-145	140-145	5-10
kąpiel 3	1300	50-100	-	163-165	163-165	20-30

1) Stosuje się jedną z kąpeli.  
2) Stosuje się kolejno obie kąpeli.  
3) Stosuje się kąpiel 1, lub kolejno 2 i 3.

**Tabela 35 Skład i warunki pracy roztworów do fosforowania stali.**

Rodzaj kąpeli	Skład roztworu g/litr	Temperatura °C	Czas min.
Zwyczajna	30-35	97-99	40-80
Przyspieszona	30-35	55-65	10-15
Zimna	27-33	30-50	2-3

**Tabela 36 Skład i warunki pracy elektrolitów do elektrochemicznego utleniania magnezu i jego stopów.**

Nazwa odczynnika	Wzór chemiczny	Zawartość g/litr	Temperatura °C	Prędkość prądu A/cm²	Czas min.	Mat. katodowy	
Wodorotlenek sodu	$NaOH$	50	25-30	50	3	30	zeleno
Węgiel sodu	$Na_2CO_3$	50	50	6	2	60	olowo
Dwuchromian potasu	$K_2Cr_2O_7$	100	50	6	2	60	olowo
Fosforan jednosodowy	$Na_2HPO_4$	50	50	6	2	60	olowo
Kwas chromowy	$CrO_3$	230	18-25	0,25-0,5	-	40-60	grafit
Węgiel manganu	$MnCO_3$	140	70-75	4	10-15	30-40	zelazo
Wodorotlenek sodu	$NaOH$	50-55	70-75	4	10-15	30-40	zelazo
Fosforan trój sodowy	$Na_3PO_4$	30-35	80-90	3-4	40	zelazo	
Wodorotlenek potasu	$KOH$	80-90	40-50	60-70	3-4	40	zelazo
Fluorek potasu	$KF$	300	40-50	60-70	3-4	40	zelazo

**Tabela 38 Skład w g/litr i warunki pracy roztworów do oksydowania kwaśnego.**

Skład roztworu	Dla metali żelaznych			Dla cynku i jego stopów	
	kąpiel 1	kąpiel 2	kąpiel 3	kąpiel 1	kąpiel 2
Kwas ortofosforowy	4-10	4-10	3-10	2-10	2-10
Azotan wapnia	70-100	-	-	70-100	-
Dwutlenek manganu ( $MnO_2$ )	10-20	10-20	10-20	-	-
Azotan baru	-	70-100	70-100	-	70-100
Preparat do fosforowania	-	-	30	-	-
Inhibitor organiczny	-	8-10	-	-	-
Temperatura kąpeli °C	100			80-100	
Czas procesu min.	40-45			30-40	

\* Patrz uwaga w tabeli 36.  
\*\* Jako inhibitory stosowane są różne substancje jak: mąka, żelazna, drożdże, piasek, anilina, chinolina, klej roślinny, produkty sulfonowania antracenu, produkty suchej destylacji węgla lub drewna i inne produkty przemysłu chemicznego.

## Skóry stosowane w konstrukcjach lotniczych

Skórę do celów technicznych, tak zwaną skórę gotową, otrzymuje się z surowca (skór surowych) pochodzącego z uboju bydła rogatego, cieląt, kóz, świń oraz koni i zwierząt morskich. Proces, w wyniku którego otrzymuje się ze skór surowych skóry gotowe — nazywa się garbowaniem.

Istota garbowania nie została dotychczas jeszcze dokładnie wyjaśniona. Ogólnie jednakże należy stwierdzić, że w wyniku procesów natury fizycznej i natury chemicznej w strukturze skóry surowej zachodzą zmiany, w wyniku których skóra uzyskuje cenne własności, jak elastyczność, pulchność, twardość, porowatość i inne. Uzyskanie takich czy innych własności skóry uzależnione jest od rodzaju i jakości użytego surowca, sposobu jego konserwacji i przechowywania, oraz od rodzaju garbowania. Z różnych sposobów garbowania najczęściej stosowane jest garbowanie w naturalnych wyciągach roślinnych, tak zwana wyprawa roślinna (metoda najstarsza, proces długotrwały) oraz garbowanie solami chromu — tak zwana wyprawa chromowa. W przypadku konieczności uzyskania specyficznych własności skóry stosuje się kombinacje metod powyższych, lub też inne metody, jak na przykład wyprawa tłuszczowa dla uzyskania szczególnej pulchności dla skór irtchowych.

Wpływ wyprawy roślinnej i chromowej na podstawowe własności skór przedstawiono w tabeli nr 1. W zależności od przeznaczenia skór i wynikających stąd ich własności, dobierany jest surowiec i rodzaj wyprawy.

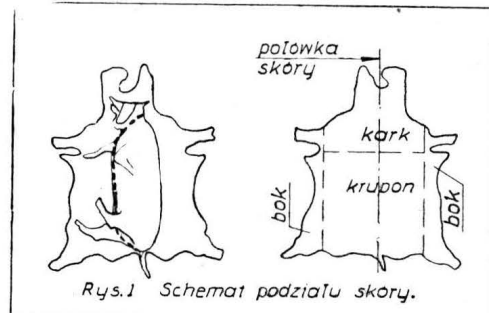
Według przeznaczenia skóry gotowe dzielą się na cztery klasy (wg GOST-2507-44):  
klasa I — skóra gotowa na obuwie,  
klasa II — skóra gotowa rymarsko-siodlarska,

klasa III — skóra techniczna,  
klasa IV — skóra gotowa odzieżowo-galanteryjna.

Skóry każdej klasy dzielą się według przeznaczenia na grupy i typy, zaś według cech surowcowych i technologicznych — na rodzaje.

Ważniejsze grupy i rodzaje skór technicznych oraz ich własności podane są w tabeli nr 2.

W przemyśle lotniczym w zależności od różnorodnego przeznaczenia (na obicia foteli, pasy, podkładki, uszczelki) stosowane są skóry różnych klas, grup, typów i rodzajów. Ważniejsze rodzaje skór stosowanych w przemyśle lotniczym oraz ich własności podane są w tabeli 3. Schemat podziału skóry podany jest na rysunku 1.



Rys. 1 Schemat podziału skóry.  
Opracował na podstawie dostępnej literatury mgr inż. H. Zatyka

**Tabela 1 Podstawowe własności skór gotowych w zależności od rodzaju wyprawy.**

	Skóry wyprawy roślinnej	Skóry wyprawy chromowej
ciężar wł. g/cm³	W zależności od rodzaju użytych środków garbujących waha się od 1,0-1,2	Około 0,8
Wytrzymałość na rozciąganie kG/cm²	Około 300. Przy użyciu specjalnego surowca i zastosowaniu przewlekłego systemu wyprawy wytrzymałość można podwyższyć do 400. Wytrzymałość na rozciąganie zależy przede wszystkim od rodzaju użytego surowca, sposobu jego konserwowania i przechowywania (np. skóry bawole odznaczają się dużą wytrzymałością na zmęczenie), od rodzaju i sposobu wyprawy. Na podniesienie wytr. znacznie wpływa wilgotność oraz zawartość tłuszczu w skórze (około 14%).	Około 350 - dla skór na pasy pędne. Przy użyciu surowca specjalnego (o grubym włóknie) można osiągnąć 500 i więcej.
Ciągliwość	Skóry wyprawy roślinnej odznaczają się małą ciągliwością. Formowanie skóry odbywa się po uprzednim jej nawilżeniu.	Skóry wyprawy chromowej są elastyczne i ciągliwe (odkształcona tkanka powraca do pierwotnego stanu). Duża ciągliwość skór chromowych utrudnia obróbkę mechaniczną półfabrykatów.
Odporność na wodę	Skóry wyprawy roślinnej a zwłaszcza skóry nie zawierające większej ilości tłuszczu, bardzo szybko chłoną wodę i ulegają rozmoczeniu.	Skóry wyprawy chromowej powolnie wsiąkają wodę i nie ulegają rozmoczeniu. Nawet roztwory lekko kwaśne i alkaliczne nie powodują nabrzmiewania tkanki. Skóra chromowa nie wiąże wody, lecz przepuszcza ją. Przepuszczalność wody zależy od stopnia natłuszczenia skór. Przy zawartości tłuszczu od 17-23% skóry stają się nieprzepuszczalne.
Odporność na działanie gorącej wody	Skóry wyprawy roślinnej są mało odporne na działanie gorącej wody. W temperaturze +50°C skóra kurczy się, a po wyschnięciu staje się twarda i łamliwa.	Skóry chromowe są odporne na działanie wody o temp. 100°C.
Zsychanie się (kurczenie się) skór	Sucha skóra wyprawy roślinnej poddana działaniu wilgoci w powietrzu od 0 ÷ 100°C wykazuje zwiększenie powierzchni o 60%. Przy suszeniu skóra kurczy się	Sucha skóra chromowa poddana działaniu wilgoci w powietrzu od 0 ÷ 100°C zwiększa swoją powierzchnię o 18%. Kurczenie się jest mniejsze dla skór natłuszczonych.

Tabela 2

Podział na grupy oraz własności fizyko-mechaniczne ważniejszych typów skór technicznych wg GOST 1898-48

Grupa skóry	Typ skóry	Rodzaj surowca	Kształt dostarczanych skór	Rodzaj wyprawy	Grubość mm	Zawartość w %			Wytrzymałość na rozciąganie kG/mm <sup>2</sup> min.	Wydłużenie w % przy obciążeniu kG/mm <sup>2</sup> średnie	Odporność na zginanie	
						wilgoci max.	tluszczu	tlenu chromu min.				
Skóry na pasy pędne	Krupony pasowe	Wółowe krowie	Krupony	Roslinna	4 i wyżej	16,0	12-18		2,5	15,0	Skóra nie wykazuje pęknięć po zgięciu próbki licem na zewn. o 180° na prom. 125mm-dla skór o grubości od 5mm do 15 mm - --- - - - - 5 ÷ 6 mm. 25 mm - --- - - - - grub powyżej 6 mm.	
				Chromowo-roslinna		16,0	12-18	0,6	2,5	15,0		
				Chromowa		16,0	8-12	3,5	3,0	18,0		
Skóry na części maszyn	Skóry na góńce (pikiery)	Wółowe krowie jałowicze	Krupony karki boki	Roslinna	4 i wyżej	16,0	5,0-7,0		2,0	8,0	Skóra nie wykazuje pęknięć po zgięciu próbki licem na zewn. o 180° na wałcu o $\phi$ 20 mm.	
				Chromowo-roslinna		16,0	5,0-7,0	0,6	2,0	8,0		
	Skóry na cholewy włókiennicze	Wółowe krowie jałowicze	Krupony	Roslinna	4 i wyżej	16,0	6,0-12,0		2,0		Skóra nie wykazuje pęknięć po zgięciu próbki o 180° na wałcu $\phi$ 20 mm.	
				Chromowo-roslinna		16,0	6,0-12,0	0,6	2,0			
	Skóry na transportery i podkładki	Wółowe krowie jałowicze	Krupony	Chromowa	4 i wyżej	16,0	7,0-12,0	3,5	3,0	30	Skóra nie wykazuje pęknięć po po złożeniu próbki w pół (licem na zewnątrz) i docisnięciu palcami w miejscu zgięcia.	
						16,0	24,0-30,0	1,8	3,5	35		
	Skóry na blice (dla przem. włókienniczego)	Wółowe krowie jałowicze	Krupony półkrupony	Chromowo-siarkowo-tluszczowa	4,0-5,0	16,0	24,0-30,0	3,5	3,5	35		
						16,0	24,0-30,0	3,5	3,5	35		
	Skóry maszynowe (na uszczelniki)	a lekkie	Wółowe jałowicze krowie	Krupony	Roslinna	2,5 i wyżej	16,0	min. 8		2,5	18	Skóra nie wykazuje pęknięć po zgięciu próbki licem na zewnątrz o 180° na wałcu o $\phi$ 20 mm.
					Chromowo-roslinna		16,0	min. 8	0,6	2,5	18	
					Chromowa		16,0	min. 8	3,5	3,0	25	
	Skóry maszynowe (na uszczelniki)	b ciężkie	Jałowicze krowie	Całe skóry	Roslinna	1,5-2,5	16,0	min. 8		1,75	15-30	Skóra nie wykazuje pęknięć po zgięciu próbki poczwornie (licem na zewnątrz) i nacisnięciu palcem w miejscu zgięcia.
Chromowo-roslinna					16,0		min. 8	0,6	1,75	15-30		
Skóry cylindrowe	Cielece	Całe skóry	Całe skóry	Roslinna	0,5-0,9	16,0	8,0-14,0		1,75	20		
				Chromowo-roslinna		16,0	8,0-14,0	0,6	1,75	20		
				Chromowa		16,0	4,0-7,0	3,5	2,5	20		

\* Grubość skór mierzy się w umownych punktach określonych przez odp. normy. \*\* Podział skóry przedstawiony jest na rys. Nr 1

Tabela 3 Własności fizyko-mechaniczne ważniejszych skór stosowanych w przemyśle lotniczym

Zastosowanie	Oznaczenie na rysunkach	Liczba gatunków	Nr normy lub War. Techn.	Nazwa skóry	Rodzaj surowca	Rodzaj wyprawy	Grubość mierzona w punktach określonych w normach mm	Zawartość w %			Wytrzymałość na rozciąganie kG/mm <sup>2</sup> min.	Wydłużenie w % przy obciążeniu kG/mm <sup>2</sup> średnio	Inne charakterystyczne własności	Kształt dostarczanych skór	Wygląd zewnętrzny		
								wilgoci	tluszczu	tlenu chromu							
Na pokrowce, ładownice amunicyjne i pasy	KZJuJa	4 gatunki w zależności od jakości i ilości występujących wad	GOST 485-49	Jucht cielęcy	Skóry cielęce	Roslinna Roslinno-chromowa	Skóry cienkie 1,5-1,8 oznaczone lit. „C” Skóry średnie 1,8-2,2 oznaczone lit. „S”				1,0		Przepuszczalność wody w cm/24god.	Jucht cielęcy w formie całych lub połówek skór.	Skóry wykonywane są jako gładkie z licem o równomiernym połysku lub tłoczone, w kolorze bezowym, czarnym, brązowym lub naturalnym.		
Na pasy i różnego rodzaju podkładki	KZJuS	4 gatunki w zależności od jakości wykonania	GOST 1875-48	Jucht na obuwie	Skóry świnięskie	Roslinno-chromowa Siarczynocelulozowa. Siarczynocelulozowo-chromowa.	Skóry grube 2,2-3 oznaczone lit. „G”	16,0	6-22	0,8-2	3,2	1,6	15-30	2,5	Jucht świnięskie w formie całych skór.	W postaci kruponów czapraczkowych.	
Na obszyta brzegów, pokrowce, pasy, fartuchy	KZO	5 gatunków w zależności od ilości i jakości występujących wad	GOST 1010-41	Skóra odzieżowa	Skóry owcze	Chromowa	Skóry cienkie 0,6-0,9 Skóry średnie 0,9-1,2	16,0	12,0	3,0		1,2	30-50		W postaci kruponów czapraczkowych.	Wykonywane w kolorze czarnym, brązowym oraz w kolorach jasnych.	
Na różnego rodzaju podkładki i pierścienie uszczelniające	KZP	4 gatunki w zależności od jakości wykonania	GOST 1010-41	Skóra na spody obuwia	Skóry bydlęce, wielbłądzie, konskie, świnięskie, oraz zwierząt morskich (delfin, fok, itp.)	Roslinna Chromowa Kombinowana roslinno-siarczynocelulozowa.	Kategoria: 1-sza powyżej 5 2-ga 4,5 ÷ 5 3-cia 4,0 ÷ 4,5 4-ta 3,5 ÷ 4,0 5-ta 3,0 ÷ 3,5 6-ta 2,5 ÷ 3,0	16,0	4,0	2-3			Wytrzymałość w % przyrost ciężaru po 2 godz. moczenia	45	Całe skóry, półowki, krupony.	Kolor jasny	
Na pierścienie uszczelniające i podkładki	KZUCh	3 gatunki w zależności od ilości i jakości wad.	TU-3613	Krupon chromowy	Skóry bydlęce (bycze i jałowicze).	Chromowa	Kategoria: 1-sza powyżej 5 2-ga 4 ÷ 5 3-cia 3 ÷ 4 4-ta 2 ÷ 3	19,0	6-10	3-5		2,5	wiecej 15	Odporność na zginanie. Skóra nie pęka po zgięciu próbki na wałku o $\phi$ 20 mm.	Krupony	Kolor jasnoszary.	
Na obicia wnętrza, poduszki siedzeń, pokrowce i podkładki	KZW	7 gatunków w zależności od jakości wykonania	GOST 939-41	Skóra chromowa	Skóry cielęce, jałowicze, krowie, świnięskie, zreblicie, konskie, kozie i psie.	Chromowa	Cienkie 0,4 ÷ 0,9 w zależności od rodzaju skóry. Średnie 0,7 ÷ 1,6 Grube 1,0 ÷ 1,8 Bardzo grube powyżej 1,8	16,0			27-35	10-25	15-40	Zawartość składników wylukiwanych w spirytusie metylowym w % ciężaru	3-10	Całe skóry, półowki, przodki konskie.	Wykonywane są z liczkiem: naturalnym, szlifowanym (nubuki), jako gładkie lub ze wzorem nacisk. lub wycisk. od str. mizdry (welur) w kolorach różnych.
Na ścierki, przkładki, filtry	KZZ	W zależności od jakości i il. wad, zamsta do celów techn. klasyfikuje się na 2 grupy	GOST 3717-47	Zamsz	Skóry łosięwe, owcze, kozie i cielęce	Tluszczowa	Cienkie 0,4-0,7 Średnie 0,7-1,1 Grube 1,1-1,5 Bardzo grube powyżej 1,5	24				8-10	0,7-1,5	45-60		Całe skóry	Wykonywane w kolorze naturalnym lub barwiony
Do szycia pokrowców, pasów itp. na przkładki, na pasy	KZS	4 grupy w zależności od jakości i ilości wad.	GOST 1562-42	Skóra surowa	Skóry bydlęce, wielbłądzie, i świnięskie.		1,4-3,5	32	14			50-70	~35,0		Całe skóry	W kolorze naturalnym	
Na hełmy lotnicze		5 gatunków w zależności od jakości i ilości wad	GOST 1869-42	Skóra na hełmy lotnicze	Skóry owcze	Chromowa	0,5	16,0	12	3,0		1,4	28-45		Całe skóry	Wykonywane jako czarna i kolorowa	

\* Skóry welurowe wyrabiane są przeważnie z surowca cielęcego lub koziego. Skórę stosuje się mizdrą na zewnątrz. Na powierzchni mizdry wyciskany jest wzór. Do wyrobu skór nubukowych (ze szlifowanym liczkiem) stosuje się skóry cielęce.