

工場事業場技能者養成令準據

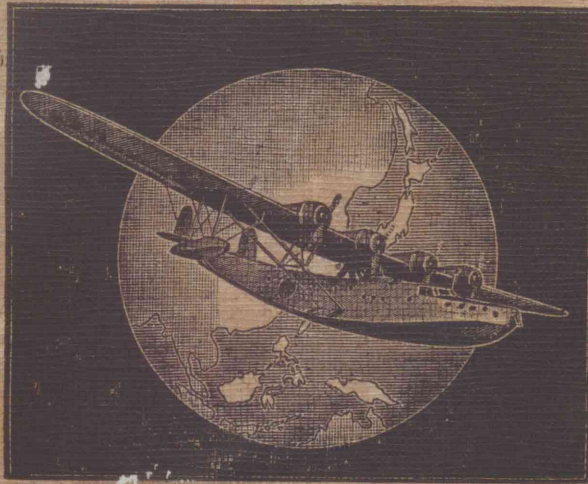
技能者養成テキスト

航空機工作の基礎

監修

東京帝國大學教授
工學博士

富塚清



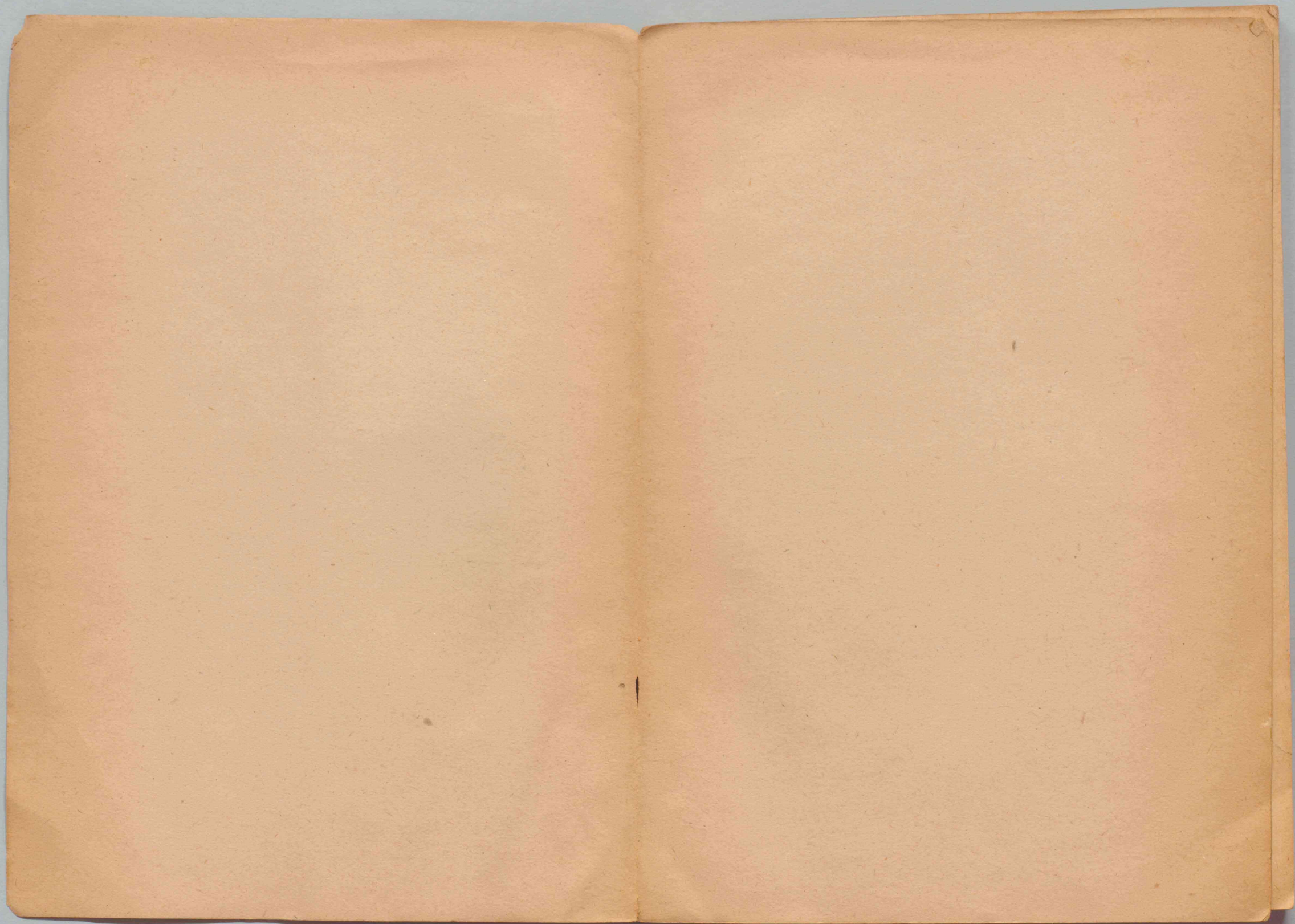
群馬県立図書館



0703905-0

術教育協會編





工場事業場技能者養成令準拠

技能者養成テキスト

航空機工作の基礎

監修

東京帝國大學教授

工學博士 富塚 清



日本技術教育協會編

序

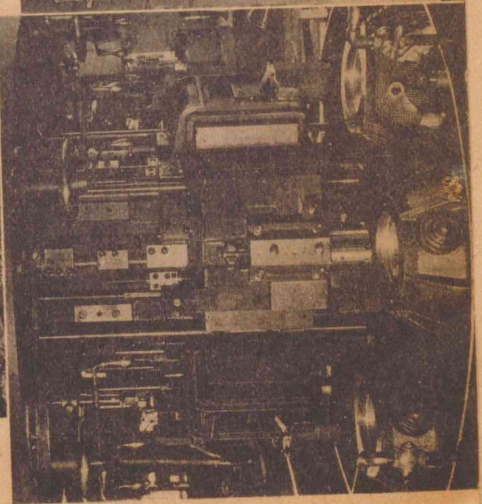
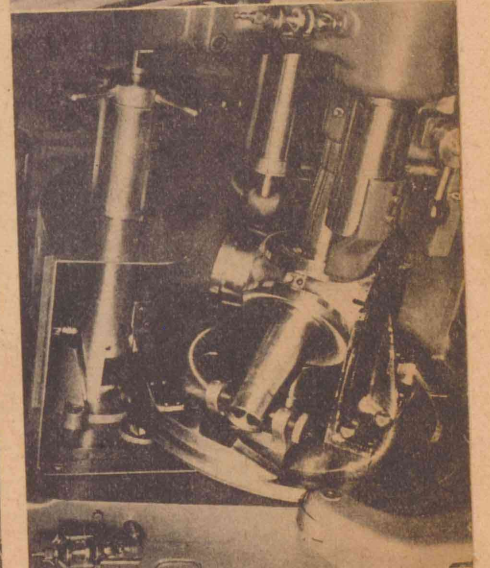
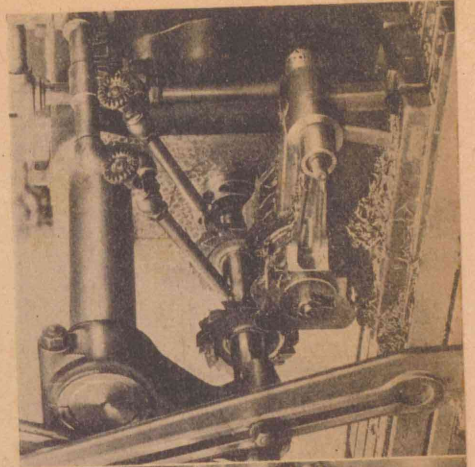
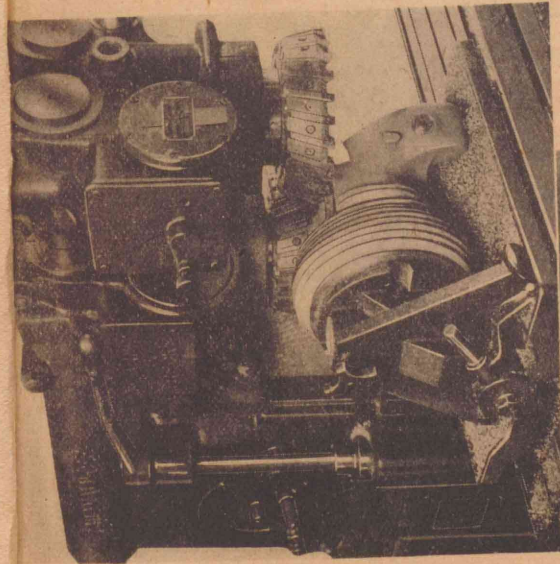
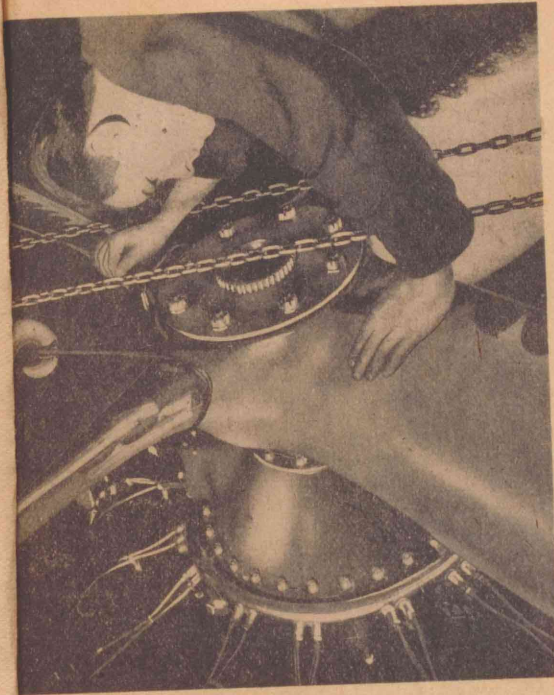
航空機工場へ入職する少年諸君は、殆ど一人残らず大きな夢を持つて居る。今まで、國民學校で模型飛行機を手がけて居たさながらに、本物の飛行機をいぢれると思ふのである。ところが入つて見ると大あて違ひで、しばらくの間は出来上りのものにさはるはおろか、碌々近よつても見られない。はじめの中は、来る日も来る日もハンマ振りや鑿かけの練習である。それがすんだと思ふと、どこにつか皆目見當もつかない小部品の製作である。それを完全につくり上げること、それを一つでも數多くつくること……それが少年工諸君に課せられた今日の最大の任務であり、それを果すことによつて航空戦力の實質的増強が期せられるに相違ないのだが、その仕事の價値が少年達には中々判らない。つい幻滅を感じ、その心の隙に悪魔のつけ入ることが往々にしてあるといはれる。

さういふことに陥らないために色々の注意が拂はれてゐるが、一番根本的で有効と思ふのは、教育である。仕事の本質を理解させ興味を感じさせ、またわざを上げさせ、そのわざの上つた喜びを感得させるのである。

教育の一助として教科書がある。一般的な機械工作法の教科書の採用も利かないことはないが、何せ航空機は一般機械に比し、格段に軽く、併も責任は重い。だから轉用では、稍のんびりしすぎる嫌ひがなくはない。よつて特に航空機の工作の教育を目標とする教科書の必要が感じられるわけであるが、何分この工業の若い關係で、今日迄、適當な物が見當らなかつた。今回、日本技術教育協會では、その欠陥を補はうとの目的で技能者養成テキストを編纂することになつた。多數の練達の士が非常な熱意を以て之に當られるので定めしい本が出来ると思ふ。尙發刊後も良心的にたゆまず改訂を加へる肛と承るから、日進月歩のこの技術の進歩に充分歩調をあはせ得るのみならず、やがては充分それに先行し得ることもならうかと期待する。幸ひに江湖の利用を望む。

昭和十八年二月二十九日

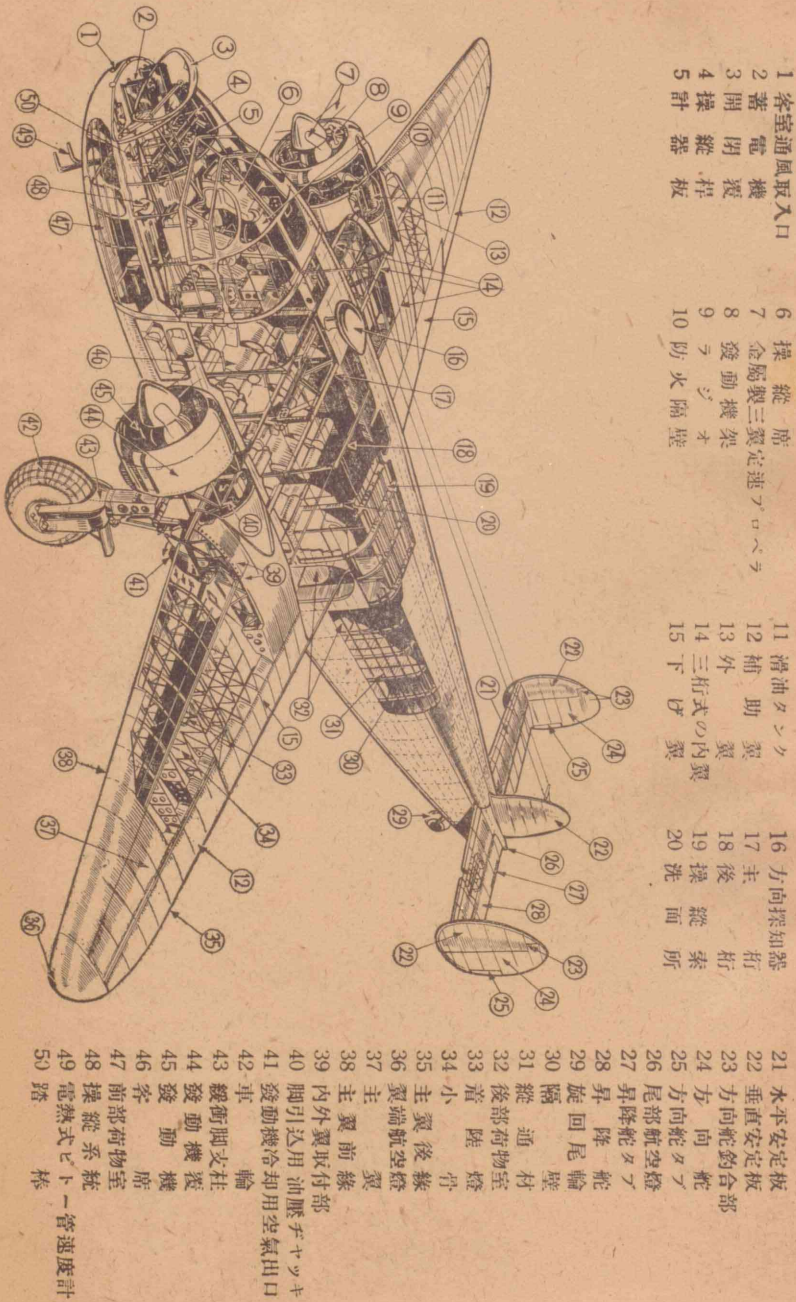
東京帝國大学教授
工学博士 富塚 清



凡 例

1. 本書は、曩に本協會が計畫せる業種別技能者養成テキスト體系の一部をなすものであつて、航空機工業關係の工場における養成工に對する初期の一般的綜合的教育指導を目標として編纂されたものである。
2. 今日航空機の増産は、國家の主上命令である。このとき、航空機工業に挺身せんとする國民學校卒業直後の少年工に對し、航空機そのものの使命、高度に技術化され、分業化された航空機の生産組織を理解せしめ、大部分農村出身者であるこれら少年工をして、工場そのもの或は近代的生産様式に順應する能力を得せしむることが本書の主眼である。
3. 形としては、本書をもつて一般的基礎を終るわけであるが、本テキストの體系および養成令の主旨から見れば、専門學科および基礎學科につながるものである。
4. 本書は、正規の授業時間においてのみ取扱はるべきものでなく、多忙なる生産活動の餘暇等を利用して、或は獨習させることも可能である。
5. 航空機についてのこの程度の知識は、航空機工

旅客機の構造



1 客室通風取入口
2 著閉機
3 閉機
4 閉機
5 閉機

6 操縦桿
7 金屬製三翼架
8 發動機
9 防火隔壁
10 防火隔壁

11 滑油タンク
12 補助翼
13 外翼
14 三桁式の内翼
15 下翼

16 方向探知器
17 主翼
18 後翼
19 機翼
20 機翼

21 水平安定板
22 垂直安定板
23 方向舵鉤合部
24 方向舵
25 尾翼
26 昇降機
27 昇降機
28 昇降機
29 昇降機
30 昇降機
31 昇降機
32 昇降機
33 昇降機
34 昇降機
35 昇降機
36 昇降機
37 昇降機
38 昇降機
39 昇降機
40 昇降機
41 昇降機
42 昇降機
43 昇降機
44 昇降機
45 昇降機
46 昇降機
47 昇降機
48 昇降機
49 昇降機
50 昇降機

業に従事する全勞務者にとつて必須的なものであるが、特に技能者養成教育における専門學科、基礎學科はこれを基礎として發展すべきものである。

6. 最後に、本書の編纂に當つて御多忙中多大の御協力を賜はつた下記諸氏に對して、深甚の謝意を表する次第である。

東京帝國大學 助教授
帝大航空研究所員

山本 峯 雄 氏

帝大航空研究所技手

寺田 武 信 氏

眞室 二 郎 氏

山田 義 也 氏

昭和18年2月

日本技術教育協會

目 次

1. 大東亞戰爭と航空機	1
2. 航空機の發達	4
航空機が飛ぶまで	4
最初の動力飛行	7
飛行機進歩の跡	8
各國の航空機と航空機工業	12
3. 航空機の種類	21
輕航空機	21
重航空機	22
飛行機の種類	26
4. 飛行機はなぜ飛ぶか	29
空氣の抵抗	29
翼の働き	32
翼の形	33
翼の性質	35
下げ翼と隙間翼	37
飛行機に働く力	38
飛行機の安定	41
プロペラ	42
5. 航空發動機	47
6. 飛行機の構造	57
構造一般	57

構造による分類	57
飛行機の構造部分の名稱	63
主翼の構造	63
胴體の構造	70
胴體の分類	71
尾翼の構造	75
操縦装置	76
降着装置	78
陸上機脚	79
水上機浮舟	82
艇體	84
發動機架	85
7. 飛行機のできるまで	87
飛行機工場とはどんなところか	87
飛行機の設計と製造計畫	92
發動機工場	97
プロペラ工場	111
機體工場	113
板切工場	122
板金工場	124
集成工場	130
翼工場	135
胴體組立	138
總組立	140

(本書掲載の寫眞は、陸軍省報道部檢閲済)

海鷲の兄から働く弟へ

〇〇基地にて

志茂與一郎

喜一郎。お前のたより昨夜落手した。生きて再び手紙の返事など書いてゐる自分を思ふと、感慨無量で、やたらに涙ばかり出て仕方がない。

わが海軍のハワイ襲撃で、内地がわき立つてゐる様子は、ラジオその他で知つてゐる。僕もその空軍の一人だつたのかと思ふと、何だか夢のやうだ。誇る氣持などは少しも起らない。自分が何をやつて來たのかも頭に残つてゐない位だ。ただ、母艦出發の時から、全身ただもう火の玉のやうで、上官の命令と雲の多い大空だけが、今も耳と目に焼きついてゐる。死に行くんだといふ氣持も別になかつた。もちろん生きて歸ることなんか全然考へてゐなかつた。平氣だつたといへば生意氣に聞えるだらうが、ほんたうにさうだつたんだから仕方がない。しかしこれはやはり僕が少しあがつてゐたのだと思ふ。後で上官から「このたびの成功も、ひとへに天皇陛下の御稜威の賜物である。同時に、われわれの戦ひが正義の戦ひであること、お前達は言はば神兵で、日頃の訓練もそれにふさはしかつたこと、そこに神助も授けられたこと、また、魂こめてわれわれの愛機の製作にあつた銃後國民のおかげだ。」

と言はれて、はつと胸にこたへた。

1. 大東亞戦争と航空機

大御稜威のもと、わが皇軍が海に陸に空に、どのやうな戦果をあげてゐるか、それは今さらいふまでもなく、諸君がよく知つてゐよう。

その大戦果は、一たい何によつてあげられたのであらうか。それは實にわが陸海軍が、世界に冠絶した實力をもち、ことに優秀な航空部隊をもつてゐるからである。

とくに、大東亞戦争と歐洲戦争とにおける空軍の活動は實に目ざましく、空軍こそ近代戦の花形であり、その強弱は、一國の運命を決するものであるといふことができる。

今日世界各國の重工業が、その全力を軍需品の製作にかたむけてゐる中にも、とくに世界の眼は、航空機工業に注がれてゐる。しかも航空機のやうに、進歩改良がはげしく、昨年の新鋭機は、今年は舊い飛行機になるといふやうなありさまで、現在何千機、何萬機をもつてゐるといふことよりも、明日第一線で活動でき

喜一郎。たしかにさうだ。ハワイ襲撃の大成功をもたらした一つの原因は、われわれが塔乗した飛行機の優秀性だつたと思ふ。塔乗者の誰一人自分の愛機に不安をいだかなかつたといふことは、目に見えない大きな力であつた。また、格闘力においてわが海鷲は世界一だと教へられてゐたことが、はじめて實戦にのぞんでみると、全くその通りだつたことを、みんなが語り合つてゐる。

このことをはつきり知つて、いま飛行機製作の工場に働いてゐるお前を弟に持つ僕の喜びを、どうか察してくれ。僕一人で戦つたのではない、僕の愛機のどこかにお前の精神が同乗してゐたのだといふ氣持で一ぱいだ。そしてこの氣持が、それからの僕をどんなに勇氣づけてゐることだらう。僕ばかりではない。戦友の誰もが同じ氣持をいだいてゐるんだ。

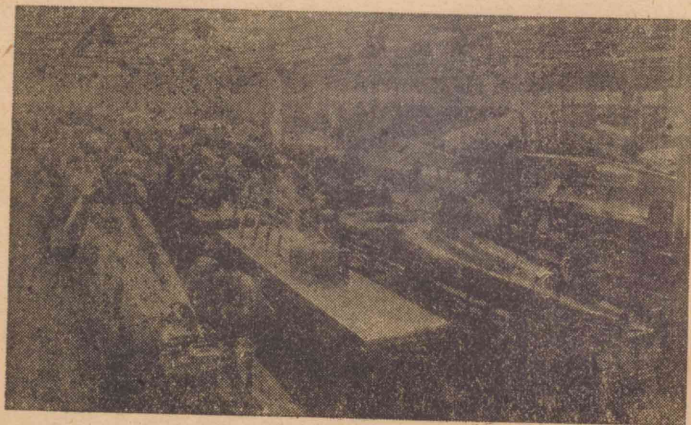
喜一郎。お前の任務は大きく重いぞ。どうか、兄を思ひ、日本を思ふ精神で、一つの銃にも魂をこめてくれ。僕はお前のつくつたその飛行機に乗つて、きつときつと大東亞の空を守る決心だ。

父上母上にも、便りの行かない時があつてもご心配なきやう、お前からくれぐれも勵ましてくれるやうに頼む。明日はまた〇〇方面への出動だ。萬一再會の日があつたら、お前のたくましい熟練工姿を見るのを何よりのたのしみにしてゐる。次に近詠一首。

わがほねはよしくちるともわが魂は
天地のまにひろごりまさむ

るやうな新鋭な飛行機を、一日に何臺生産することができるかといふ力が問題になつてくる。

しかも航空機工業は、一國の工業の綜合された力を代表するものであつて、一つの飛行機をつくり上げるためには、國のあらゆる智能をかたむけ、全國の津々浦々から何萬何十萬といふ人の手を経て、あらゆる材料が集められ、その尖端に立つて航空機工業が前進しなければならないのである。



第1圖 反撃に日夜をわかつたぬアメリカの飛行機工場

今や一刻の餘裕もなく、國家のあらゆる力を總動員して、米英撃滅の戦ひをおし進めなければならないとき、その戦ひの責任はほかでもなく、國內のわれわれの双肩にかかつてゐるのである。飛行機 50 機を失へ

ば 100 機つくり、100 機失へば 200 機つくつて、常に敵より優位に立たなければならない。

もしも飛行機 500 臺の製作を引受けた工場が、300 臺しかできず、残り 200 臺の製作が約束の期限におくれるやうなことがあれば、それは前線で飛行機 200 臺をもつ部隊が全滅したと同じ結果になる。飛行機の生産力は、軍のあらゆる作戦と直接結びついてゐるのである。

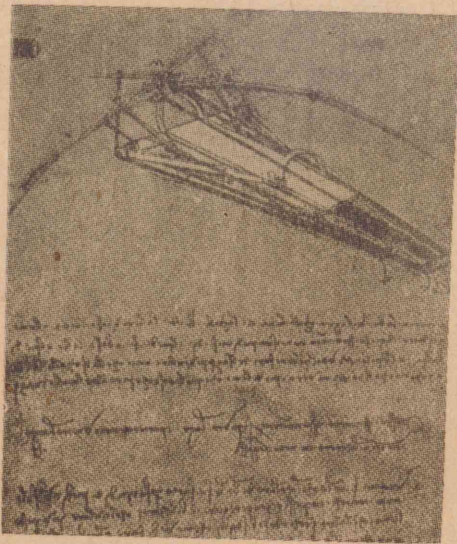
これから航空機工場に働くわれわれの任務は、前線で敵弾を身に受けながら戦つてゐる兵士におとらず重大であることを覺悟しなければならない。

2. 航空機の發達

航空機が飛ぶまで

遠い昔から、人間は大空を飛びまはることを夢みてゐた。大空を鳥が思ふままに飛びまはるのを見て、もつと高く、もつと廣く自由に飛びたいといふ希望から、大空へのあこがれが生れてきたのであらう。

西曆 1,500 年ごろ、イタリヤの天才レオナルド・ダ



第2圖 ダビンチの飛行機

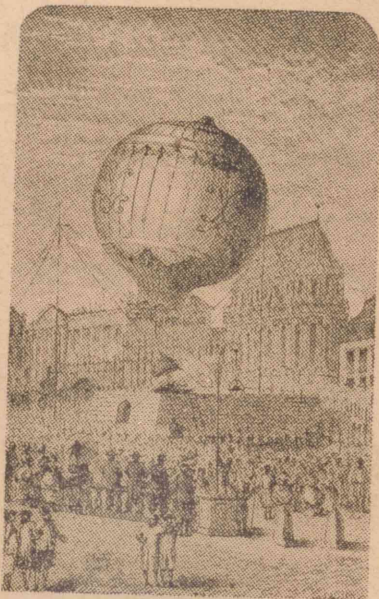
ビンチは、鳥の飛ぶ有様をいろいろの方面から研究して、つひに第2圖のやうな飛行機的设计をつくり上げた。しかしながら残念なことに、その頃にはまだ肝心の發動機がなかつたので、人力によるよりほかに方法がなかつた。ところが、體重を空に浮べるのには、人間の力はあまりに貧弱なため、つひにこれは單なる机の上の考として終つてしまつた。

中世紀ごろから科學が非常に進歩し、とくに液體や氣體の性質についての研究がいちじるしく進んだ。そして、空氣よりも軽い装置、すなはち氣球を考へ出すにいたつた。それは燈火に使ふガスが、空氣よりはるかに軽いことを應用したもので、そのガスを紙でつくつた氣囊にみたして、それとともに人や物を空に浮べようといふわけであつた。しかし、この考について行はれた最初の試験は、失敗に終つてしまつた。その主な原因は、そのとき使つた氣囊の紙が薄くて、ガスがもれてしまつたからである。もれないやうな厚さにすれば、全體が重くなつて、今度は飛べなくなつてしまふのである。それから約100年以上もすぎ、18世紀の終りごろ、はじめて人間は空にのぼることができた。それはイタリヤ人ルナルディと、フランス人モンゴル

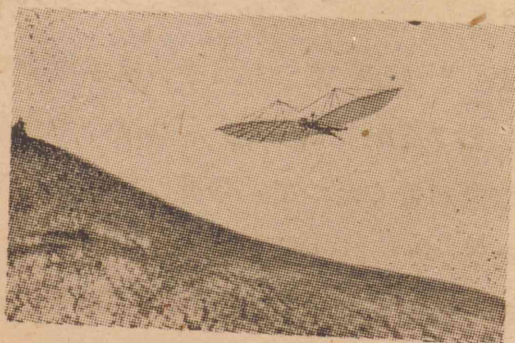
フィエである。この成功の鍵となつた最初の気球は、直径がおよそ10米の气囊で、絹布に油をひいてつくつたものであつた。

一方、空気よりも重い機械、すなはち飛行機についても、この頃いろいろな研究がつづけられた。鳥が羽ばたきをせずに、空中に浮

んでゐるやうに、發動機なしで飛ぶことのできる滑翔機（グライダー）が生れた。中でも最も有名なのは、



第3圖 最初の気球



第4圖 オット・リリエントールの滑翔機

ドイツのオット・リリエントールが1,890年ごろ、第4圖のやうな滑翔機をつくり、それで約2,000回も飛翔して、その間に空気力學上のいろいろな貴い研究を成しとげたことである。しかし惜しいことに、1,896年彼は滑翔の最中に墜落して、尊い犠牲となつてしまつた。

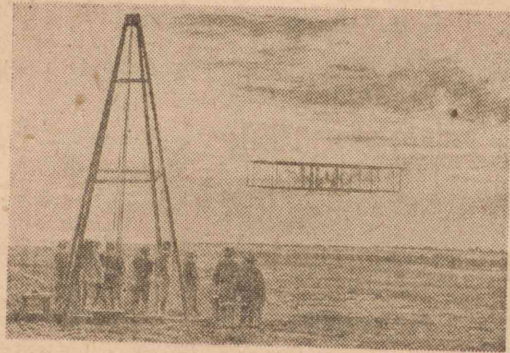
最初の動力飛行

滑翔機に動力を取りつければ、飛行機ができるわけである。

18世紀の終りごろ、フランス人のクレマン・アデルは、非常に軽い蒸氣機關を試作して、それを取りつけた飛行機をつくつた。そしてやうやく地面をはなれることができたが、二、三十米飛んで墜落し、結局失敗に終つた。

1,903年の12月17日は、アメリカのライト兄弟によつて、世界最初の飛行が行はれた日である。そのときの記録は飛行時間59秒、距離260米で、使はれた動力は、わづかに24馬力のガソリン・エンジンであつた。

もともとこの二人は自轉車屋で、つねづね大空を征



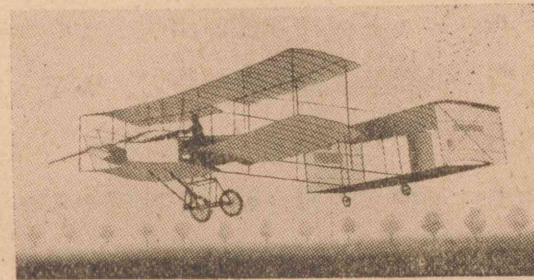
第5圖 人類最初の飛行

服しようといふ熱望に燃えてゐた。まづ滑翔機をつくつて、それで空中滑走をこころみ、特に安定といふことについては、いろいろの改良や工夫を加へて十分に自信をえてゐた。また一方では、できるだけ軽い發動機を製作しようと努力してゐた。これらの成果が、つひに飛行の成功をもたらしたのである。

彼等はなほ熱心な研究をつづけ、2年後の1905年10月には、39 分の飛行に成功した。

飛行機進歩の跡

ライト兄弟が成功してから、ヨーロッパ諸國では飛行熱が非常に盛になつてきた。中でもフランスはその研究に最も熱心で、ブレリオやファルマンのやうな有名な飛行家がつづいてあらはれた。そしてブレリオは、



第6圖 初期の飛行機

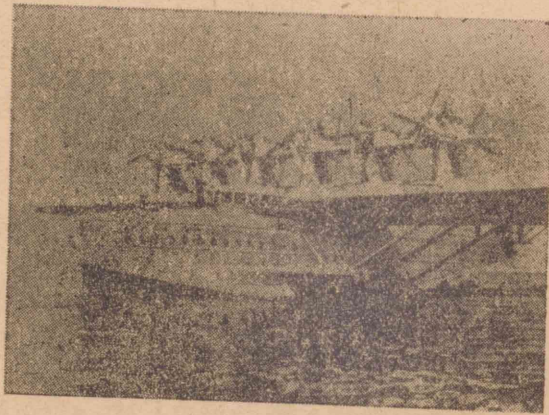
1,909年にはじめて英佛海峡を横斷して、いよいよ飛行機の眞價を世人に認めさせた。そのときの飛行機は、もちろん全部木製であつた。

第一次歐洲大戰が1,914年におこり、各國は飛行機を兵器として使つたので、その進歩發達はめざましかつた。この4箇年の大戰中に、例へば速度は毎時100 分から200 分に、數量も戦争がはじまつた當時には、交戰國のものを全部あはせて100 臺そこそこであつたものが、停戦のときには總數17,000 臺に達したほどである。

平和が回復してからは、飛行機の實用時代に入り、航空輸送がいちぢるしく發達した。またその時代から、世界各國の間で航空争覇戦がはなばなしく展開されてきた。アメリカ人リンドバーグのニューヨーク、パリ一間の大西洋無着陸横斷飛行や、ドイツの51 吨巨人

飛行艇ドルニエ・ドックス號の出現。それから太平洋無着陸横断、世界早まはり飛行など、かぞへきれないほどである。

技術的には翼型が改良され、下げ翼や引込脚、可變ピッチプロペラなどといふ進歩した装置が、つぎつぎ

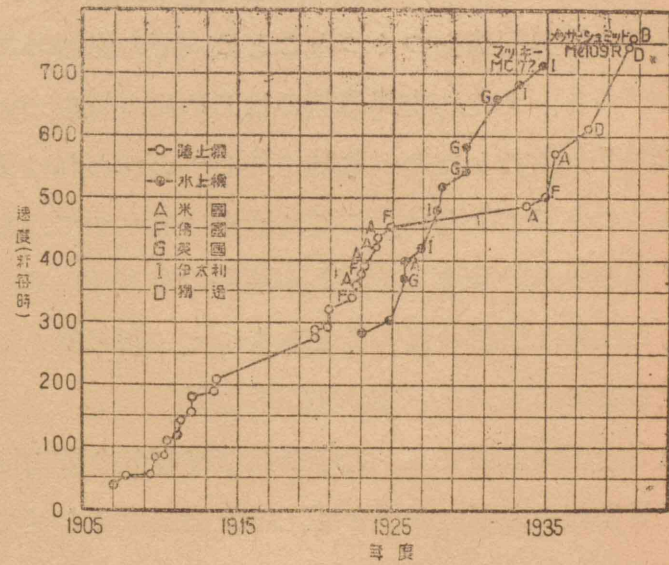


第7圖 ドルニエ・ドックス飛行艇

と實用上役立つやうになつた。また空氣力學や、構造力學などといふ學術の方面でも、ますます深い研究が行はれた。これら各方面の進歩發達が綜合されて、近代の低翼單葉機があらはれるやうになつた。また、飛行機をつくる材料からいつても、木製から木金混製、全金屬製とかはつてきた。一方その製作方面でも、最初の本工細工の状態から、わづかに二、三十年の間に

今日のやうな數萬の人員を收容することのできる、何千噸といふ大きなプレスさへ備へつけられた巨大工場ができるほどになつたのである。

航空技術の先驅者は、記録機である。これまでに述べたやうな進歩の跡は、その記録がよく物語つてゐる。飛行機の世界記録としてきめられてゐるものには、速度、高度、直線航續距離など全部で4種目ある。その中で、最も興味のある速度記録は、次の通りである。

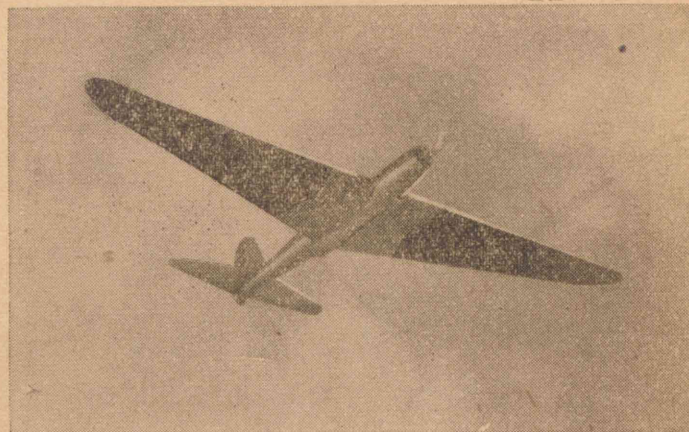


第8圖 速度の記録

各國の航空機と航空機工業

日本——わが國では、明治 43 年に日野、徳川の兩大尉が、はじめて飛行をこころみてからこの方、30 年餘の歴史をもつてゐるが、歐米にくらべると、その出發と初期時代の進歩は大變おくれてゐた。しかし、最近とくに支那事變前後を境として、非常に進歩した。昭和 12 年に神風號が東京、ロンドン間を翔破したことや、その翌年の 5 月に航研長距離機が周回飛行で 1,1651 軒の世界記録をつくつたことは、その進歩のあらはれである。また、支那事變のはじめに、嵐について渡洋爆撃を敢行したわが荒鷲の姿を、われわれはまだ忘れることができない。ここに歴史はじまつて以來の大東亞戦争が勃發するや、わが陸海の空軍は、その精神力と技術と機材の優秀性とをもつて、敵米英をふるひ上らせてゐる。

航空機工業方面でも、近年各航空機會社の整備擴張と新興會社の力強い進展とで、歐米諸國にくらべても何等見おとりしないまでになつた。今後われわれの進むべき道は、性能の向上はいふまでもなく、組織の改善、大量生産方式の研究、そしてその生産にたづさは

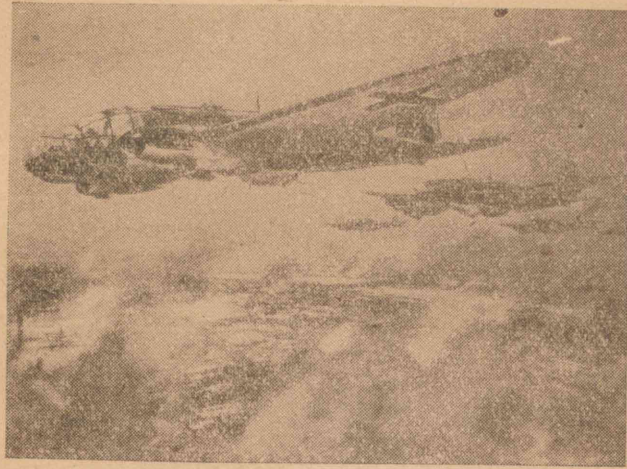


第 9 圖 世界記録をつくつた航研長距離機

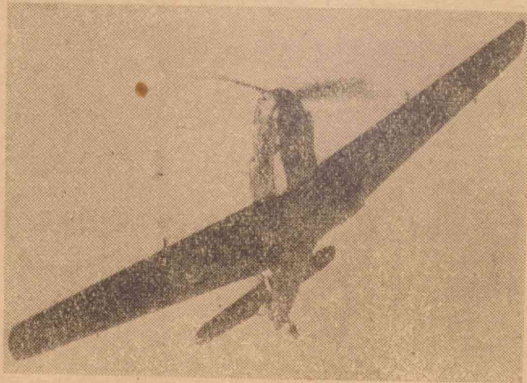
る産業戰士の精神力とによつて、能率の増進をはかり、現在の生産戦を勝ち抜くことである。

ドイツとイタリー——われわれが、この二つの盟邦に大きな關心をもつてゐるのは、その技術がすぐれてゐるからばかりではない。その國情が、わが國と非常によく似てゐるからである。

ドイツは第一次歐洲大戰の後、ベルサイユ條約によつて軍用飛行機の製作を禁止された。しかし、今後は航空兵力が偉大な効力を發揮することを見とほして、その研究にあらゆる努力を傾けた。そして、1,935 年ヒットラーが再軍備を宣言してから、今日の壓倒的に優勢な空軍の實現を見るやうになつたのである。



第10圖 ハイネル He 111型爆撃機



第11圖 メッサerschmitt Me109 型単座戦闘機

最近の代表的な飛行機を二、三ひろつてみると、まづ単座戦闘機のメッサerschmitt Me109 型機と、ハイネル He113 型機がある。これらと同じ種類の飛行機は、相前後して速度の世界記録をつくつた。急

降下爆撃機ユンカース Ju-87 型機は、あまりにも有名である。中型爆撃機ではハイネル He111 型、ドルニェ Do215 型、ユンカース Ju-88 型などで、航空兵力の主力をなすだけに優秀なものがたくさんある。その性能はどれも 2 噸の爆弾を積んで毎時 500 軒の速力を出す



第 12 圖

ことができるものである。ユンカース Ju-87 型急降下爆撃機
そのほか重爆撃機、偵察機、飛行艇など、他國に誇れるものをたくさんもつてゐる。

しかしながら、われわれが注目しなければならないのは、これらの優秀機をつくる航空工業である。現在ドイツには、飛行機會社が 35 社あつて、73 の工場をもつてゐる。とくに世界一といはれてゐるハイネル會社のオラニェンブルヒ工場は有名である。

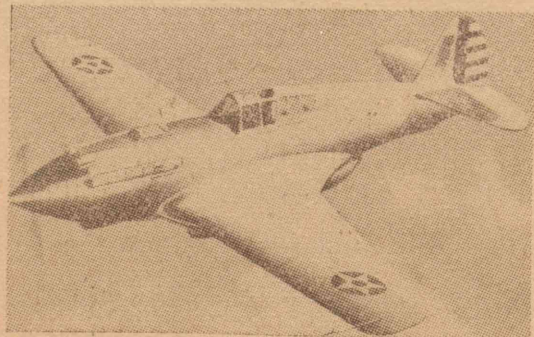
イタリーは 1,933 年 7 月、24 機の編隊でローマ、シカゴ間の大飛行を行つて、その實力を世界に示した。

現在使はれてゐる精鋭フィアット G50 型戦闘機、サボイアマルケッチィ SM9 型爆撃機等は、實にこれまでの努力の結晶であるといへる。

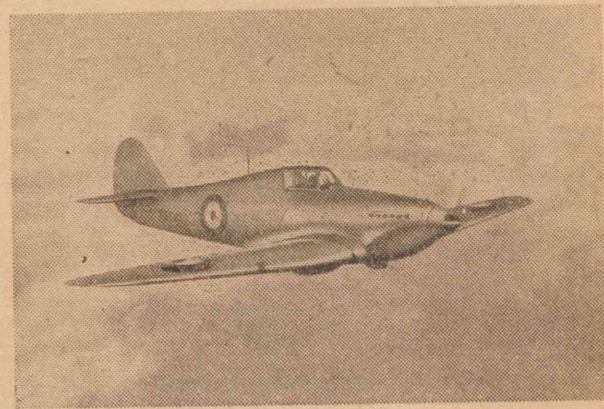
イタリー航空工業の特色は、木製飛行機の多いことである。その代表的工場であるサボイヤでは、水上機の艇體など、ほとんどすべて木材を使つてゐる。これは資源がとぼしいからであるが、木製はまた多くの利點をもつてゐることを見のがせない。

アメリカとイギリス——敵米英の航空兵力の大勢を知ることは、きはめて大切なことである。

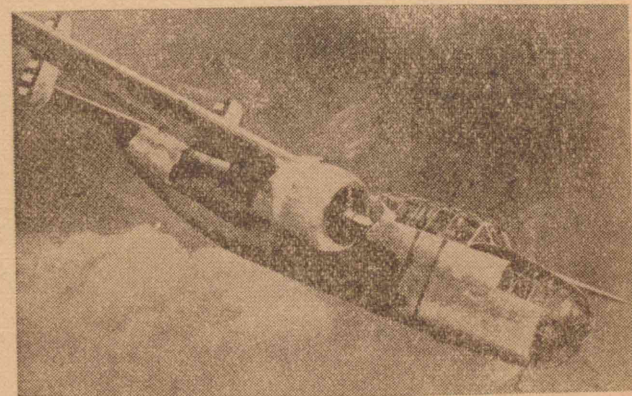
この兩國は、物質文明の進んだ資源の豊富な國であつて、その航空方面の歴史も古く、現在多くの優秀機をもつてゐる。試作當時に、時速 800 軒を出せると騒がれたアメリカのロッキード P-38 型をはじめ、ベル



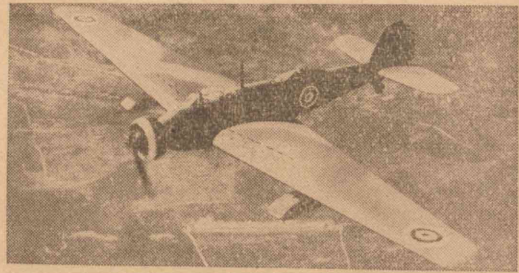
第13圖 カーチス P-40 型戦闘機



第14圖 ホーカー・ハリケン戦闘機



第15圖 ノースアメリカン B-25型爆撃機



第16圖 ビッカース・ウェルズレイ長距離爆撃機

P-39, カーチス P-40 型などの戦闘機がある。

イギリスでは、なんといつでもスピットハイアや、ホーカー・ハリケン機をあげることができる。これらはいづれも毎時 600 軒から 650 軒の速度を出すことができる。爆撃機ではアメリカのマーチン B-26 型、ロッキードハドソン、ノースアメリカン B-25 型などの中型と「空の要塞」と呼ばれるボーイング B-17 型の重爆撃機が有名である。イギリスのビッカース・ウェルズレイ機は、主翼と胴體とを大圈式構造といふ籠編みのやうな特殊の構造にして、機體の重量を軽くしてある。これはそれだけ燃料と爆弾をたくさんのせることができるので、長距離爆撃に使はれてゐる。最近アメリカで、65 噸のダグラス B-19 型機や、マーチンの 85 噸飛行艇などの超大型機があらはれやうとして

ゐる。

アメリカはこのたびの大戦で、非常に多くの飛行機を必要とするが、現在の航空機製造工場では間にはないので、今やあらゆる機械工業を總動員して、機體や發動機部品の製造にかかつてゐる。とくに自動車工業の能力を、この方面に切りかへようとしてゐるが、目下フォードやゼネラル・モーターズなどの自動車工場では、規格化された航空發動機部品や、補機の大量生産をはじめてゐる。

1,940 年に 12,000 臺、42 年には 60,000 臺、43 年には 120,000 臺を生産しようとしてゐるアメリカは、いろいろの障害はあるにせよ、今後數年間で、われわれの想像以上の航空機を生みだすものとみなければならぬ。

ソ聯——ソ聯の軍用機生産能力は、獨ソ開戦前に年産 8000 臺で、約 80 の工場をもつてゐた。現在では、その約 6 割を失つたとはいへ、残つてゐる工場を擴充する一方、アメリカからの援助で、相當な航空兵力をもつてゐると考へなくてはならない。またソ聯は、戦争の最中に機體の改良と試作に努力して、多數の新鋭機をつくつてゐる。ノモンハンで有名なイ-15、イ-16

型はもはや舊式で、現在では1,300馬力の發動機を装備し、最大時速650軒で、20耗砲1門と機銃6挺をもつ、イ-20型戦闘機を生み出した。このほかイ-21型は、ドイツのメッサーシュミット Me 110 型重戦闘機に對抗してつくつたものであつて、また爆撃機には TB 5, 6, 7 型などの4發大型機や、長距離機には DB 3A 型, B 型などがある。

3. 航空機の種類

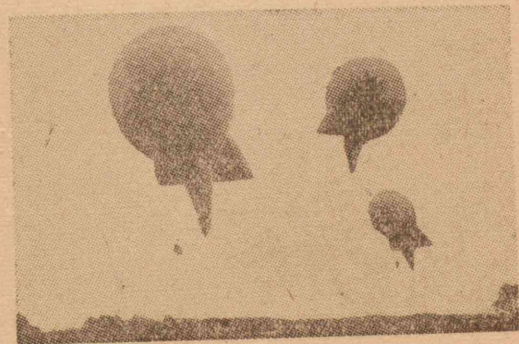
軽航空機

航空機は浮力を利用して浮く、空気より軽い軽航空機と、揚力で空中を飛ぶ、空気よりも重い重航空機とにわけることができる。

軽航空機には、気球や飛行船などがある。これらは大きな気嚢をもち、それに空気よりはるかに軽い水素ガスやヘリウムなどのやうなガス體を充たして、その浮力で空中に浮かぶ。

気球には、自由気球と繫留気球とがある。

自由気球には、気嚢の下に吊籠がつるしてあつてそ



第17圖 繫留氣球

れに人がのり、風のままに空中を流れて行くものである。そして上昇するときには、一しよにもつてのつた砂嚢をすてて気球の目方を軽くし、下降するときには、気嚢のガスを出す。

繫留気球は、陸上または艦上から鋼製の綱で繫留し、高いところから敵の様子を偵察したり、大砲の弾着の観測をしたりするものである。

飛行船は気球に發動機を積んで舵をつけたもので、自由に空中を航行することができる。骨格のない大きな流線型の気嚢に吊舟を下げたものが、軟式飛行船で、大きな金属製の骨格に羽布か、軽合金の薄板を張りつけたものが、硬式飛行船である。飛行船には、世界を一周したドイツのツェツペリン伯號や、有名なヒンデンブルグ號、またイギリスの R100, 101 號などがあつたが、これらはいづれも形が大へん大きいために、これをつくるのに非常に費用がかかり、その取扱ひにも多くの設備や人手がいり、そのうへ事故も起しやすいので、最近はまったく使はれなくなつた。

重 航 空 機

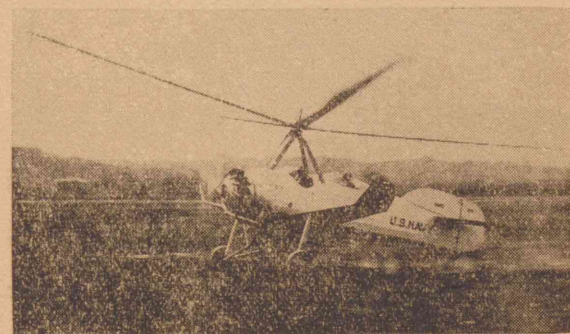
重航空機には飛行機、滑翔機、オートジャイロ、ヘ

リコプター、^{はばたき}羽撃機、ロケットなどがある。

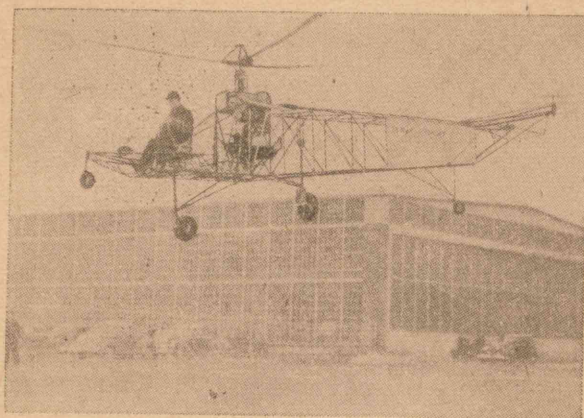
飛行機——飛行機は、現在の航空機のうちで一ばん多く使はれてゐる。これは發動機でプロペラをまはし、その推進力で機體を前進させ、翼にあたる風の揚力で自分の身體を空中に浮かばせて飛ぶ。

滑翔機——滑翔機（グライダー）は、發動機のない飛行機である。これは最初飛びだすときにゴムで引張つて、はずみをつけて飛ばしたり、飛行機で引張つて空中に浮かばせたりする。それから自分の力で滑翔して、次第に地面に近づき、しまひに着陸する。

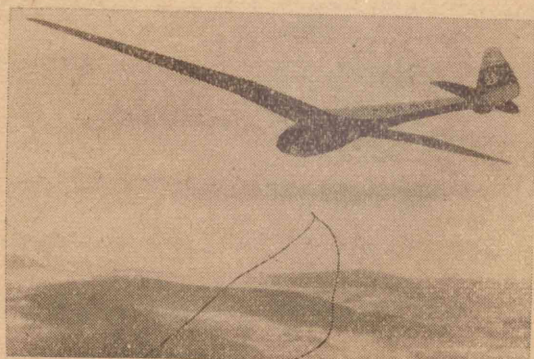
滑翔機には、初等練習用のプライマリーと、高等練習用のセカンダリーと、高級なソアラーとがある。ソアラーは、學問上から考へて一ばんよい形にできてゐるから、斜面に吹きつけられておこる風や、砂地、都



第18圖 オートジャイロ



第19圖 ヘリコプター



第20圖 ソアラの飛翔

市などが部分的に熱せられてできる上昇気流を利用して、更に高く昇ることができる。高度7,000米、距離約800軒といふやうなおどろくべき記録さへある。

オートジャイロとヘリコプター——オートジャイロやヘリコプターは、竹トンボ式の飛行機で、主翼が堅

軸ではるやうになつてゐる。ヘリコプターは、この回轉翼を發動機でまはしてまひ上る。オートジャイロは、普通の飛行機のやうにプロペラで前進し、回轉翼が自動的にまはつて上昇をたすける。それ故ヘリコプターは、垂直に離陸や着陸ができ、オートジャイロは、わづかな滑走で離陸し、垂直に着陸することができる。

このやうな、普通の飛行機の真似のできない大きな利點や特長をもつてゐるので、今までにいろいろと研究がつづけられてきたが、あまり實用されるところまでにはいたつてゐない。

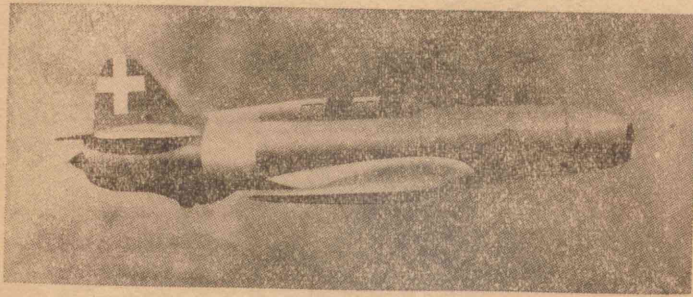
羽撃機——人間が空を飛ぶことを夢みて、最初につくつたのが羽撃機である。これは鳥を真似てつくつたものである。しかし羽根は、非常に複雑な構造になつてゐて、その運動は實に微妙であるから、これをそのまま真似ることはむづかしい。今までに、本當に飛ぶことのできた羽撃機は一つもない。

ロケット——火薬のやうなものを爆發させて、強力なガスをつくり、うしろに吹きださせ、その反作用で前進させようと考へたのがロケットである。

最近各國でロケット飛行機がいろいろと研究され、やがては實現されやうとしてゐる。これは飛行機の發

動機の代りに、ロケット機関を取りつけたものであるが、これが完成されたならば、現在の飛行機よりはるかに高速で、しかも高空を飛ぶことができるであらう。

第21圖は、イタリーではじめて飛んだカプロニ・カンピーニ式ロケット飛行機である。



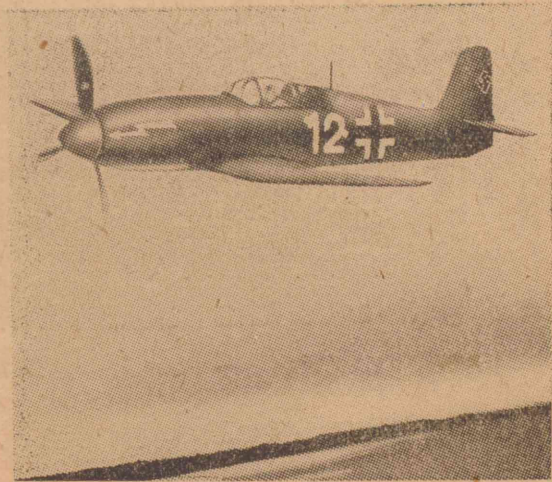
第21圖 カプロニ・カンピーニ式ロケット飛行機

飛行機の種類

飛行機をその用途によつて大きく分けると、軍用機と非軍用機になる。軍用機には練習機、戦闘機、爆撃機、偵察機、特殊用途機などがあり、非軍用機は旅客機、輸送機、郵便機などの商用機と練習機が主で、そのほか軽飛行機、雑用途機などがある。

戦闘機——戦闘機の任務は、敵機をもとめてそれを撃墜することであるから、敵に追いつくことのできる

高速力と、撃つための強力な武器が必要である。そのうへ、敏捷な活動ができなくてはならない。このために現在の戦闘機は、1,000馬力以上の発動機をつけ、毎時600軒以上の速度を出すことができる。そして口径20軒の機関砲をもつてゐるものが多く、機関銃だけなら12軒ももつことができる。例へば、ハインケル He113 型単座戦闘機は、20軒機関砲を2門と、7軒機銃を2軒もつてゐる。

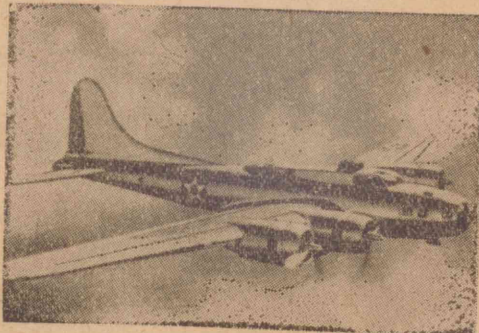


第22圖 ハインケル He113 型単座戦闘機

爆撃機——爆撃機は、航空兵力の主力をなすもので、爆弾を投下して敵陣を攻撃したり、海洋を航行してゐる敵艦や商船を撃沈させたりする。或はまた、大編隊

で遠く敵本土に行つて、軍事據點、工業地帯、橋、鐵道などを爆破する。爆撃機には、急降下して目的物に爆弾をたたきつける急降下爆撃機、双發の中型爆撃機、4發の大型爆撃機などがある。

現在の中型爆撃機は、2 噸の爆弾をつんで毎時 500 料の速度を出すことができる。また、大型爆撃機はたくさんの爆弾をもつて遠くまで、しかも非常に高く飛べるので、敵本土の空襲に使はれる。



第23圖 「空の要塞」ボーイング B-17 型爆撃機

偵察機——偵察機は、軍の眼の役目をする。戦争には、敵の情勢を知ることが何より大切であつて、高い空からこの任務にあたるのが偵察機である。航續距離の大きい偵察機は、敵地深く突入して、軍隊や軍需品の輸送情況、交通機關、工場などの情勢をさぐる。

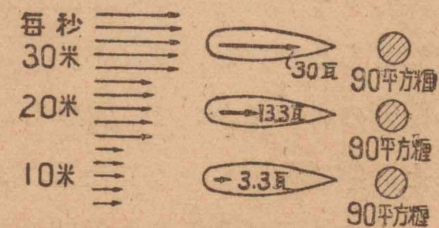
4. 飛行機はなぜ飛ぶか

空気の抵抗

汽車の窓から手を出すと、風があたつて手は後の方に押される。これを、空気が手の運動に對して抵抗してゐるといひ、その抵抗の大きさは、速さやそのものの形でいろいろにちがふ。このことは、動かないものに風があたる場合についても同じである。

速度と抵抗——物體にあたる空気の速さが速いと、抵抗は大きくなる。暴風などの強い風には、大木や家を倒すほどの力がある。

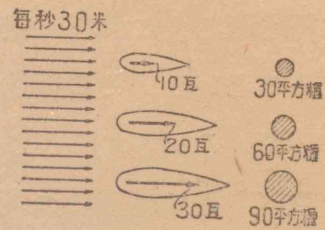
この關係をよくしらべしみると、第 24 圖に示すやうに、ある物體に吹きつける風の速さが毎秒 10 米の



第24圖 空気の抵抗は速度の2乗に比例する

とき抵抗が約 33 瓦働くとすれば、風が 2 倍の速さで 20 米になると、抵抗は前の 4 倍、すなはち 13.3 瓦になる。このことを、空氣の抵抗は速度の 2 乗に比例するといふ。

正面面積と抵抗——風にあたる面が大きければ、それだけ抵抗も大きくなる。もつとくはしくいへば、同じ形のものでも正面から見た面積、すなはち正面面積が大きくなれば、それに比例して抵抗も大きくなる。このことは、第 25 圖を見ればもつとはつきりする。



第 25 圖

正面面積と抵抗は正比例する

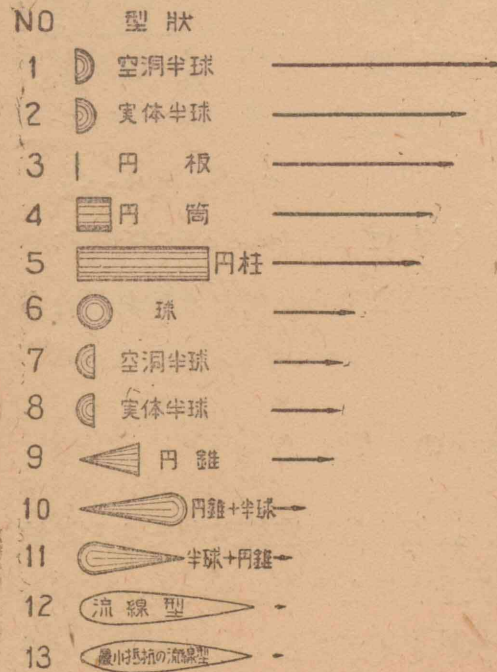
形と抵抗——圓板と球とでは、正面面積が同じでも風があたつたとき、その空氣抵抗はちがふ。もちろん球の方が、板よりも抵抗が小さい。流線型をしてゐるものは、なほさら小さいわけである。

いろいろな形のものについて、それぞれの抵抗をしらべてみると、第 26 圖のやうになる。また第 27 圖をみれば、氣流の様子でそれぞれ抵抗のちがふことがわかる。飛行機の翼や胴體は、できるだけ抵抗が小さ

くなるやうに、流線型になつてゐることはいふまでもない。

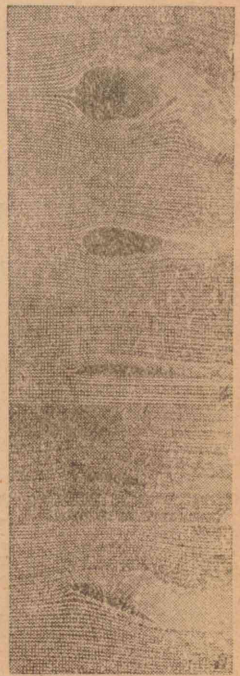
かういふ點では、飛行機はまことによく鳥類をまねてゐるといふことができる。

空氣の密度と抵抗——上空へのぼると、空氣は薄くなる。空氣のあたる速さが同じでも、空氣の薄い方が抵抗は小さい。すなはち、空氣の濃さ（空氣の密度）



第 26 圖

いろいろな形の物體とその空氣抵抗



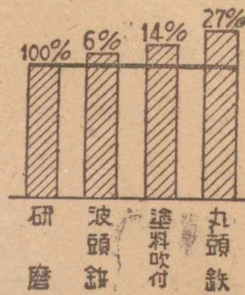
第 27 圖

物體と氣流の有様

と抵抗は正比例する。

物体の凹凸と抵抗——抵抗はまた、物体面の凹凸の状態でちがふ。もちろん凹凸がはげしいほど、抵抗は大きい。この抵抗を、表面摩擦抵抗といふ。

飛行機が高速を出して飛ぶと、この抵抗がますます大きくひびいてくる。第28圖は、全く同じ形の翼でも、その表面のなめらかさによつて、抵抗がちがってくることを示してある。



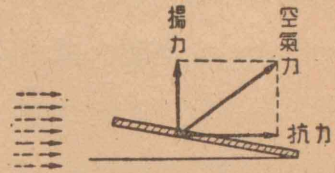
第28圖 表面のなめらかさとその摩擦抵抗

優秀な飛行機をつくるには、できるだけその表面をなめらかにしなければならない。

翼の働き

前に述べたやうに、圓板や球に空気があたると抵抗が働く。今度はその板を、風と直角にあてないで平行にすると、正面面積が小さくなるから、したがつて抵抗も小さくなる。次に板を少しかたむけると、抵抗は前の場合よりもいくらか大きくなるが、こんどは第29

圖のやうに、風と直角の方向に力が働く。この力を板に働く揚力といふ。これに對して、板を風の方向に押しやろうとする抵抗を抗力といふ。



第29圖 板に風があたるとき

いま板に綱をつけて風に飛ばされないやうに、すなはち抗力につり合ふ力をあたへると、板は揚力で空中に浮き上る。

飛行機の飛ぶのもこれと同じことで、翼を板と考へ、綱の代りにプロペラを使つて、抗力とつり合ふ推力をあたへたと考へればよい。ただ飛行機の方は、プロペラで前進して自分で空気にあたつて行き、板は動かないでゐて、空気の方であたつてくるといふところがちがふが、これはどちらにしても、空気の働きは同じことになる。

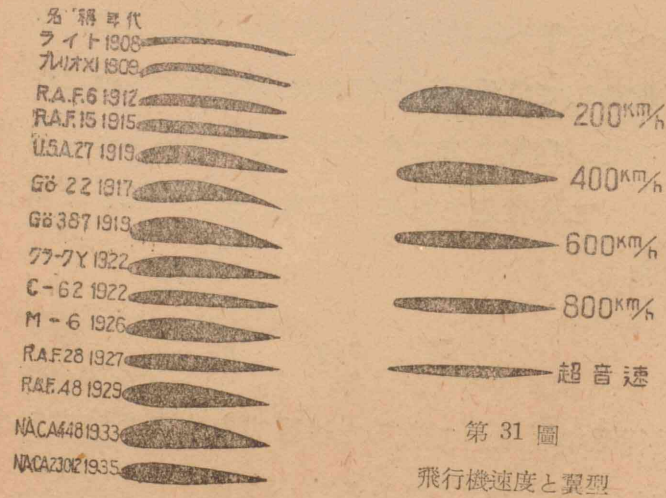
翼の形

飛行機の翼は、できるだけ揚力を大きく抗力を小さくするやうにつくつてある。

翼の斷面の形については、最初にリリエンタールが

考へてからこの方、もつと働きのよい形をさがしださうと、大へんな努力がはらはれてきた。この研究には風洞といふものを使つて、いろいろな翼断面の形をもつた翼の模型に風を吹きつけて、その揚力や抗力を測定する。第30圖は、現在までの翼型の進歩を示したものである。

第31圖のやうに、毎時200軒ぐらゐの速度に適した翼型は、上面のふくらんだ厚翼で、先端が丸く一ばん厚いところの位置が前の方にある。速度が増すにしたがつて、その先が尖つてくる。そしてまた、翼の厚さもだんだん薄くなる。さらに早い速度に適した翼型



第31圖 飛行機速度と翼型

第30圖 翼型の進歩

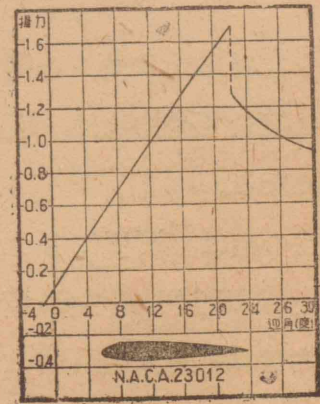
になると、先が尖つた薄い翼となり、一ばん厚いところがずつと後の方にくる。飛行機の速さは年々早くなるから、これからの翼はだんだんこのやうな形になつて行く。

翼の性質

翼に働く揚力と抗力は、これまでに述べてきたやうに、速度、大きさ、形、空気の密度などによつて、その大きさがちがつてくるが、たとへこれらが一定であつても、翼に空気があたる角度によつてもちがつてくる。この翼に空気のあたる



第32圖 迎角による氣流の有様

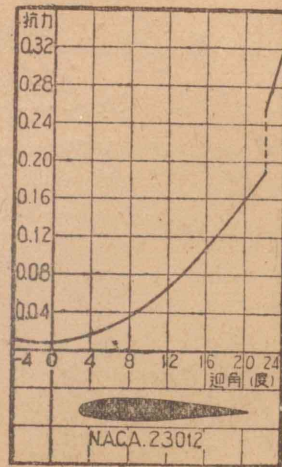


第33圖 揚力と迎角との關係

角度のことを迎角と呼んでゐる。第33圖は、揚力と迎角との関係の一例を示したものである。揚力は迎角が増すにしたがつて大きくなるが、普通迎角 14 度ぐらいからは反対に小さくなり始める。この角度を限界角といふが、限界角は一般に 15 度から 25 度ぐらいである。第 34 圖は、抗力と

迎角の関係を示したもので、抗力の方は揚力とちがつて、限界角がなく、迎角が増すにつれてだんだん大きくなる。

揚力と抗力との割合を揚抗比といふ。この揚抗比と迎角の関係は、大たい次の通りである。すなはち、0 度から 5 度附近の迎角で揚抗比は一ぱん大きくなる。



第 34 圖

抗力と仰角との関係

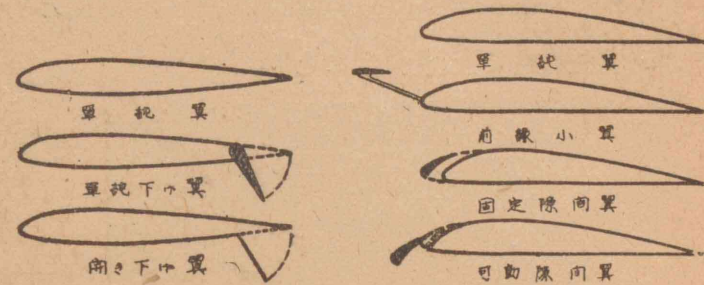
この比の値は、翼型によつてそれぞれちがつてゐるが、大たい 16 對 1 から 24 對 1 の間にある。

揚抗比が 24 對 1 といふことは、1 匁の抗力で 24 匁の物を空中にもち上げることができるといふことであつて、一般にこの割合の大きなものほどよい翼型と

いへる。

下げ翼と隙間翼

飛行機は、離陸したり着陸したりするときにはなるべく低速で、しかも飛行中は高速を出せることが望ましい。そのために、翼の断面をうまく考へて、離着陸



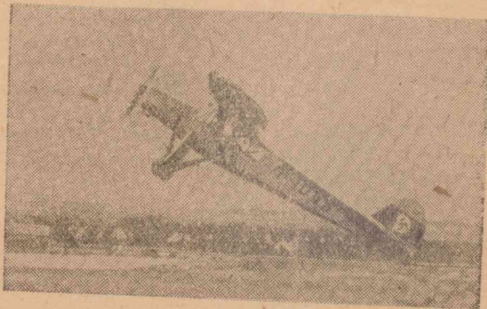
第 35 圖 下げ翼

第 36 圖 隙間翼

のときだけ揚力を増すやうにする。その一つとして、下げ翼といふものがある。それには第 35 圖のやうに、いくつかの方法があるが、要するに翼の後方を折りまげることができる装置である。

第 32 圖に見るやうに、迎角をあまり大きくすると、翼の上面に空気の渦巻ができ、揚力が急に減つて、いはゆる失速といふ状態になり、離着陸のときには墜落することがある。これを防ぐため、第 36 圖のやうに、

翼の前縁に適当な隙間を設けて、ここから空気を翼の上面に流しこみ、空気の渦巻を吹き飛ばして、迎角を大きくしてもなかなか失速しないやうにしてある。その隙間翼にはいつも隙間の開いてあるものと、自動隙間翼といて、迎角が大きくなつたときだけ前方へとびだすやうになつてあるものがある。ドイツのフィゼラー・シュトルヒ機は、自動隙間翼と下げ翼とを働かせて、急角度で上昇することができる。



第37圖 フィゼラー・シュトルヒ機

飛行機に働く力

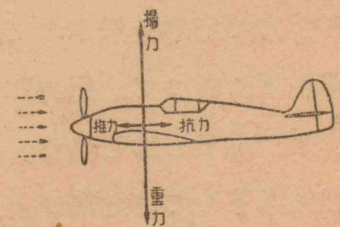
飛行機が飛ぶときには、一たいどんな力が働くのだからか。まづ發動機でプロペラをまはすと、機體に推力といふ力が働く。空中を飛ばば、空気があたつて揚力と抗力が働く。また飛行機そのものに對する重力も、いつも作用してゐる。これらの力は、飛行機が離陸す

るとき、また滑空したり墜落したりするとき、どんなふうになるのか。

離陸——プロペラをまはすと、まづ推力がおこり飛行機は前進する。このときはまだ空気力（揚力と抗力を一しよにした力）は餘り働かないが、飛行機の速度が増すにしたがつて、空気力が次第に大きくなり、つひに揚力と飛行機自身の重さが同じになると、飛行機は地面をはなれはじめる。

飛行——はじめはプロペラの推力が抗力よりも大きいから、飛行機の速度はぐんぐん増す。そして速度が2倍になれば、抗力は4倍といふやうな割合で大きくなる。しかしプロペラの出す推力はきまつてゐるから、そのうちに、抗力と推力とが同じになるところまできて、それ以上は速度が増さなくなる。この状態が普通の水平飛行である。このときの推力と空気力（揚力と抗力の合力）および機體重力との三つの力は、第38圖のやうにつり合つてゐる。

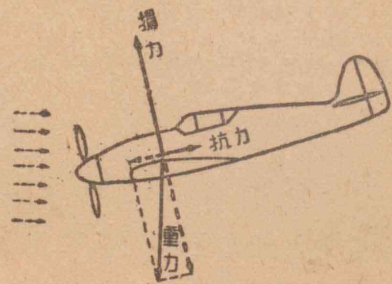
滑空——發動機がとまつてプロペラの推力がなくなつても、飛行機は墜落しな



第38圖

水平飛行のときの力のつり合ひ

い。これは重力によつて飛行機が下方に引張られ、プロペラ推力の代りをするからである。このとき空気力と重力は、第39圖のやうに一直線になつてつり合ふ。下向きにかたむいて飛ぶから、次第に高度は減るが、うまく操縦すれば、普通の飛行機で高度の15倍ぐらゐる遠くまで滑空することができる。すなはち1,000米の高さを飛んでみれば、發動機がとまつても、15軒の距離を飛べるわけである。



第39圖 滑空のときの力のつり合ひ

墜落——飛行機は、もともと動くことによつておこる浮力で空中を飛ぶのであるから、飛行速度が或る程度以下になつて、揚力が機體の重さにたへられなくなれば、落下しはじめる。このとき、高度が充分にあれば急降下してまた飛び上り、速度を取りもどすことができるが、低空であると、すぐ地面に達して墜落となる。このとき上げ舵をとつても、揚力は大きくならな

い。低空の失速は一ばん危険である。

急降下引起し——急降下爆撃機が獲物をねらつて急降下し、爆弾投下の後、急に上げ舵をとつて急上昇にうつるとき、飛行機は高速度で曲線を急がくため、大きな慣性力を生じる。この慣性力といふのは、自動車や電車にのつて急にカーブにかかつたとき、體が横に押しつけられる、あの力と同じものである。急降下で速度が増してゐるときに迎角を大きくとるから、空気力は非常に大きく働く。そしてこの空気力は、慣性力とつり合ふ。

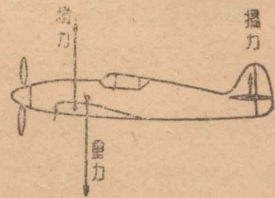
戦闘機でも、これとまつたく同じことで、實驗の結果によれば、このときの力は機體自身の重さの七、八倍もかかることがある。このことは、飛行機の強さをきめる上に一ばん重要な問題となる。

飛行機の安定

今までは簡単にするため、飛行機に働く空気のとプロペラの推力と、機體の重力は、いづれもその重心に働いてゐると考へてきたが、しかし實際はさうではない。飛ぶときの事情によつて、その各部にいろいろな力が働く。

では、どうして飛行機はうまく飛べるのだらうか。
それは尾翼があるお蔭である。

第40圖に示すやうに、空気の力が重心の前の方に働くときは、機首を上げやうとするが、このとき尾翼が働いて反対の力が働き、うまくつり合つて安定



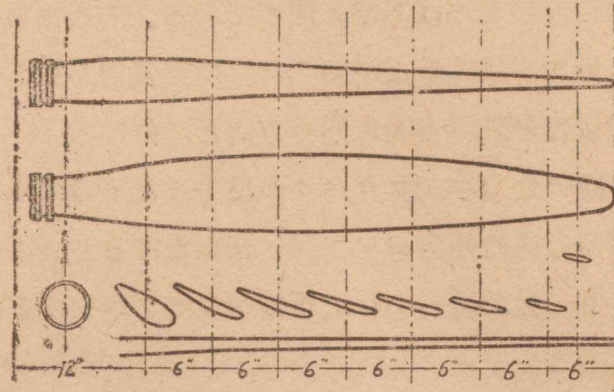
第40圖

主翼と尾翼が安定をたもつをたもつ。これはちやうど天秤と同じことで、品物と分銅がうまくつり合つてゐる状態を考へればよい。

品物を動かすと、天秤は上下にゆれるが、すぐとまつて静かになる。これと同じやうに、飛行機でも迎角がかはつたときに、尾翼にもとの状態にもどさうとする力が働いて、機體が安定になるのである。

プロペラ

プロペラの働き——いふまでもなく飛行機を前進させるのが、プロペラの役目である。第41圖は、プロペラの片翅の平面圖と、各部分の断面圖を示したものである。この圖でわかるやうに、プロペラの翅は根もとが丸くて太く、中ごろが一ばん幅があり、先に行くとき細くなつてゐる。そしてその断面は、飛行機の翼型



第41圖 プロペラの形

と同じやうな形である。また翅のねぢれの角度は、根もととは大きく、先に行くにしたがつて小さくなるやうに、全體がねぢれてゐる。

プロペラで推力がおこる原理をしらべるために、先づ翅の或る一部分だけについて考へてみよう。この小さな部分を、プロペラの翼素といふ。そしてこの翼素がたくさん集つて、1枚の翅になると考へることができ、

プロペラは、回轉しながら飛行機と一しよに前に進む。この翼素だけについてその運動を考へてみると、回轉の方向と飛ぶ方向と一しよにした方向に、つまりネヂを切るやうにして進む。いひかへれば、このねぢれの方から風があたるのである。風の働きからいへ

ば、飛行機の翼のばあひと同じである。すなはち翼素は或る仰角で風にあたつて、そこに空気力が生じる。この空気力を飛行方向と回轉方向とに分けると、この飛行方向の分力が、プロペラの推力になるのである。また回轉方向の分力が、プロペラがまはるときの抵抗力となり、發動機がこれにうちかつてプロペラをまはすのである。

それではプロペラは、何故ねぢれてゐるのだらうか。

翅の根もとと先端の翼素の運動について考へてみると、どちらも飛行方向の速さは同じであるが、回轉方向の速さはちがつてゐる。つまり、根もとの方は先端の方よりも半径が小さいから、それだけ遅く動く。それ故その二つの運動を一しよにした速さ、すなはち風を切る速さは、翅の各部によつてちがふわけである。そこで、はじめから翼素の取り付け角をちがへておいて、根もとでは風を切る速さが遅いから角度を大きく、先に行くにしたがつて、風を切る速さが速いから角度は小さくしておく。さうすれば、この翅はどの部分も平等によく働くわけである。

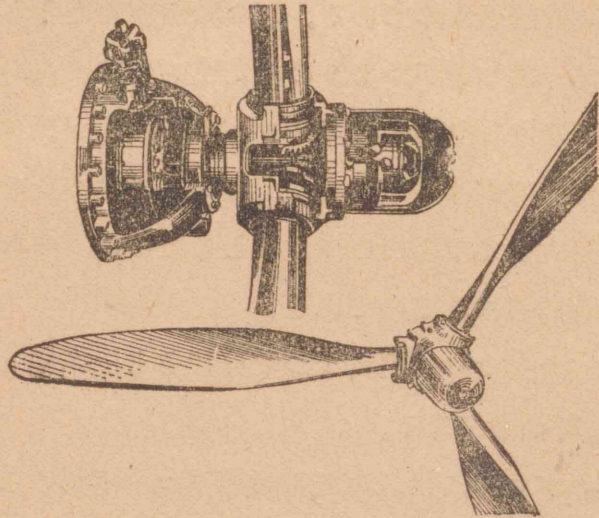
プロペラの種類——プロペラの翅には、2枚翅、3枚翅、4枚翅があるが、現在一ばん多く使はれてゐる

のは、3枚翅のものである。翅の数が多くなると、1枚の翅は、前の翅がかきみだした空気の中に入つて行くことになり、全體としてプロペラの働きが悪くなる。發動機の馬力が非常に大きく、しかもプロペラの直径をあまり大きくできないやうなときだけに、やむをえず4枚翅が使はれるのである。

プロペラをその材料によつて分けると、木製と金屬製の2種類になる。

最近のプロペラは、みな可變節プロペラにするが、これは、前に述べた翅の取り付け角を飛んでゐる間に自由にかへることのできるものであつて、飛行速度によつて、最も能率よくプロペラを働かせることができる。この種類には、取り付け角を2段にかへられるもの、なほ進んで、回轉速度を自動的に調節される定速プロペラといふ理想的なものまである。

その装置には、いろいろの方式がある。油壓を應用したものにハミルトン定速プロペラ、電氣式ではラチエ・カーチス、機械式ではノーム・ローン、ファーデー・エムなどがあり、それぞれ長所をもつてゐる。しかし、この可變節プロペラは非常に精密な部分品が、プロペラ翅の根もとのせまいところに入つてゐて、そ



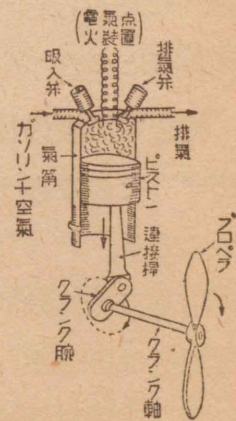
第42圖 ハミルトン定速プロペラ

の上、この部分には飛行機を進行させるための大きな力がかかるから、構造の上からいつてもむづかしいことが多い。

5. 航空發動機

發動機——發動機は飛行機の心臓である。見方によつては、航空發動機の進歩にともなつて、飛行機が発達してきたともいふことができるのである。發動機は飛行機にとつてそれほど重要な部分であり、飛行機の進歩發達の大きな原因をなしてゐるのである。

發動機の働き——發動機の働きは、まづ氣筒の中に燃料（主としてガソリン）を空氣と一しよに送りこみ、これを電氣火花で爆發させ、その壓力でピストンを押し下げる。この力が連接桿でクランク軸をまはす。このクランク軸の先端にプロペラが取り付けられる。



第43圖 發動機の原理

航空發動機には、重量が軽いこと、前面抵抗が小さいこと、燃料の消費量が少いことなどが必要である。

これらの條件を備へてゐるものに、4 サイクル電氣

点火式ガソリン發動機があり、現在では一ばん広く使はれてゐる。

重油を燃料とするディーゼル發動機は、燃料の消費が少いので、一時は注目されたが、ディーゼル發動機は重量が重く、振動も多いので、一般に広く使はれるまでにいたつてゐない。

しかし今後の研究によつては、ディーゼル發動機の燃料消費量はもつと切り下げられ、また耐久性もよくなつて行くと思はれるので、燃料をたくさん積んで飛ぶ長距離機では、多少機關の重量が増しても、この方が有利になるといへる。特にすぐれたガソリンを手に入れることのむづかしい國ではさうである。

航空發動機の種類——航空發動機は、氣筒の冷却方法や、そのならべ方によつて、その種類を分けることができる。

冷却方法には、空冷式と液冷式があり、それぞれ長所短所はあるが、現在どちらも盛に使はれてゐる。

空冷式發動機は、氣筒の外面にたくさんの冷却用鰭をつけてゐて、飛行中の風でこの氣筒を冷やすやうになつてゐる。この方法は構造が簡単で、多量生産にも都合がよく、取扱ひは簡単である。わが國では、もつ

ぱらこの式を使つてゐる。

また、發動機を氣筒の配列と數によつて分けると、次のやうになる。

星型 { 單列——氣筒數 3. 5. 7. 9
 複列——氣筒數 14. 18

水平對向型——氣筒數 2. 4. 12

直列縱列型 } 氣筒數 2. 4. 6
倒立縱列型 }

逆V型——氣筒數 8. 12

H型——氣筒數 16. 24

このうちで、星型單列9氣筒と星型複列14氣筒が一ばん多くつくられてゐる。

液冷式發動機は、氣筒の外壁を二重にして、その中に水や他の液體を循環させ、氣筒を冷やすやうになつてゐる。熱せられた冷却液は、冷却器に送つて外氣で冷され、また氣筒に送られる。この液體には、水の外沸騰點の高いエチレングリコールといふものを使ふ。

この方式の特長は、冷やす力が大きいこと、まともりがよいため、前面抵抗が少いことで、速度に重きをおくものに使はれる。しかし一方、構造が複雑である

ため、製作に骨が折れ、取扱ひか面倒である。液冷式は、次のやうに分けることができる。

V型または逆V型——気筒数 12. 24

W型または逆W型——気筒数 18

H型 ——気筒数 16. 24

逆V型やH型は、操縦者の視界（眼のきく範囲）が広く、機関銃をそなへつけるのに便利である。

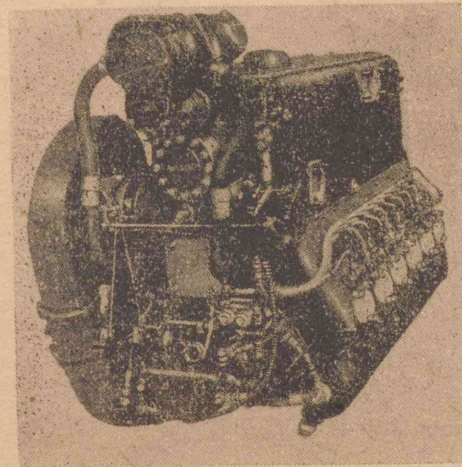
ドイツでは、この液冷式發動機を盛に使つてゐる。

最近の航空發動機——現在第一線に使はれてゐる發動機は、1,000馬力級のものであるが、これはすでに數年前に各國で完成されたものである。速度を早くするには、結局は馬力を大きくしなければならないが、現在2,000馬力以上3,000馬力の發動機の試作が完成されやうとしてゐる。

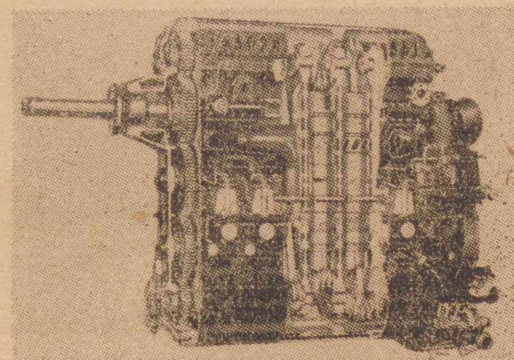
ドイツには優秀な發動機がたくさんあるが、中でも速度の世界記録をつくつたメッサーシュミット Me 109型機が装備してゐるダイムラー・ベンツ 160型航空發動機がとくに有名である。これは、16気筒の逆V型液冷式で、1,175馬力である。

一般の發動機は氣化器といふもので、ガソリンを霧のやうにして氣筒に送つてゐるが、この發動機ではポ

ンプで直接氣筒に噴射してゐる。そのためにいろいろすぐれた作用がある。また過給器（高空へのぼると空気が薄くなり、そのために馬力が落ちるから、それを防ぐために空気を壓縮して送る送風機）を運轉するの



第44圖 ダイムラー・ベンツ 601型航空發動機



第45圖 ユンカース・ユモ 205型航空發動機

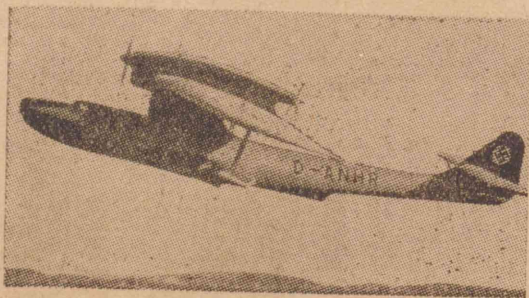
にも、特別の装置がしてある。

このダイムラー・ベンツと肩をならべてゐるユンカース・ユモ 212 型は、1,200 馬力で、現在第一線の花形ユンカース Ju88 型爆撃機に装備されて、その性能を誇つてゐる。

なほ、ドイツでは世界各国が永年研究中の航空用ディーゼル發動機を早くから完成し、すでに實際使つてゐる。ユンカース・ユモ 205 型航空用ディーゼル發動機がそれである。

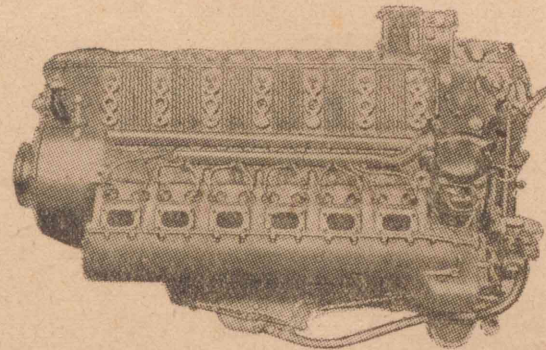
アメリカで代表的な航空發動機は、次の通りである。

アリソン V 1,710 C 15 型液冷式、12 気筒、1,090 馬力。ライトサイクロン GR 1,820—G205A 型、空冷式星型 9 気筒、1,200 馬力。プラット・アンド・ホイットニー・ツィンウスブロー 1,830 型。

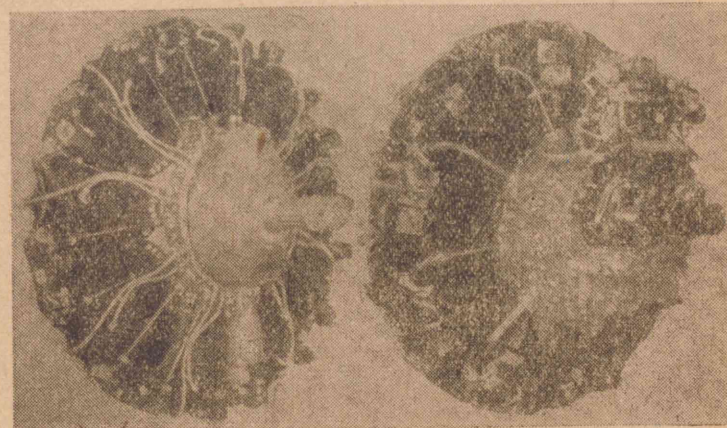


第 46 圖

ディーゼル發動機を装備してゐるドルニエ Do 18 型飛行艇



第 47 圖 アリソン航空發動機



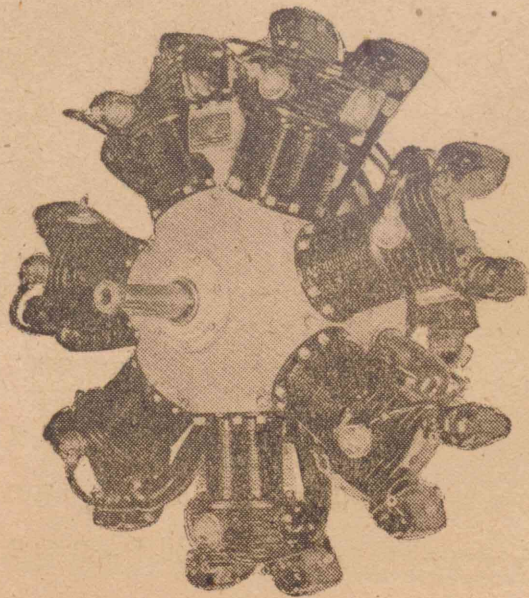
第 48 圖 ライト・サイクロン航空發動機

空冷式複列星型 14 気筒 1,200 馬力アリソンは、主にアメリカ陸軍戦闘機に使はれてゐる。その一であるエアラコブラと呼ばれてゐるベル P-39 型単座戦闘機は、この發動機を操縦者の後に置き、長い軸でプロペラをまはしてゐる。



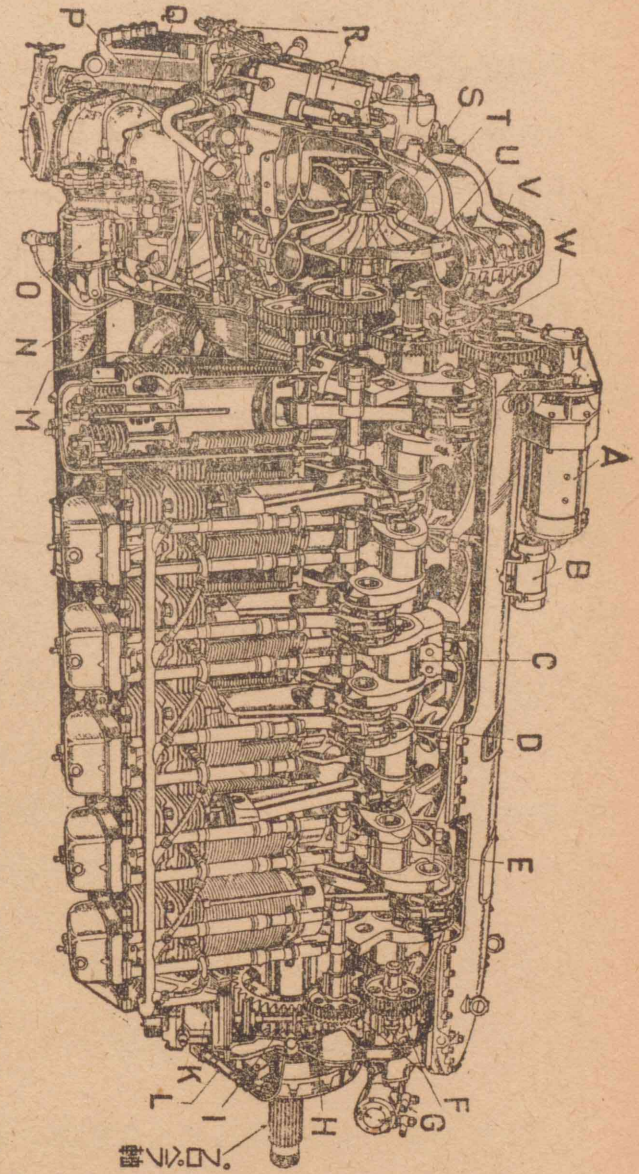
第 49 圖

アリソン航空發動機が用ひられてゐる
ベル P-39 型単座戦闘機



第 50 圖 プラット・アンド・ホイットニー航空發動機

- A. 始動用電動機
- B. ブースターコイル
- C. クランク軸
中央軸受
- D. 接合桿
- E. 右側カム軸
- F. 右側カム軸
驅動齒車
- G. 真空ポンプ
- H. マグネット
驅動用傘齒車
- I. プロペラ減
速齒車
- J. 右側マグ
ネット
- K. プロペラ・
ガバナに對
する油壓機
構
- L. 過給器驅動
軸
- M. 絞瓣レバー
- N. 自動ブース
ト調整装置
- O. 濾過器を有
する油弁
- P. 自動混合氣
調整装置付
の複式氣化
器
- Q. 油壓操作裝
置と連結器
- R. 過給器驅動
齒車
- S. 過給器翼車
- T. 擴散翼
- U. 始動器連結
レバー
- V. 始動器驅動
齒車



第 51 圖 液冷式航空發動機の構造説明

ライトサイクロンは、例の「空の要塞」ボーイング B17 型爆撃機に使はれてゐるが、これは割合に評判がよく、多くの旅客機にも使はれてゐる。

このほか、フォード自動車会社のフォード V 12 型は、これまでの航空發動機とちがつてゐて、思ひきつた設計がしてあり、自動車の大量生産の技術を應用して、さしせまつたアメリカ空軍のもとめに應じやうとしてゐる。この發動機の性能は、計畫通りに行けば、高度 10,000 米近くで 1,500 馬力を出すことができるといはれてゐる。

6. 飛行機の構造

前に述べたやうに、最近の數年間に、飛行機の性能は大へん進歩したが、これは飛行機用材料に軽くて丈夫なものが出てきて、飛行機の構造が無駄の少い合理的なものになつたからである。

現在の戦争で飛行機は消耗品と考へられるやうになり、これを急速に補充することが問題となつてきた。

したがつて、飛行機の性能向上の問題ばかりでなく、飛行機の多量生産の問題が重く見られるやうになつてきた。そして多量生産のためには、飛行機の構造が簡單でなくてはならないことはいふまでもない。

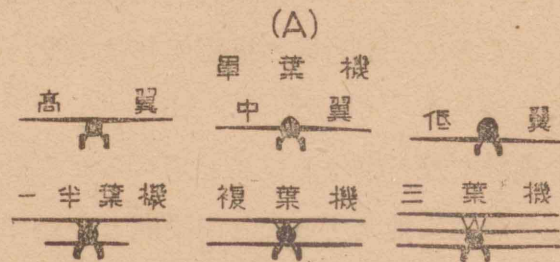
飛行機の構造は、その性能向上に、また生産の能率に、大きな影響をあたへるものである。

構造一般

構造による分類

飛行機をその構造の上から考へると、次のやうに分けられる。

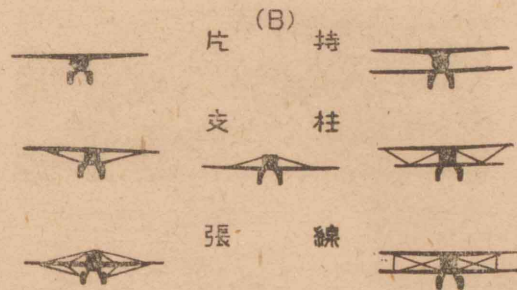
主翼の数による分類——飛行機を主翼の数によつて分ければ、まづ今日一ばん用途の多い単葉機をあげることができる。単葉機はその翼のつけ方で、戦闘機に使はれる低翼式、双発爆撃機に多い中翼式、飛行艇に見る高翼式の3種に分れる。単葉機のほかに1半葉機



第52圖 主翼の数による分類

複葉機、3葉機、多葉機などがあるが、複葉機をのぞいて3葉機以上の飛行機は、現在では使はれなくなつた。翼の数の多い飛行機は、翼と翼が互ひに接近してゐて、兩翼が氣流をさまたげ合ひ、その上翼の間の柱やいろいろな張線のために空氣抵抗が大きくなるからである。ただ複葉機だけは初歩練習機には使れてゐるが、これは単葉機にくらべて操縦がしやすい上に、安定がよいからである。

主翼の支へ方による分類——主翼の支へ方には片持梁式、支柱式、支柱張線式の3種がある。

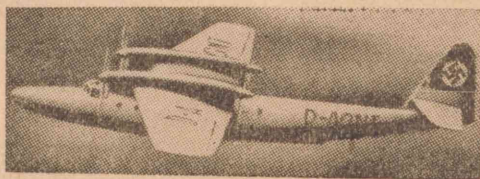


第53圖 主翼の強さの持たせ方による分類

片持梁式は主翼だけが胴體から突きだしてゐて、支柱や張線の空氣抵抗がないので、三つの中で一ばんすぐれてゐるものである。現在使はれてゐる型式は、ほとんどすべてこれであるが、特に飛行艇のやうに翼幅の大きなもので、荷重のかかるものには、わづかに支柱式が使はれてゐる。

發動機の数による分類——單座戦闘機は、ほとんどすべてが單發動機型であり、複座戦闘機、中型爆撃機などは双發動機型が多く、大型爆撃機、大型飛行艇などはほとんど4發動機型である。

プロペラの配置による分類——プロペラが胴體または主翼の前部にあるものを牽引式といひ、これはプロペラがちやうど機體を牽引するやうに働く。これと反對に、プロペラが主翼の後部にあるものを推進式といつて、プロペラが機體を前方に押すやうに働く。また、

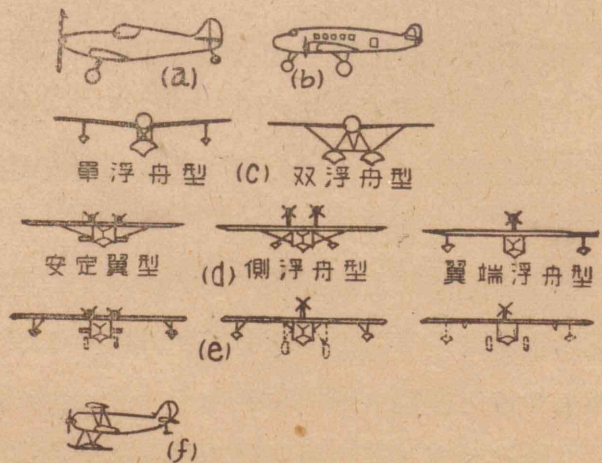


第54圖 ドルニエ Do 26 型飛行艇

この兩式を兼ねた串型式といふものもある。

現在の飛行機には、牽引式のものが多い。串型式の飛行機は少いが、これはドイツのドルニエ飛行艇によく見られる。

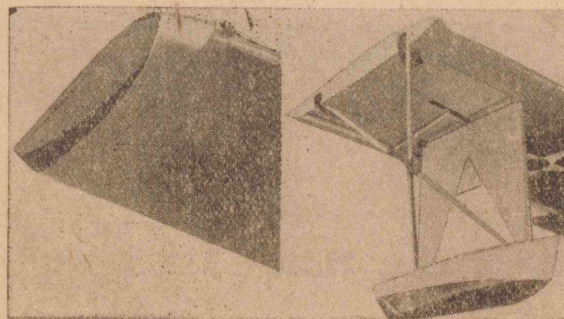
降着装置による分類——飛行機をその降着装置によつて分けると、陸上機(艦上機)、水上機、飛行艇、水陸兩用機、雪橇機の5種類になる。陸上機には、尾輪



第55圖 降着装置による分類

や尾輪をもつものと、首車輪をもつたいはゆる3車輪式のものがある。水上機は、浮舟を使つて水上から發着するもので、これには單浮舟型と双浮舟型とがある。單浮舟型の水陸機は、水上での安定を得るために、翼の端に小さな浮舟をつけてゐる。

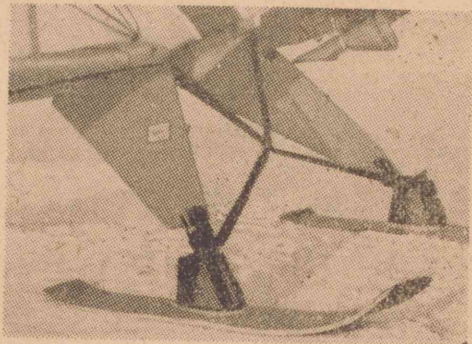
飛行艇は、浮舟と胴體を一つにして艇體としたもので、單浮舟水上機と同じやうに、翼端浮舟がついてゐる。翼端浮舟のうちには、飛行中は主翼の翼端部の一部になつてゐるが、離着水するときにはおもてにあらはれて、浮舟の役目を果すやうになつてゐる引込式翼端



第56圖 引込式翼端浮舟

浮舟もある。

水陸兩用機は、陸上でも水上でも自由に發着できるもので、飛行艇又は水上機に陸上機の車輪をつけたものである。水上發着や飛行のときには脚を引込める。



第57圖 雪橇機の脚

雪橇機は、車輪の代りに雪橇をつけてあるもので、この橇はつもつた雪のために車輪で發着することがむづかしいときに使はれる。

構造材料による分類——現在使はれてゐる飛行機の大部分は金屬機であり、しかも、輕合金が主な構成材料になつてゐる。

木材は工作が簡単でしかも輕いため、現在でも使はれてゐるが、飛行機の進歩とともに、輕くて丈夫な輕金屬が發明されたので、次第に木材に代つて金屬材料が使はれるやうになつた。

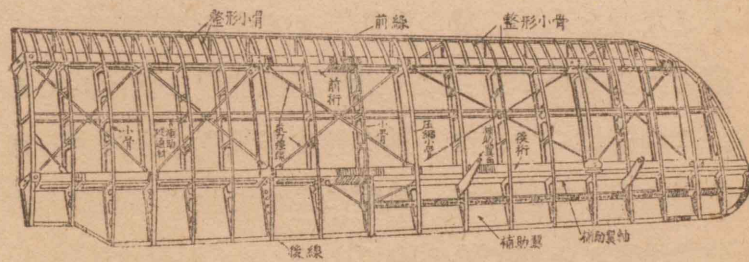
しかし木材にはいろいろの利點も多いので、その缺點である強度の弱いこと、耐水性や耐火性にとぼしい點をおぎなふことができれば、金屬材料に充分代ることができやう。

飛行機の構造部分の名稱

飛行機の各部の名稱は、これを大きく分けると、發動機まはり、主翼、尾翼、胴體、操縱装置、降着装置、艙装などである。

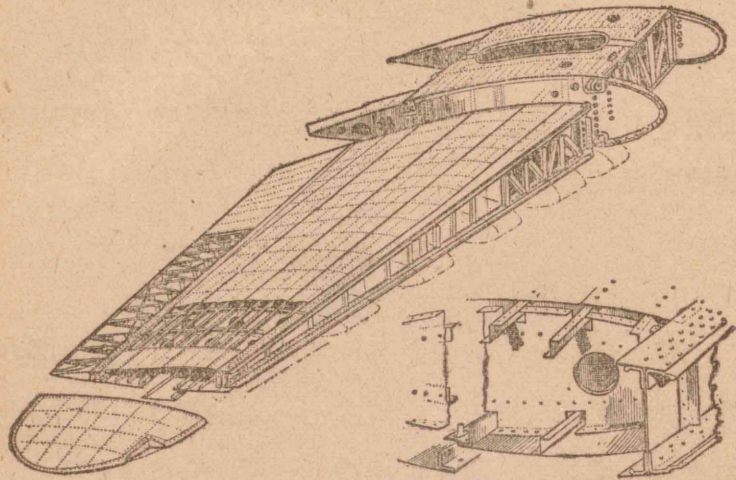
主翼の構造

主翼の構造は、大きく分けると、桝組式主翼と應力外皮式主翼とになる。桝組式といふ主翼は、第58圖のやうな構造で、翼桁、小骨、張線からできてゐて、それらは羽布(木綿、絹、麻)などで外皮を覆つてある。



第58圖 桝組式主翼

翼外皮に作用する空氣力は、まづ小骨から桁に傳はり、それから胴體におよぶ。壓縮小骨は小骨と小骨との間にあり、抗力張線や桁とともに翼を後にまげようとする力にたえる。小骨だけでは翼の前縁の形がきれいにできないので、小骨のうちにさらに整形小骨とい



第59圖 應力外皮式主翼

ふ小さな骨を入れ、翼の性能をよくする。

應力外皮といふ主翼は、近年高性能機に使はれてゐる。この構造の特長は、翼の外皮が風壓を分擔するほか、翼の強さを助けて、風壓によつて生ずる間接の力を分擔することができる點である。

その外皮は、0.4耗から1.0耗ぐらゐの薄いデュラルミンの板か超デュラルミンの板でつくり、丈夫にするため縦通材を鋳づけしてある。

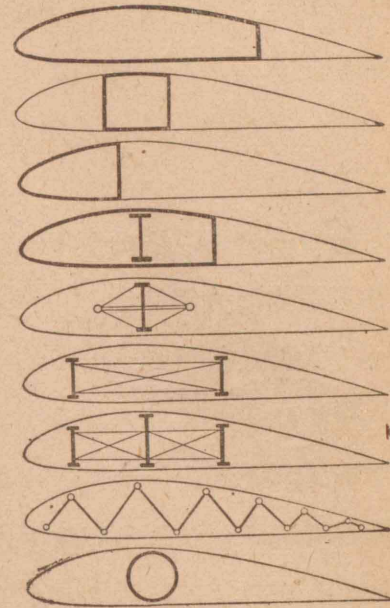
この様式は、強さの點から見て非常に有効な構造法である。

主翼の桁を構造から分けると、單桁、2本桁、箱桁、

多數桁などになる。

單桁構造では、主翼に加はる曲げの働きは桁自身が受けもち、ねぢりの働きに対しては、別にピラミッド型の斜材を桁の中心にくばつて、それにたへるやうにしてある。

2本桁構造は、枠組式主翼のばあひに多く、通常前桁と後桁とからなり、曲げやねぢりは2本の桁が受けもつ。



第60圖 主翼の桁の構造

箱桁構造は、單桁や2本桁のやうに、1箇所には大きな断面を集めなくて、主翼断面の1/2から1/3の長さにわたつて桁となつてゐる。したがつて、主翼のねぢりに對しては効力が大きい。

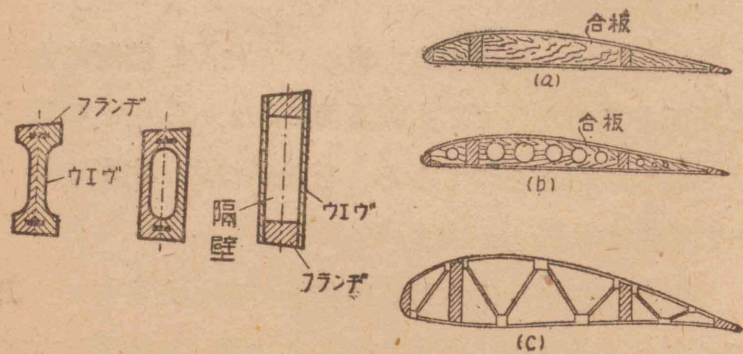
多數桁構造は、3本以上の桁をくばつたもので、主翼全體がちやうど一つの桁のやうに働く。主翼は先にゆくほど細いものが多く、強さの關係上、主翼断面の厚さも先に行くにしたがつて薄くなつてゐるが、しか

し、桁をたくさん使ふ多数桁では、曲げ作用の大きい翼の付根のあたりにたくさんの桁をおき、曲げ作用の小さい翼端に行くにしたがつて桁の数を減らすこともできる。

桁の構造——桁は主翼の親骨である。これは、ちやうど建物の大黒柱のやうなもので、主翼に強さをあたへる大切な役目をする。

桁には、デュラルミン、超デュラルミン、超超デュラルミンなどを使った軽合金製桁と、特殊鋼を使った鋼製桁、それから木製桁とがあるが、一ばん多く使はれてゐるのは、いふまでもなく軽合金製の桁である。

木製桁——木製桁は、金属製桁にくらべて工作しや



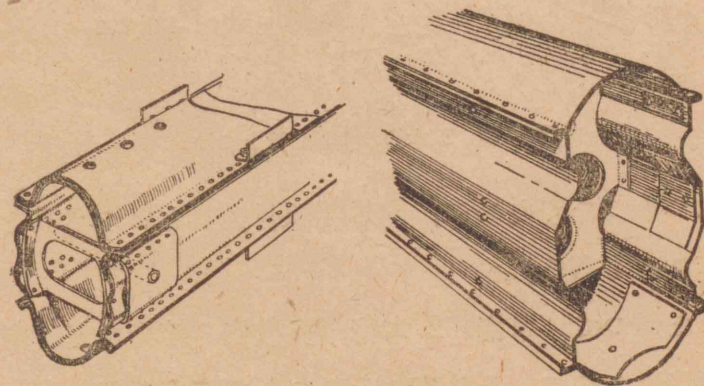
第61圖
木製桁の断面

第62圖
桁に小骨を取りつけた場合

すい上に、軽くて割合に大きな断面にすることができるので、軽飛行機のやうにあまり強度のいらない機體に使はれる。

木製桁の材料には、檜、スプルースなどが使はれてゐるが、これらの材料は、ほかの木材にくらべて木目が正しく平行に走つてゐるのが特長で、材料を長くとれるので都合が良い。

金属桁——金属桁は、木製の桁よりも大型で丈夫なものをつくることのできるため、最近の優秀機にはすべて金属桁が使つてある。これは、木製の桁にくらべて、はるかに小さい断面でしかも充分な力を出すこと



第63圖 金属桁の断面

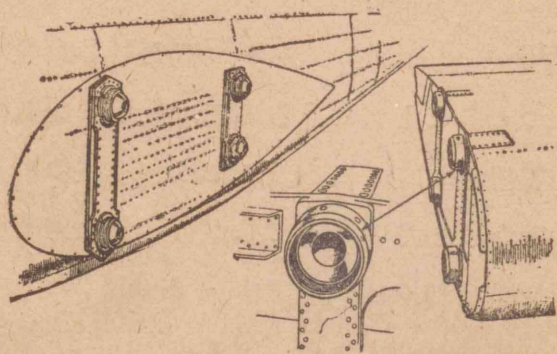
ができる。

前にも述べたやうに、高速機には薄い翼を使はなけ

ればならないので、この点からいつても、桁の断面の小さいことは都合がよい。

主翼取付金具——主翼の荷重は、すべて桁を通して胴體に傳はる。この荷重を傳へるために、胴體と桁とをつないでいる金具が、主翼取付金具である。

また主翼が内翼や外翼に分れてゐるばあひには、こ



第64圖 2本桁の主翼の取り付け

の二つをつなぐために、内外翼取付金具といふ金具を使ふこともある。

したがつて、単桁、2本桁、多數桁、箱桁など、桁の構造によつて、それぞれそのつなぎ方がちがふ。

これらの結合金具のうち、2本桁のばあひを第64圖に示す。

この金具は取り付けを便利にするために、球接手と

いふ接手を使つてゐるが、ピンやボルトでとめるのが普通である。

小骨——小骨は、外皮にかかる荷重を桁に傳へるので、翼断面をきれいな形にたもつことも、その大きな役目である。

もしも小骨が、荷重を受けて形をかへるやうなことがあると、翼の性質がかはり、飛行機は豫定の性能を出すことができなくなる。

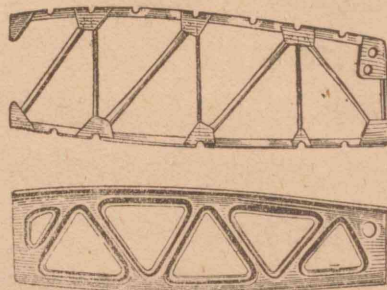
木製小骨は構造からいつて、板小骨、肉抜小骨、枠組小骨の3種に分れる。板小骨や肉抜小骨は、割合に小型の機體に使ふ。肉抜孔は、いふまでもなく目方を減らすために強さに關係しないところにまうけるもので、軽減孔ともいふ。

枠組桁骨は大型機に使ひ、スプルースの骨組でつくり、骨組の結合部には、添板をして丈夫にし、カゼインでつぎ合はせた上で、さらに小さな釘打をする。

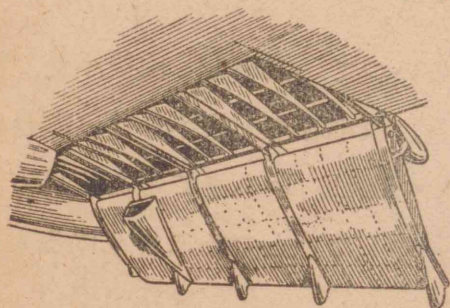
小骨の間隔は、木製小骨や金属小骨では、いづれも150 耗から 300 耗ぐらゐである。

金属小骨も構造からいへば、木製小骨とほとんどかはらないが、最近では大量生産を考へて1枚の板からプレス作業でつくる。

その小骨にはまはりに鋸をもたせ、肉を抜き、さらに丈夫にするために孔のまはりにも鋸を出す。(第65圖参照)。最も大量生産向きで、し



第65圖 金屬小骨



第66圖 補助翼舵柄

かも骨組の結合部がないために、強さの上からいつても振動に對して丈夫である。

補助翼——補助翼は、主翼の後縁

にあつて、全體として主翼の外形を形づくつてゐる。

下げ翼——下げ翼の種類やその原理は、前に述べたが、第66圖はフェウラー下げ翼で、小骨の下面のレールにそつて、下げ翼を下げたところを示してゐる。

胴體の構造

胴體は尾翼を後部の方に取っつけ、内部には乗員や

荷物をいれる。單發の飛行機では、胴體の前部に發動機が取り付けられる。

飛行機の空氣抵抗は、大たい主翼が全體の二分の一、胴體が三分の一、尾翼が六分の一の割合である。したがつて、尾翼のない飛行機では、胴體と尾翼の抵抗がなくなるので、空氣抵抗が半分になる。この考へから無尾翼飛行機といふものが考へ出された。しかし無尾翼飛行機は、もともと安定をたもつ尾翼がないのであるから、まだ研究の域を脱してゐない。

胴體の分類

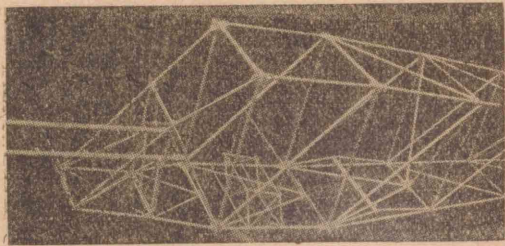
胴體を分けると、次のやうになる。

鋼管熔接	枰組胴體	管材鋸付け	木製枰組		張殻胴體
					半張殻胴體 (左の大圓式構造に注意)
鋼管熔接胴體——上下	に4本の縦通材を通し、				枰組胴體

第67圖 胴體の種類

これらを上下、横斜の支柱でむすび合はせる。鋼管の材料には、軟鋼管、クロム・モリブデン鋼管など

を使ふ。縦通材と支柱などをむすび合はせるところには、すべてガス熔接をする。その部分は強さが二、三割弱くなり、また管の長さが縮まるから注意しなければならない。



第68圖 鋼管熔接胴體

管材鋏付胴體——胴體を管材で組立て、それぞれの管材を結合するところは、結合用の特殊の金具をつくり、鋏またはピンで組立てる。

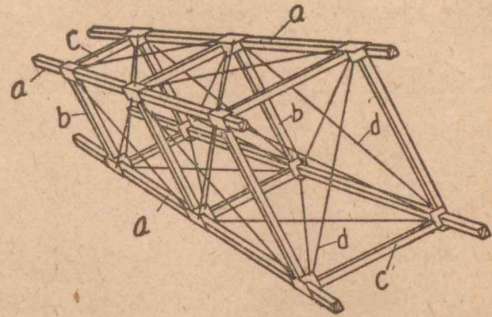
デュラルミン管製の胴體では、熔接ができなかつたので、もつばらこの方法をとつてきたのである。

しかし、結合部の複雑な金具をつくるのに大へんな手数がかり、作業の能率が悪い。

木製枠組胴體——木製枠組胴體は、初期の飛行機に使はれたもので、今では張殻胴體がこれに代つて使はれてゐる。

第69圖は木製胴體で、見るからに弱さうな感じが

する。4本の縦通材と、水平および垂直支柱でできてゐて、矩形の間には十字の張線が張つてある。



第69圖

木製枠組胴體の構造

- (a) 四の隅縦通材 (b) 垂直支柱
(c) 水平支柱 (d) 張線

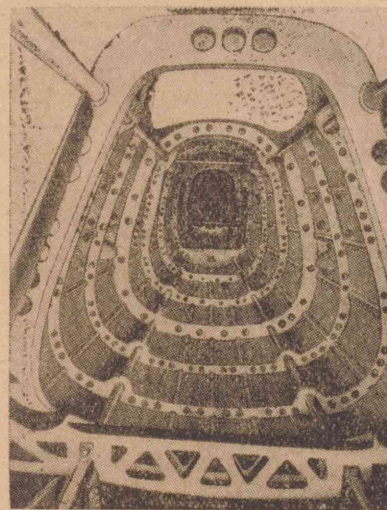
半張殻胴體——

張殻構造は、近年になつてにはかに進歩して、今日の高性能機には、この構造の胴體が非常に廣く使はれて

ゐるのである。

半張殻胴體では、金屬の外板が外形をつくつてゐて、そのうへ強さを受けもつてゐるから非常に丈夫になり、胴體の内部を廣く使ふことができる。

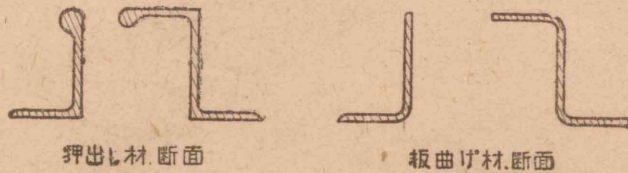
半張殻胴體は縦通材、肋材(框)、外板の三つ



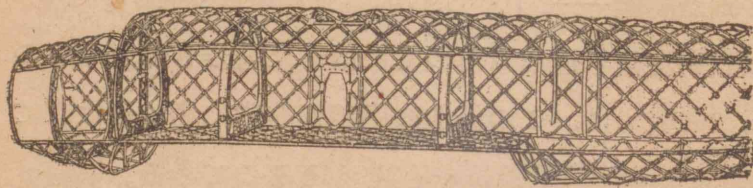
第70圖 張殻胴體

からできてゐて、これらを互ひに鋏付けして組立てる。

胴體の外面には、空氣抵抗を少くするため、鋸頭の
出ない沈頭鋸といふものを使ふ。



第71圖



第72圖 大圈式胴體構造

また張殻の外皮には、デュラルミン板、超デュラル
ミン板の厚さ0.5耗から1.5耗ぐらゐのものを使ひ、
縦通材には第71圖に示すやうな、押出し型材や板曲
げ材を使ふ。

大圈式胴體構造は、張殻を籠編みのやうにしたもの
で、この構造によれば、胴體の重量を約3割減らすこ
とができる。第72圖はその代表的なものである。

張殻構造は特殊の縦通材がなくて、肋材と外板だけ
で強さをもたせるものであつて、木製機に使はれてゐ

る。そして金屬機にはまだ使はれてゐない。

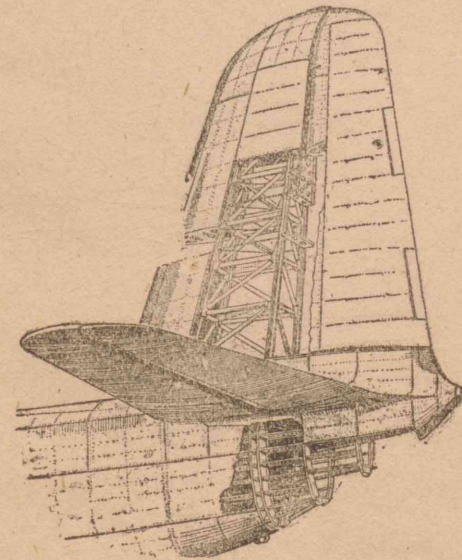
木製機の場合には、外板に合板を使つてゐる。

尾翼の構造

尾翼は、水平尾翼と垂直尾翼とからできてゐる。水
平尾翼を分けると、水平安定板と昇降舵となり、垂直
尾翼は、垂直安定板と方向舵とになる。

垂直尾翼は原則として、プロペラによる風の流れが
あたる範囲におく。この意味からいつて、單發飛行機

のときに
は垂直尾
翼が一つ、
双發飛行
機るとき
には二つ
ある。し
かし例外
として、
双發のも
のでも、
垂直尾翼



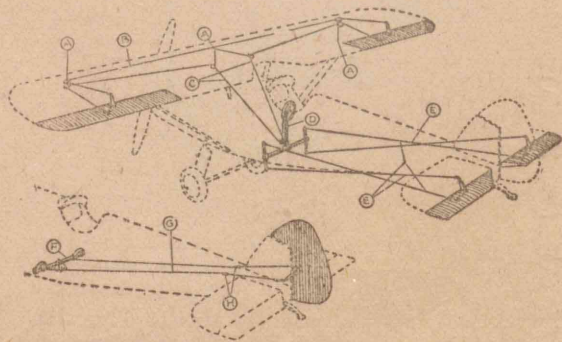
第73圖 垂直尾翼の構造

が一つしかないものもある。

尾翼の役目は、前にも述べたやうに、機體の安定と操縦舵とにある。

最近の飛行機には、昇降舵と方向舵にタブといふものをつけて、つり合ひを取るものがある。タブがないものは、尾翼の取付角を調節することができるやうになつてゐる。

尾翼の構造は、第 73 圖に示すやうに、主翼と大たい同じであるが、ただ面積が小さいので主翼よりも構造が簡単である。



第 74 圖 操 縦 装 置

操 縦 装 置

飛行機には、これを思ふやうに飛ばせるために操縦装置といふものがある。操縦装置は昇降舵、補助翼、

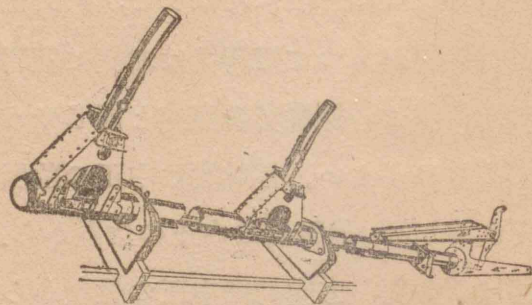
方向舵の三つを動かす。そしてふつう昇降舵と補助翼は操縦桿で操作する。踏棒は方向舵を動かす。大型機になると、補助翼にかかる力が大きくなり、操縦に骨が折れるので、多くはハンドルを使ふ。操縦桿を前にたほすと、昇降舵が下つて飛行機は頭を下げる。踏棒の右側を押すと、方向舵が右にかたむいて飛行機は頭を右に向け、操縦桿を右にたほすと、右側補助翼が上り、左側補助翼が下つて飛行機は右側に傾斜する。このやうに飛行機は、操縦者の直感と同じやうに操縦できるのでぐあひがよい。補助翼は中正の位置から上下にそれぞれ 20 度、昇降舵は中正の位置から上側に 30 度、下側に 20 度、方向舵は中正の位置から左右にそれぞれ 30 度ぐらゐ動く。

操縦桿や踏棒には、鋼管またはアルミニウム合金管を使つてゐる。

操縦系統には、複撚柔軟鋼索といふ索か、または引抜管を使つてゐるが、實際は索と桿を兩方とも使ふことが多い。索には、伸びやゆるみが出るといふ欠點があり、桿は重量が重くなるきらひはあるが、ゆるみがないといふことがすぐれた點である。索の曲り角には、すべりをよくするために球軸受といふ軸受を入れた滑

車を取りつけ、索のたはみを防いだり、索の案内としたりしてゐる。索にはゆるみをとるために、タンバックルといふ装置がしてある。

初等練習機には、教官と練習生が同乗するので、どちらからでも操縦することができるやうな二重操縦装置が取りつけてある。



第75圖 操縦装置

前は練習生用操縦桿、後は教官用操縦桿

降着装置

降着装置は、飛行機が陸上や水上、あるいは雪に覆はれてゐる場所で發着するときに、飛行機の脚の役目をするものである。この脚は無駄な空気抵抗を受けて、飛行速度をにぶらせるので、最近の陸上機は、ほとんど引込脚になつてゐる。水上機の足にあたる浮舟は、形が大きくできてゐるため、引込式になつてゐない。

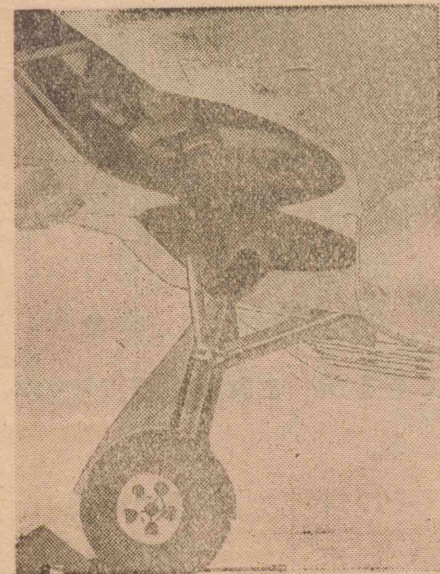
陸上機脚

陸上機の降着装置は、主翼の下についてゐる2箇の主車輪と、胴體の後部の尾輪からできてゐる。

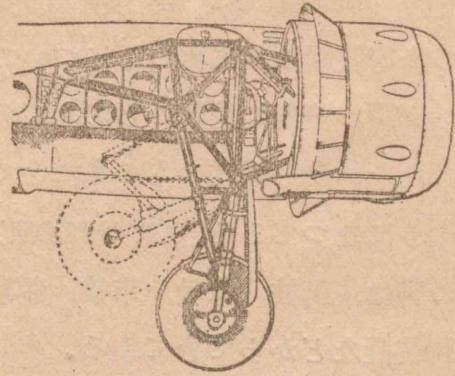
尾輪をもたない3車輪式のものもできて、最近盛に使はれるやうになつてゐる。(第49圖参照)

陸上機の脚は、脚柱、車軸、車輪、制動機、緩衝装置、引込脚装置などからできてゐる。

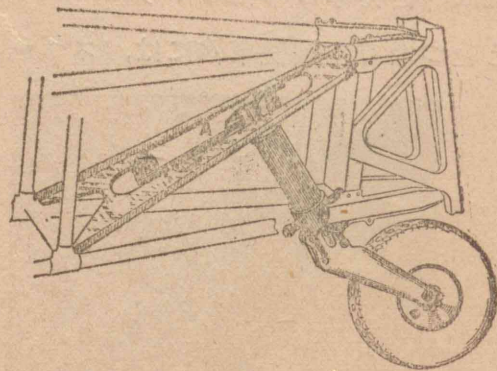
車輪には、スポーク車輪と圓盤車輪とがある。スポーク車輪は、自轉車の車輪のやうに、スポークでハブとリムとをつなぐ。圓盤車輪には、スポークの代りに



第76圖 主翼に引込む脚



第77圖 ナセルに引込む脚



第78圖 尾輪

薄板を使つてあるが、これは空気抵抗が小さく、そのうへ丈夫である。

タイヤは、その内部の空気壓力の大小によつて、高壓(3~5 氣壓)、中壓、低壓(1.5~2.0 氣壓)に分れる。高壓タイヤは、大きな衝撃力を受けるが、高壓にする

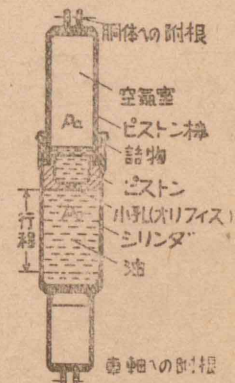
と大きな荷重を受けることができるので、タイヤを小さくすることができて便利である。

最近の高性能機は、空気抵抗を極度に小さくするために、その主翼を薄くつくつてあるので、車輪を引きこむ場所が充分につくれない。高壓タイヤは、小さくつくれるので、こんなときにも便利である。

制動機は、その働かせ方によつて機械式、油壓式、壓縮空氣式の3種に分れる。最近はその中でも油壓式壓縮空氣式が多く使はれてゐる。

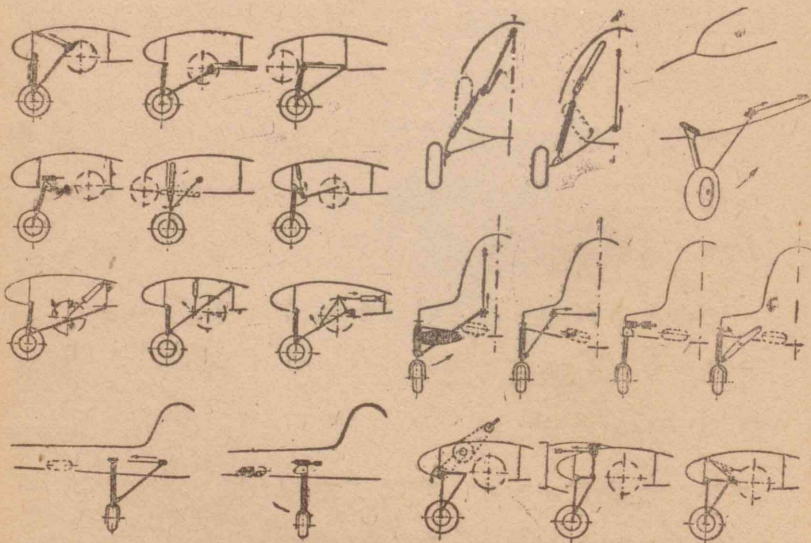
飛行機が着陸するばあひ、地上 400 呎から 500 呎の高さで速力が落ちるため、翼の揚力が少なくなつて、落下するやうなことがある。

このとき脚のうける衝撃を緩和するために、緩衝装置が設けてある。これにはゴム紐、ゴム圓盤、バネ、發條式オレオ、空氣式オレオ緩衝装置など多くの種類があるが、このうちで空氣式オレオが一般に使はれてゐる。第79圖は、空氣式オレオ緩衝装置の構造を示したものである。



第79圖 空氣式オレオ緩衝装置

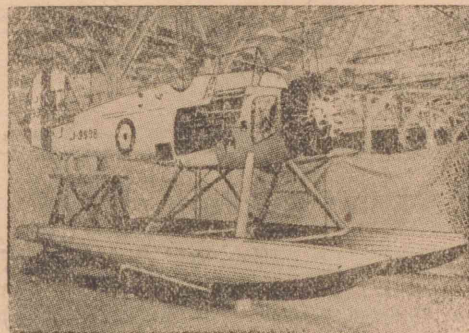
脚の引込式機構には、油圧式、機械式、電気式などがある。油圧式が一ばん多く使はれてゐる。車輪は、単発のばあひは翼や胴體の中などに引き入れ、双発のばあひは、ナセルの中に入れる。第77圖はナセルの中に引込む脚の例、第76圖は翼の中に引込む脚の例である。第80圖は、引込脚のいろいろな方式を示してゐる。



第80圖 引込脚の種類

水上機浮舟

浮舟には、単浮舟型と双浮舟型とがあることは前にも述べた。この浮舟は、車輪のやうに引込むことがで

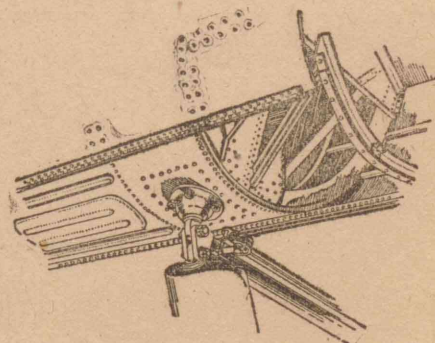


第81圖 双浮舟型

きないので、飛行性能は陸上機にくらべて劣るわけである。

浮舟は海水のために腐つたり、水が入つたりしやすい。このために、板を重ねたところに水密塗料をぬり、鉄のピッチを胴體あるひは主翼などより細かくし、念入りに釘づけする。そして浮舟の底面は、すべてV字型にしてある。浮舟の底面に設けてあるステップは滑水の水のときの水切れをよくする。

浮舟の内部は、数箇の防水隔壁で區切り、一箇所から水が入つても飛行機が顛覆しない



第82圖 脚支柱の取付部

やうにしてある。それぞれの防水區劃には窓がまうけてあり、この窓から内部を點檢する。

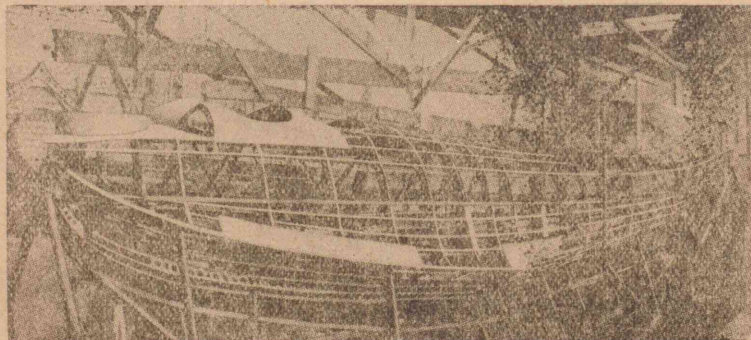
浮舟の後端には、水中舵を設けて、水上での旋回をしやすくしてあるものが多い。

脚支柱の取付部は、強い力にたへなくてはならないので、この部分には特に大きな隔壁を設けてあつて、外板も厚くしてある。

艇 體

飛行艇の艇體は、陸上機の胴體と水上機の浮舟を兼ねてゐる。したがつて、胴體と浮舟の役目を同時にするわけであるから、飛行中は空氣抵抗が小さく、水中では水の抵抗が小さくなるやうにつくられてゐる。

艇體の構造は、胴體とほとんどかはりなく、横に隔壁を設け、これに縦通材をつないで外板を張つてある。

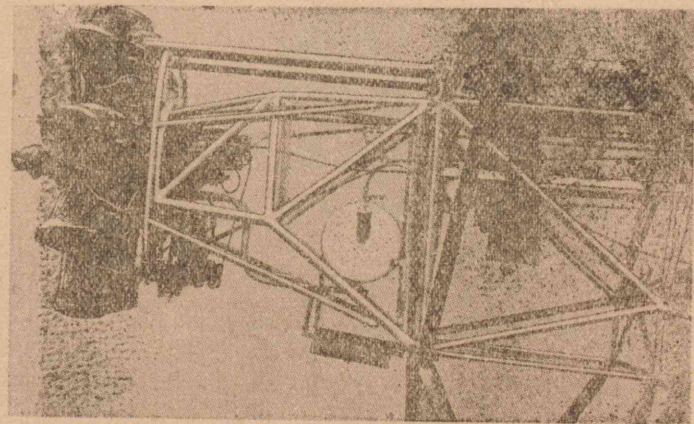


第83圖 艇體の骨組

艇體の底面は、浮舟と同じやうにV字型につくり、底面の途中には、1つか2つのステップをつけて、滑水のときの水切れをよくしてゐる。

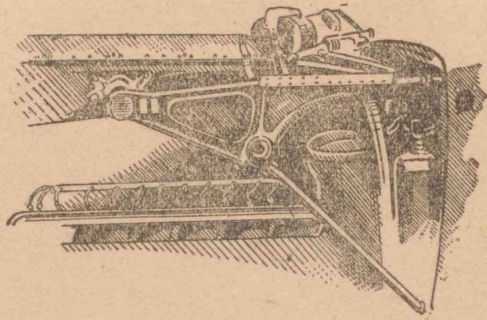
發 動 機 架

發動機架は、發動機が空冷か液冷かによつて、その構造がちがふ。空冷發動機には、鋼管熔接が多く、液冷發動機は、管材や板材を鋸づけしたものが多い。最近では、アルミニウム合金や鋼に代つて、マグネシウム合金が使はれてゐる。マグネシウム合金は比重が小さく、強度が割合に大きい。そのうへ型鍛造が容易なため、大量生産に適してゐる。



第84圖 鋼管熔接の發動機架

また發動機架には、振動を防ぐために、特殊なゴム入防振装置が使つてある。



第 85 圖 マグネシウム合金の發動機架

7. 飛行機のできるまで

飛行機工場とはどんなところか

飛行機は機械に属する部分と、發動機やプロペラに属する部分とに大きく分けられる。そして機體は機體で、發動機は發動機で、それぞれ非常にたくさんの部分から成つてゐる。

これをつくるのにも、一つの工場で機體から發動機、プロペラ、その他のこまごました部分までつくるといふやうなことはなく、機體は機體で、發動機は發動機で、それぞれ獨立の工場でつくつてゐる。

またこのほかにプロペラだけをつくる工場や、飛行機につけるいろいろな計器類だけをつくる工場、飛行機の材料だけをつくる工場などがまた獨立して仕事をし、全體として大きく國家の要求を充たしてゐるのである。

分業——例へば、機體をつくる一つの工場だけをとつてみても、主翼をつくる係、胴體をつくる係、すべてを一つの機體に組立てる係などに分れてゐる。

發動機をつくる工場でも、プロペラをつくる工場でも、これと同じである。

また例へば、發動機をつくる工場でも、15,000 箇といふ大小さまざまな部分品を順序よくつくり上げ、組合はせて行かなければならないので、一人で何もかもつくることはできないし、部分品をつくった人が、これを組立てる仕事をすることもできない。

つくる飛行機の数が多くなればなるほど、そこに働く人の数は多くなるが、またその人々の間での分業もこまかくなつてゆく。

一人の人は旋盤についてネジだけを切つてゐる。他の人は一日中、發動機の一小部分を組立てる仕事だけをしてゐる。その仕事だけを見れば、飛行機と何等関係がないやうにさへ見える。

しかし、このやうな取るに足りないやうな小さい仕事がたくさん集らなければ、發動機はできない。

一人でやる仕事の範囲が小さくなればなるほど、工場生産の技術はそれだけ進歩したものといふことができるのである。

責任——このやうに、仕事がこまかく分れば分れるほど、一人一人が受けもつ仕事の分量は小さくなる

が、責任もそれだけ軽くなると考へることができるだらうか。

工場の仕事は、このやうに細かく分れてをり、網の目のやうにこみ入つてゐるので、よほど細密な計畫を立てなければできないし、この計畫にしたがつて仕事を割当てられたならば、各自はその仕事を全責任をもつて遂行しなければならないのである。

航空機のやうに、無駄な部分が一つもないやうに、できるだけ切りつめてつくつてある機械では、どの一つの部分をとつてみても重要でないところはない。それ故どんなに小さい部分の仕事を受けもつてゐても、その小さい仕事をおろそかにするといふことが、飛行機全體の製作をおろそかにするといふことになる。各自の責任はそれだけ重いわけである。

この責任は、ただ會社に對する責任であるばかりでなく、今日のやうな戦時下にあつては、それは國家に對する責任となるのである。

協同——各自がその責任を果すためには、自分だけが一生懸命努力しただけでは、その目的を果すことができない。

自分の前の工程を受けもつ人や自分の後の工程を受

けもつ人との連絡、すべての人が力を合はせるといふ協同一致の精神が大切である。

工場の組織は、少い労力ででき高を多くしようとする一つの手段であつて、その中に含まれるそれぞれの組、それぞれの工員の力を十分に發揮させ、お互ひによく協力させるやうに仕組まれてゐる。

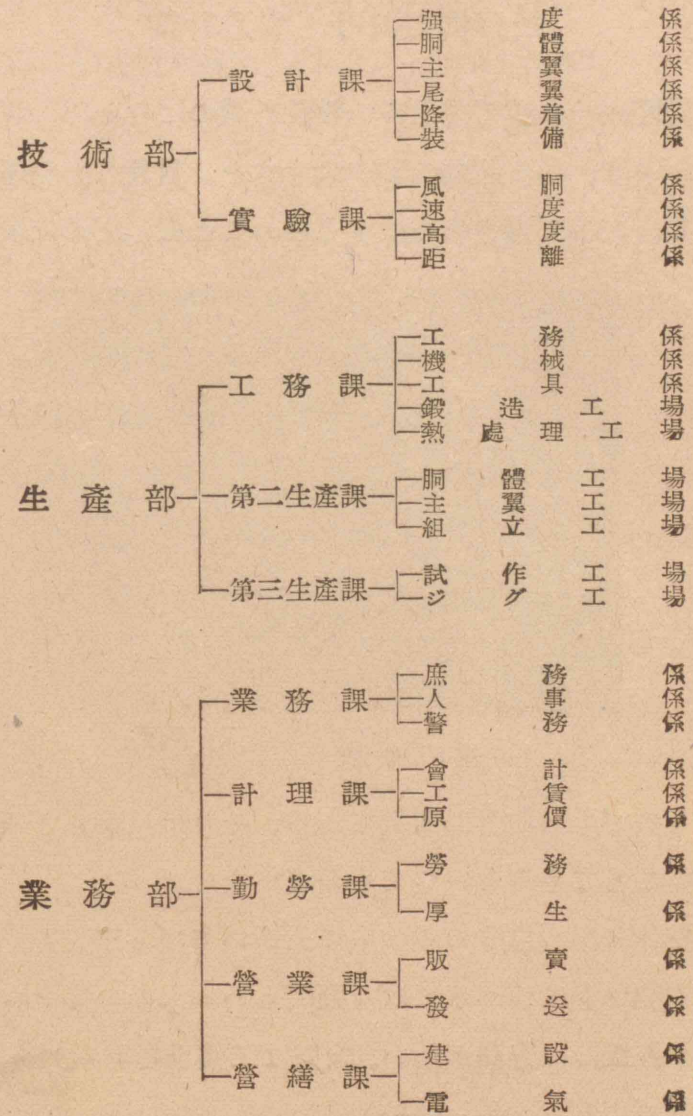
しかし、組織が協力するやうに仕組まれてゐるからといつて、その中にゐる人が協同の精神を欠き、仕事をなまけて遅らせたり、突然休んだり、または仕事をごまかして不良品を知らぬ顔でつくつたりするやうなことがあれば、どんなに組織が立派でも、たうてい最後の目的を達し、責任を果すことはできない。

戦陣訓の第五に、

「各隊は互に其の任務を重んじ、名譽を尊び、相信じ相援け、自ら進んで苦難につき、戮力協心相携へて目的達成のため力闘せざるべからず。」

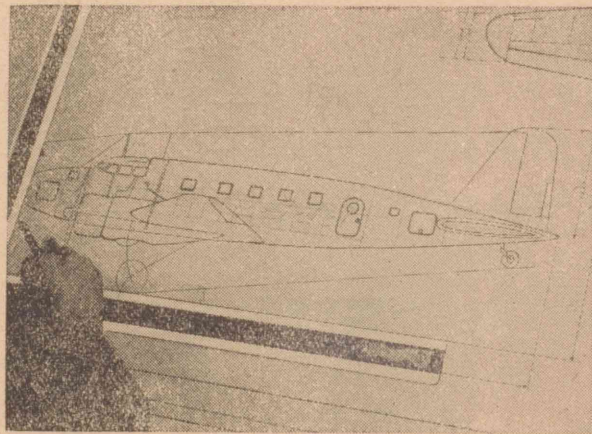
とさとしてある。

工場の組織——大たい飛行機工場の組織を一般的な形であらはすと、次の表のやうにならう。



飛行機の設計と製造計画

圖面——まづ工業上の一般設計圖のことから、考へてみよう。ある品物の形や大きさを、言葉でいひあらはし、文字で書きあらはすといふことは、どんな簡単



第 86 圖 設 計

なものでも、非常に面倒である。それはほとんど不可能なことであるといつても差支へない。

設計者が、自分の心の中にゑがいてゐる工夫を、正しく製作者に傳へるには、圖面といふものの働きを利用するほかに方法がない。圖面は工業上の言葉であり、文章である。

圖面といふこの工業上の文章は、これを讀みとるた

めに、一應基礎的な勉強をしなければならない。

特に飛行機の機體の圖面は、その主材料である平らな薄板が折り曲げられたり、しぼり出されたりして、立體的なものにつくり上げられるのであるから、その書方や讀方が特別である。またあの飛行機の大きな形を、小さな圖面にあらはすのであるから、例へば、縮尺 $\frac{1}{5}$ 、或は $\frac{1}{20}$ を頭の中で擴大して讀むといふ力がなければ、これを正しく知ることができない。

仕様書——飛行機は、まづ仕様書といふものによつて、基礎設計が行はれる。例へば、1臺の旅客機をつくらとする。

常用高度	6,000 米
航 續 距 離	10,000 浬
航 續 時 間	60 時間
搭 載 重 量	10 噸(内旅客 30 名 2.5 噸)
全 備 重 量	17 噸
經 濟 速 度	毎時 300 浬

これが仕様書のあらまして、これをもとにして發動機の馬力をいくらにし、何基に分けるか、主翼を低翼にするか中翼にするか、車輪をどのやうに引込ませる

か。また垂直尾翼を1枚にするか、2枚にするか、といふやうな、基礎設計にとりかかるのである。

その基礎設計をもとにして、その飛行機の模型をつくり、それを風洞といふ装置に入れて強い風をあて、前に述べた揚力、抗力などの空気力學的性質をしらべる。この風洞実験から得た資料によつて、性能計算を行ひ、それが仕様書の速度、航続距離、航続時間などと合つてゐるかどうかをしらべる。

つぎに基礎設計がもとになつて、一つ一つの部分品について細かい製作圖面が生まれ、それが枚數にするに4,000枚、延べ面積にして約800平方メートルばかりの原圖になる。この圖面は、機體關係では、次のやうな各部に區分される。

全體圖、胴體圖、尾翼圖、降着装置、發動機操作装置、操縦装置、燃料装置、給油装置、冷却装置、室内裝備、下げ翼、補助翼、射撃装置、主翼、爆撃装置、寫眞装置、計測装置、電氣装置、自動操縦装置、油壓装置、方向探知装置、無線通信装置

製造計畫——技術部の設計課で設計した圖面をもとにして、透過用紙（トレーシングペーパー）といふ半透明の薄い紙にうつし取り、青寫眞に焼きつける。青

寫眞は、同じものを何枚も何枚も簡単に複製される。そして計畫部と生産部に配布される。

そこで計畫部長は何月に何機、何月に何機といふやうに、生産豫定機數を示して、圖面と一しよに工務課と材料課に下げ、それぞれ準備を命ずる。

工務課では圖面をよく讀んで、仕事の分量や時期などを考へ、どこの工場にはどの仕事をさせ、どこの工場に何人の工員を増員し、また工作機械を何臺入れなければならないといふやうな、細かい作業の膳立てをする。

そして作業傳票（クーポン）を發行して、各工場の作業班に仕事を申しわたすのである。作業傳票は、その動いてゆく経路や働きが、非常に能率を左右するから、各飛行機會社では、いろいろとその効果を工夫して發行してゐる。

工務課——工務課では、そのほか細かい部品表や、工程表をつくつて、作業をはじめののに何の差しさはりも起らないやうに準備する。

工務課は、いはば製作業務の參謀本部である。

次に材料課では、やはり圖面から所要の材料をひろつて材料表をつくり、計畫部長の示した生産豫定表に

品 種 形 状	鋼	軽合金	銅(合金)	%
棒 角 材	炭素鋼	アルミニウム アルミニウム合金材 マグネシウム合金材		52 %
	特殊鋼			
型材		アルミニウム合金押出 型材 アルミニウム合金板曲 型材		6 %
管 材	特殊鋼管	アルミニウム管 アルミニウム合金管		3 %
			銅管 黄銅管	
板 材	炭素鋼板	アルミニウム板 アルミニウム合金板 マグネシウム合金板		35 %
	特殊鋼板			
			銅板 黄銅板	
線 材	鋼(鉄)線	アルミニウム合金線		4 %
	鋼索(操縦索)			
			銅線	
重量	48.5 %	44.0 %	7.5 %	100
體積	23.0 %	74.4 %	2.5 %	%

照らし合はせて、納入期日を豫定し、材料を材料會社から買ひ入れる手續きを取る。

およそ飛行機の主な材料は金屬で、そのあらしの種類と、これを使ふ割合を、機體關係だけについてしらべてみると、96頁の表のやうになる。

この表をしらべてみると、エンジンをのぞいた機體だけの重さでは、鋼材が輕合金材よりもたくさん使はれてゐることに氣がつく。しかし、體積で比べてみると、鋼材は輕合金材の $\frac{1}{4}$ にすぎないのである。

發動機工場

部品工場にまはるまで——發動機は、發動機専門の工場につくられる。部品工場で部分品がつくられて、嚴密な検査を受け、組立工場にまはつて組立てられる。

何萬坪といふ廣い敷地の中に働く何千人、何萬人の精神が、この重量わづか500斤の發動機一つに集中されるのである。

前に述べたやうに、設計課でつくつた圖面は工務課にまはり、そこでそれぞれの係によつて、素材や製作上必要なジグや工具などが用意される。素材のうちでも、或るものは鍛造工場にまはされ、或るものは鑄造工

場にまはされ、また或るものは材料會社に注文される。

このやうにして、材料倉庫の係に材料が入つてくると、その品物が注文通りにできてゐるかどうかをしらべ、計畫にしたがつてまづ部品工場にまはす。

部品工場——部品工場には、工場課でつくつた作業傳票と、設計課でつくつた圖面と、材料とが一しよになつてまはつてくる。

部品工場には、工場事務所があつて、部品の種類によつて、それぞれ受けもちの組にこれをまはす。それぞれの組は、事務所を通して、素材と圖面と作業傳票とを受けとる。

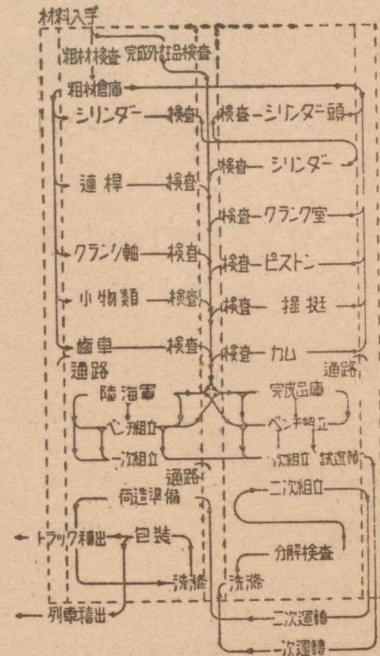
さて、一つの部分品でも何十といふ工程を通らなければ、部分品として完全なものにでき上らないし、そのたくさんの工程は、加工する上に最も都合のよいやうに配列されるものであるから、部品工場の中の機械は、部分品をあちこち持ちまはらなくても、次から次へと仕事が進むやうにならべられてゐる。これを大きく考へると、發動機に組立てられる部分品が、次から次へと流れるやうに集つてくるやう、工場全體が計畫的に組合はされてゐるのである。

第 87 圖は、代表的な發動機工場の工程の進みぐあ

ひを示したものである。この工場の建物は、幅 120 米長さ 300 米で、その中央と左右兩側には、大きな通路が設けてある。

部分品の進行の有様は、圖によつても分るやうに、素材はすべて左右の通路から入り、それぞれの工程を経て、最後に検査を受け、部分品として完成するのである。そして中央の通路から組立に移るのである。

部品工場は、その中が大きくいくつかに分れてゐて、この圖では氣筒や連桿、クランク軸、齒車といふやうな鋼材關係の部分品を取扱ふところと、氣筒頭やクランク室、ピストンなどのやうな主に輕合金關係のものを取扱



第 87 圖 發動機工場工程圖

ふところに分れてゐる。また或る工場では、第 1 の工場て、クランク軸や連桿、プロペラ軸など鋼材關係の

ものをつくつて居り、第2の工場では、氣筒頭、クランク室、ピストン、過給器室など輕合金關係、第3の工場では、齒車類、第4の工場では、その他の小物類をつくつてあるといふやうな有様である。

そして、いづれも最後に組立てたり、分解検査をしたり、試運轉をしたりする工場がある。

しかし、ただこの圖を見ただけでは、きはめて簡単なやうであるが、各主要部分品の一工程は、高級な工作機械の排列であり、それぞれ複雑で面倒な仕事のつながりである。

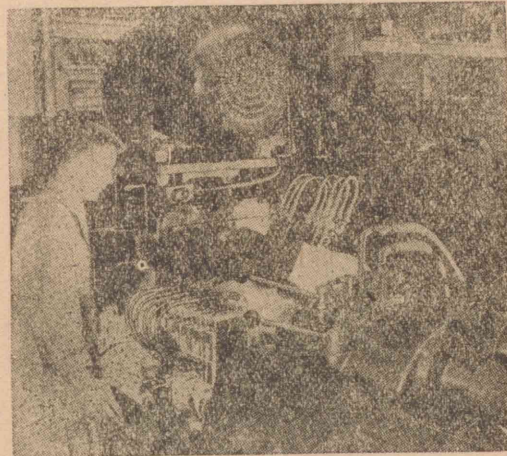
例へば、氣筒だけの作業工程を數へてみると、40工程になり、連桿は25工程前後、クランク軸も40の工程を経てはじめてでき上る。

それでは、二、三の部分品について、それがどのやうにしてでき上るかを見よう。

氣筒——普通に星型發動機では、氣筒は非常に硬い窒化合物鋼といふ鋼でできてゐて、はじめ40匁の素材が加工してでき上ると、わづか4匁になつてしまふのである。それほど、その



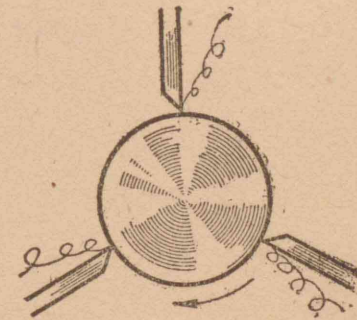
第88圖 氣筒



第89圖 多双旋盤

加工には手數がかかるのである。

冷却用の鱗は、削り出すのであるが、これを削る旋盤は、普通の旋盤とはちがひ、第90圖のやうに3方から双物が出てゐて、その一つをとつてみると幅5

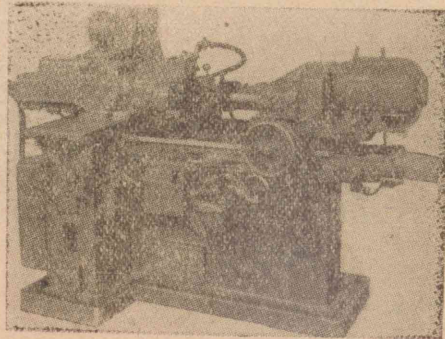


第90圖

耗ぐらゐの狭い双物が、鱗の溝の數だけ齒の齒のやうに出てゐるものである。この3組の双によつて、見る間に17本ほどの鱗が削り出されるのである。

氣筒の工程の中で、一ばん重要なのは内面の加工で

ある。この孔は星型発動機の場合には、第91圖のやうな、内面研磨盤で研磨仕上げされるが、水冷式の直列気筒のばあひは、高速中ぐり盤といふ機械と、ホーニング盤といふ機械で仕上げられる。

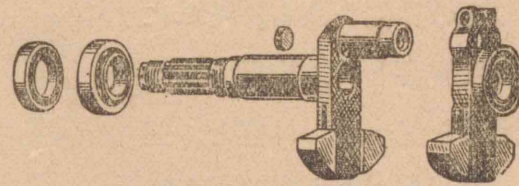


第91圖 内面研磨盤

クランク軸——クランク軸は、飛行機の動力のともになるところであるから、材料にもクロム・モリブデン鋼といふ特殊の鋼が使つてあつて、非常に硬く、その構造の上からいつても、一ばん工作に困難な部分品である。はじめは二つに分れて、部分品工場に入る。

まづ鍛造した素材を、クランク旋盤といふ旋盤にかけて主軸とピン部とを削る。これは専門の機械であつて、使ふのにはなかなか技術のいる機械である。次に釣合錘のところなどをフライス盤で削り、重量を減らすために軸の中心にボール盤で孔をあけ通し、さら

に軸の外側にスプライン溝といふ特殊な澤山の溝を削り、一たん熱処理工場に出して硬くして、研磨仕上げをする。研磨仕上げで太すぎても $\frac{1}{100}$ 耗以内、細すぎても $\frac{1}{100}$ 耗以内（これを $\pm \frac{1}{100}$ 耗といふ）ぐらゐの精密さに仕上げ、二つの部分を組合せて一つものにし、組立



第92圖 クランク軸

てたものを最後にさつともう一度研磨仕上げする。

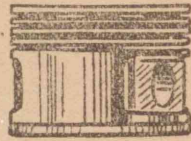
最後に、釣合試験といふ試験をして、この凸字のやうな形をした軸が、平均につり合ひがとれてまはるかどうかを試験し、これを修正するための加工をする。もしこのつり合ひがとれてゐないと、高速回転をしたときに、発動機全體の振動の原因となるからである。

この釣合試験をするには、いろいろの方法があるが、いづれも一長一短で満足なものは一つもない。それは釣合試験をして見出した不つり合ひを修正する仕事は熟練工が手仕上げでやらなければならないからである。

ほかの仕事は、大てい熟練工を要しないくらゐすぐ

れた機械を役立たせてゐるのに、この仕事だけは、今のところ熟練工の熟練にたよらなければできないのである。

ピストン——ピストンは、デュラルミンといふ軽い合金を鍛造したもので、全體が一つの圓壩であるから、まづ旋盤でその外側を削る。それには、自動多刃旋盤といふ旋盤もあつて、この機械を使へば、外径と、三つのリング溝（ガスのもれるのを防ぐための輪の入る溝）削りや、頭



第93圖
ピストン

中心孔もみ、下端の面削りなどが同時に、そして自動的に行はれる。

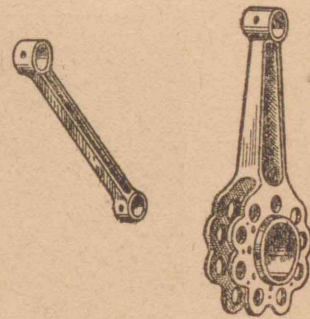
この旋盤加工の後で、ピン孔の精密中ぐりと外径の最後の仕上げが行はれる。ピストンは毎秒40回ぐらゐ往復するものであるから、すべりをよくするためにダイヤモンドを先端につけた刃物で、非常に速い回転で削るのである。

研磨仕上げをすることもあるが、そのとき注意すべきことは、研磨のためにピストンが熱せられ、膨脹することである。それも、ピン孔があつたり、そのまはりにボスといつて、筒形の餘分の肉がついてゐるため

に、一様に膨脹しないのである。それで、あらかじめ1,000分の何耗か楕圓形に仕上げたおいて、冷えてから實際に使ふときには本當に丸いものになるやうにするのである。このやうな加減をして研磨することのできる研磨盤に、特殊な楕圓研磨盤といふ機械がある。

そして、最後にやはり重量の調整が行はれる。それは、このやうなピストンが、一臺に氣筒の數だけ、すなはち7氣筒ならば7箇、9氣筒ならば9箇つくので、もしその目方が、それぞれ同じにできてゐなければ、やはり高速回転をしたとき振動を起すものになるからである。

連桿——星型發動機では、連桿の断面はH字の形をしてゐて、中央の肉はフライス盤でぬすみ削る。一ばん大切な、クランク軸につながる孔と、そのまはりに副連桿を取



第94圖 連桿

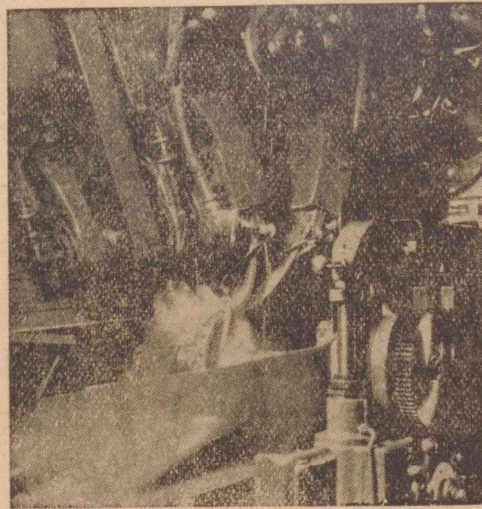
りつけるためのピン孔の内面は、やはり特殊なジグを使つて内面研磨盤で仕上げられる。

この部分品は鍛造品で、特にくり返しくり返し外か

らの大きな力を受けるので、ピンのつく孔はいふまでもなく、不必要と思はれるやうなところまで、きれいにみがき上げられる。それは、わづかな刃物の疵でもあると、それがもとになつて破壊するおそれがあるからである。

外から見える疵ばかりでなく、内部にある疵さへ見つけ出して、あとで故障が起るのを防がうといふので、磁気探傷機といふ機械などまで使つてしらべる。そのためにも、表面はきれいにみがいてあつた方がよいのである。

歯車——航空發動機には、1臺に80箇ぐらゐの歯



第95圖 齒車加工

車が使はれるが、その種類も非常に多い。

大ていは、ニッケル・クロム鋼といふ非常に強い特殊鋼でつくり、できるだけなめらかにかみ合つて、損失なく動力を傳へるやうに、精密につくる。

歯車の正確さといふのは、主にその歯と歯とのピッチ(歩み)と、歯のかみ合ふ面の曲線についていはれるのであるが、ピッチでは $\frac{5}{1,000}$ 耗ぐらゐまで精密に検査する。

歯型の曲線も、かみ合ひの凹凸をグラフであらはずやうな試験機があつて、きはめて正確に検査する。

それゆゑ、特殊な歯車になると、歯の面を研磨した上に、ラッピングといつて、かみ合はせたままお互にすり合はせるやうな加工をほどこす。そして、凹凸の程度が $\frac{5}{10,000}$ 耗ぐらゐになるまで、精密に仕上げるのである。

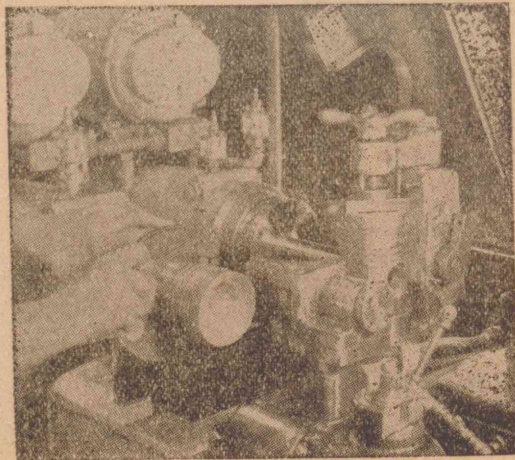
また中には、歯面に窒化といふ加工をして、その表面をガラス以上に硬くするものもある。

ネジ類——航空發動機は非常に大馬力で、しかも非常に高速度で回轉するから、振動も多く、部分品同志を組合はせて止めてゐるネジの類も非常に精密でなければならない。

精密なネジは、 $\pm \frac{1}{100}$ 耗ぐらゐまで精密に加工される。いかに小さいネジであつても、飛行士の生命と国防の大きな使命とをになつてゐることを考へれば、決しておろそかにすることはできないのである。

このやうなネジを切るには、半自動的なターレット旋盤、特殊なネジ切り自動盤、ネジ切りフライス盤などがあり、さらに精密なものは、ネジ研磨盤で研磨仕上げをほどこす。

検査——でき上つた部分品は、物によつては $\frac{1}{1,000}$ 耗の誤差があつても、これを使ふことができないから、どんな小さな部分品であつても、厳密な寸法検査や、重量検査が行はれる。



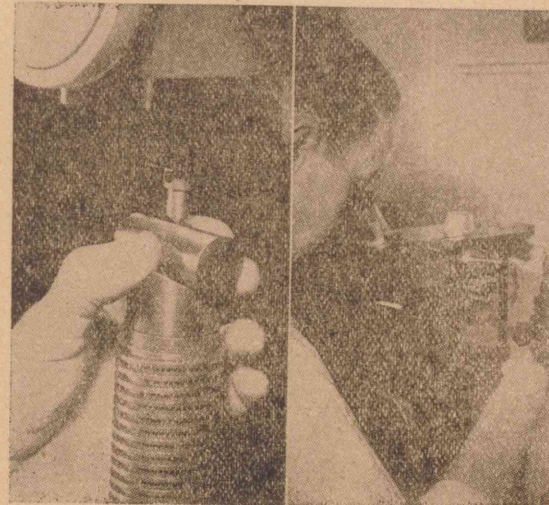
第96圖 部品検査

一にも軽いこと、二にも軽いこと、三にも軽いことを望まれてゐる飛行機であるから、特に部分品の重量について検査が行はれるのは當然である。

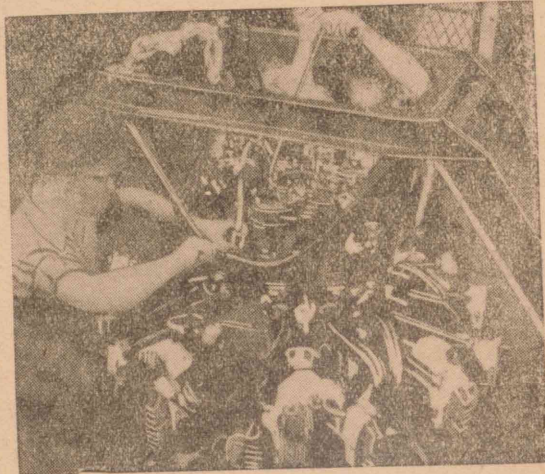
また、部分品の丈夫さといふことは、發動機の生命に非常に重大な関係をもつてゐるから、いろいろの試験器を使つて、部分品の一つ一つをていねいに試験する。

またものによつては、外から見えるところばかりでなく、顕微鏡を使つて内部の状態まで嚴重に検査する。

組立工場——いろいろの検査に合格した精巧無比の部分品は、まづ小さい組立部分に組立てられ、河の流れ



第97圖 硬度試験



第98圖 發動機の組立

れのやうに次々と大きくまとめられて、最後に全体の組立工場に送られ、發動機に組立てられる。

まづ氣筒と氣筒頭が組立てられ、組立臺にクランク室が取り付けられ、それにクランク軸がつけられる。クランク軸には、連桿がピンでつながれてゐる。それに氣筒の部分がつき、ピストンがつき、齒車類やカム軸などが取り付けられる。そしてそのほかのこまごました部分も取り付けられる。

組立て終つた發動機は、最後に専門の技術者の手で瓣關係の調節が行はれる。そして發動機の組立は終つたことになる。

試運轉——組立を終つた發動機は、試運轉室に運ばれて、ここで、最初の生命が吹きこまれ、數時間の連続試験が行はれる。この試運轉は生産工場でする第1回の試運轉で、この試運轉が終ると、折角でき上つた發動機はもう一度分解される。そして、検査室でまたこの分解した部分品について細かい検査をする。

もしこの検査が通れば再び組立てて、約5時間第2回の試運轉をする。これではじめて、一人前の發動機となるのである。

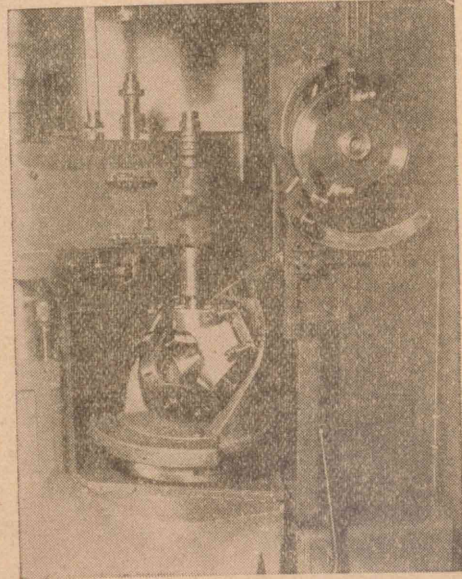
このやうにして、いくつかの工程といろいろな嚴密な検査をした後、でき上つた發動機は、躍動の日をまつて、倉庫の前にならぶ。

そして、そのままトラックでつみ出すか、包装した上で貨車につんで、機體に取りつけられるために、工場の門を出て行くのである。

プロペラ工場

プロペラも發動機と同じやうに、獨立のプロペラ工場で作る。

金屬性3枚翅の可變節プロペラを例にとるならば、3枚の翅のつく根もとのところにあるハブは、ニッケ



第99圖 ハブの孔研磨

ル・クロム鋼材で鍛造したものを素材とし、機械加工をして孔を研磨する。

翅は一枚一枚鍛造したアルミニウム合金で、うつしとりフライス盤といふ機械で、正確な原型となるプロペラからその形をうつしとる。そして、できたプロペラの一つ一つの翅の重量をしらべる。その間には、可變節のこまごました正確な装置ができ上つてゐるから、最後にこれを組立て、3枚の翅がつり合ひがとれて、なめらかにまはるかどうかをしらべる。もし不つり合

ひの翅があれば、翅の合理的な形をくづさないやうにして、手で削りとつてつり合ひを良くする。このつり合ひをとつて、最後の仕上げをする仕事も、全く手の熟練によつてやるよりほかに、機械で多量的にやるといふやうな方法がない。かうしてでき上つたプロペラは、飛行機の組立工場に送られる。

機 體 工 場

機體——飛行機といへば、まづ鳥の形をした美しい流線形の機體を想像する。發動機も飛行機に取りつけられるものは、特殊な使命と性能とをもつてゐるが、特に機體すなはち翼と胴體とは飛行機獨特のもので、飛行機に關する學問といへば、まづ翼の科學で代表されるといつてもよいくらゐである。飛行といへば翼、翼といへば必ず飛行を意味するのである。

飛行機の構造をよく知らうとすれば、まづ飛行機がどんな點を鳥類から學んでゐるかを知る必要がある。

飛行機が、その風にあたるところを、鳥と同じやうに、できるだけ流線形にしてゐるといふことは前に習つた。しかし外形ばかりでなしに、骨組についても鳥類の骨組に非常によく似かよつてゐる。

鳥を解剖してみればわかるが、翼を動かすために、鳥類はほかのどんな動物にも見られないほど、強大な胸骨や龍骨突起をもつてゐる。これと同じやうに、飛行機も翼の付け根や車輪の付け根などは、重量を犠牲にしても強く丈夫にしてゐる。

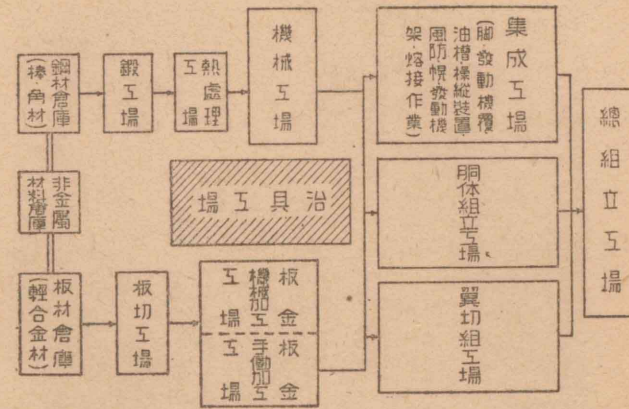


第100圖 鳥の骨格

また鳥には脚と同じ働きをする氣囊といふ袋があり、また骨のところどころに、氣窩といふ孔をあけて體重を減らしてゐる。

飛行機は重量を減らすといふ點では、ここでもまた鳥類をよくまねてゐる。飛行機製作の困難と苦辛は、一にかかつて重量を減らすといふことにあるといつてもよいくらゐである。

それで、飛行機は鳥の氣囊の働きをもつとよくするため、外に薄板を張つて、中を空にしてゐる。また鳥の氣窩をまねて、胴體の圓框や翼小骨(第110圖、第111圖参照)などで見られるやうに、ところどころに肉抜き孔をあけてゐる。



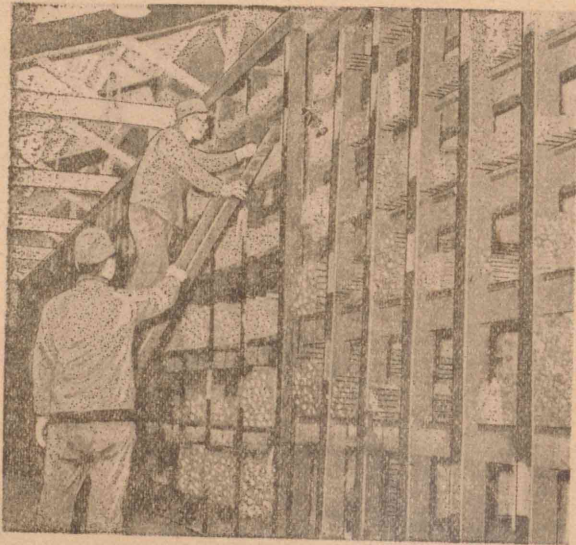
第101圖 機體工場の鳥瞰圖

鋼材倉庫——倉庫に格納してある品物が、整然と合理的に整頓されてゐると、一般にその工場の作業能率がよく、亂雑であつたら、能率も低いとされてゐる。

倉庫に入つてみると、鋼材の丸、角、管といふぐあひに形で分けて、さらに太くて重いものは下の棚に、細いものは上の方に、切り口を色分けにして保管してゐる。

色分けは、鋼材の種類によつてされる。例へば、肌焼鋼は赤、強靱鋼は青、窒化鋼は白、炭素鋼は黄といふやうなぐあひに分けて、色をぬつておくのである。

間違つて、強靱鋼を使ふべきところに、炭素鋼を使ふやうなことがあつてはならない。



第102圖 材料倉庫

このやうに色分けにして整理整頓してあれば、至急に窒化鋼の寸法どれだけのものが欲しいといふときでも、すぐに間に合ふわけである。

鍛工場——ここは機體工場のうちでも、一ばん男性的で勇ましい工場である。

まづ摩擦鎚(ドロップハンマ)、バネ鎚(スプリングハンマ)、空気鎚(エアハンマ)などが、大地をゆすつて活動してゐる。煤煙で黒くなつた火床や煙突の底に、眞赤な火が焰をあげてゐる。

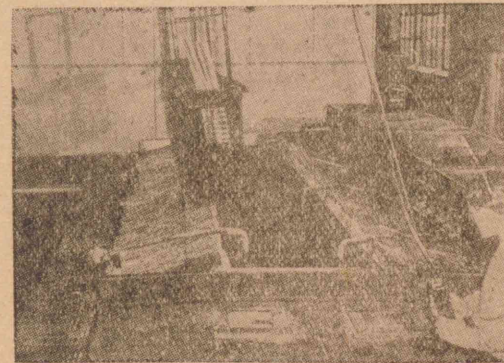
鍛工員はたくましい眞剣さで、仕事に取り組んでゐる。

金属は加熱すると、だんだんその硬さを減じて軟くなる。この軟くなつたところにハンマをあてて、相当自由にその形をかへることができる。これを金属の可鍛性といふが、鍛工員は金属のこの性質を利用して、むくのものに鎚をあて、形状や寸法を仕上寸法の近くまでもつてゆくのである。

鍛工の仕事は、材料を節約させ、また仕上げのときに削り取る部分を少なくさせるといふ大切な仕事であつて、また技術の上からいつても、火の色の見分け方や圖面の見方、材料の性質についての研究など、最もむづかしい仕事の一つとされてゐる。

熱処理工場——ここは鍛工場の隣りである。

高さ1米半、縦横2米ばかりの重油爐がたくさん



第103圖 重油爐

らんで、その中の重油が、うなりを立てて燃えてゐる。

この爐の前面の土間には、2米四方ばかりの油の池があり、その表面がわき立つてゐる。これは沸騰してゐるのではなくて、油を一様の温度にするために、下からかきまはしてゐるのである。

このやうな設備は何をするものであらうか。

鍛工場で火造りした品物は、火で赤めて打ち、或る形に鍛へたのであるから、材料の内部の粒子が整列を亂してゐるか、無理な形にゆがめられてゐる。

これをある温度に熱して、徐々に冷やすと、良くならされて、内部の引張られてゐるところや押しつけられてゐるところが整理される。このやうに、或る温度に熱して徐々に冷やすことを焼鈍^{やきなま}しといふ。これを反対に焼入れといふこともある。すなはち、ある温度に熱して急に冷却すると、その材料が急に硬くなる。

さきの重油爐は加熱するための爐で、油の池は冷却するための設備である。

このやうに、金属材料を加熱し、急に冷やしたり徐々に冷やしたりして、その材料のもつてゐる性質を飛行機製作者ののぞむ状態にすることを、熱処理といふのである。

機械工場——飛行機の部分品は、その一つ一つをとつてみれば、軽い小さいものであるが、その数の多いことでは、他の工業では見られないほどである。大型飛行機になると、130,000から150,000の小さい部分品からでき上つてゐるといふ。もちろん、この中の大部分は、軽合金板を加工してつくるものではあるが、それでも鍛造加工したものを機械で削る部分品も、また驚くばかりの數に上る。軽いことを生命とする飛行機に、なぜ比重にして3倍もあるやうな鋼材を使つてゐるのであらうか。

■ いま鋼材の中のクロム・モリブデン鋼といふ特殊鋼をとつてみよう。1平方耗の切斷面をもつ1本のクロム・モリブデン鋼を、両端で引張つて切斷しようとする。それは約90 匁ぐらゐるの力にはたへるが、それ以上の方には切れてしまふ。

つまりクロム・モリブデン鋼の抗張力は、1平方耗につき90 匁だといふことになる。そして比重は約7.8である。

一方軽合金のデュラルミンは、抗張力40 匁で、比重は2.8。

この抗張力を比重で割つてみると、

クロム・モリブデン鋼	11.5
普通のデュラルミン	14.3
超デュラルミン	21.2

これでも、軽合金の方が鋼よりも率がよい。

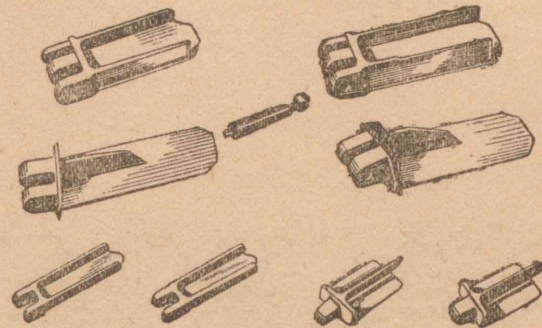
それにもかかはらず、飛行機には鋼材をたくさん使つて、それを加工するのに機械工場、熱処理工場、鍛工場などを必要としてゐる。

飛行機は、力のかかる部分で、丈夫にしておかないと危険なところには、重量を犠牲にしても、強靱な鋼材を使つてゐるのである。

もしデュラルミンで、鋼材のもつてゐる強度を出させようとすれば、體積にして鋼の3倍の大きさのものを使はなければならない。

このやうに體積を大きくすると、飛行機を流線形にすることがむづかしくなつてしまふ。

それゆゑ、機體のつぎ目つぎ目の丈夫にしなければならぬところには、強度の高いすぐれた鋼材を使ふのである。そこで、鋼が優秀であればあるほど、同じ強さに對して形の小さいもので間に合ふことになるから、飛行機の進歩は、一面鋼の進歩にうながされてゐることにもなるのである。



第104圖 製品

機械工場で作る部分品は、大抵第104圖で見えるやうな取付部の金物や、取付ボルトなどであるのは、そのやうなわけからである。

機體工場の中の機械工場にも、發動機工場と同じやうに、すぐれた工作機械が何百といふほど設けられてゐる。

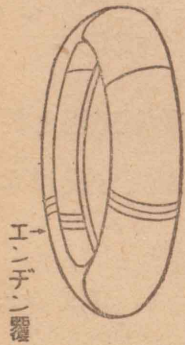
機械工場では1本のベルトも使はず、機械の1臺1臺が電動機を一つづつもつて、いはゆるモーター直結で運轉されてゐる。

この工場は、ベルトが1本もないため、天井が明るく、電力も節約され、機械の据ゑつけも自由で近代的である。日本でもこのやうな工場が、だんだん多くなつてゆく。

板 切 工 場

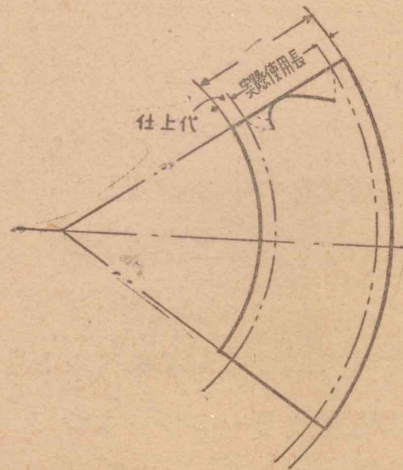
ここはガバリといふタン板の定規をあてて、素材の板を断ちおろす工場である。

第105圖は、エンジン覆の仕上つたところであるが、これを展開して仕上代^{しあけしろ}をつけたガバリは、第106圖の通りである。



第105圖

エンジン覆

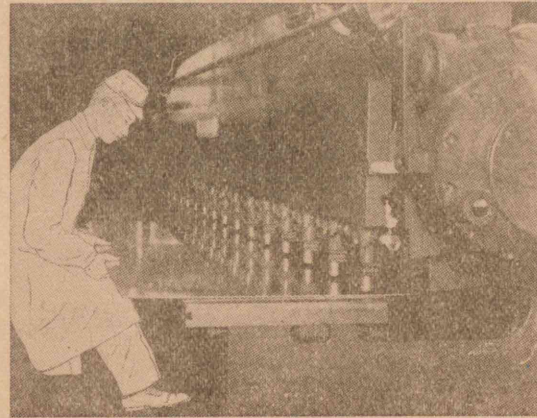


第106圖 ガバリ (エンジン覆)

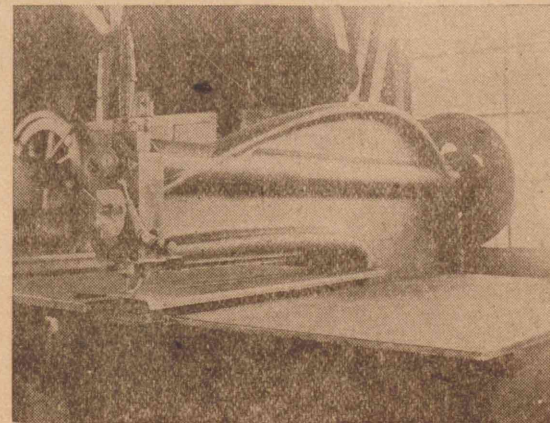
このガバリを素材の板の上へのせ、ケガいて形をとり、直線の部分はシャリング・マシンといふ機械で押し切るし、曲線部分はボツボツと小孔を連続的にあけて切り取つてゆくニップリングマシン、またはルー-

ターマシンといふ機械で截断する。このほか金帯鋸機も使ふ。

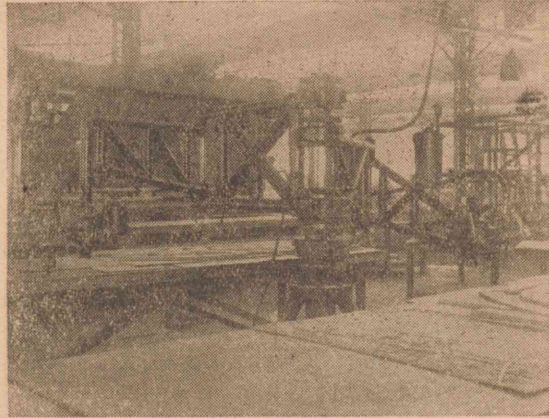
板切り、板取りは、いかに材料を無駄なく取り、残りをいかに利用するかが注意を要するところである。



第107圖 シャリングマシン



第108圖 ニップリングマシン



第109圖 ルーターマシン

また板に標識を残しておいて、材料の混同するのをさけるやうにすることが大切である。

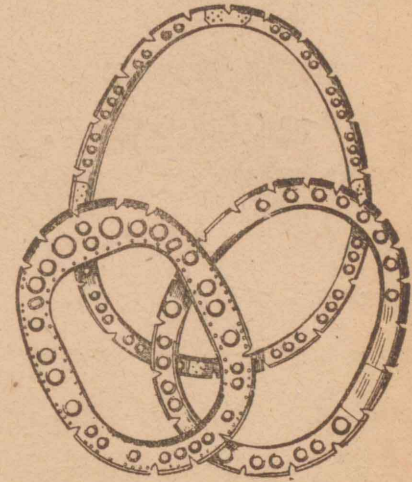
例へば、ジュラルミン板ならば、DR の標識を最後まで残しておくやうに注意をし、超ジュラルミンならば、SDCR のスタンプを無数に押しして區別するといふやうな方法をとることである。

板 金 工 場

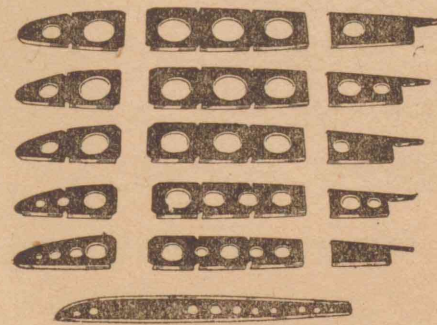
飛行機は生來の運命として、薄板で身をおほはれてゐる。そのため、飛行機の機體の製作にあつては、ジュラルミン板や、エレクトロン板を切つたり、曲げたり、孔をあけたり、しぼつたりする薄板加工の板金

工場が、その主要な位置につく。飛行機生産技術の智能の半ばを、この板金に動員してゐるといふことができるほどである。

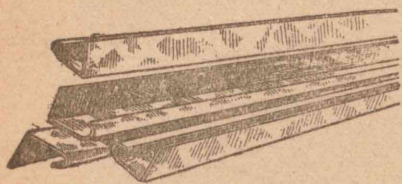
板金工場のことを一名、単一部品工場ともいふが、それは板切工場で截斷した板に加工して、胴體框や、主翼の小骨やまたは補強用の型材などのやうな一つの部品、一つ以上結合しない單一性の部分



第110圖 胴體圓框



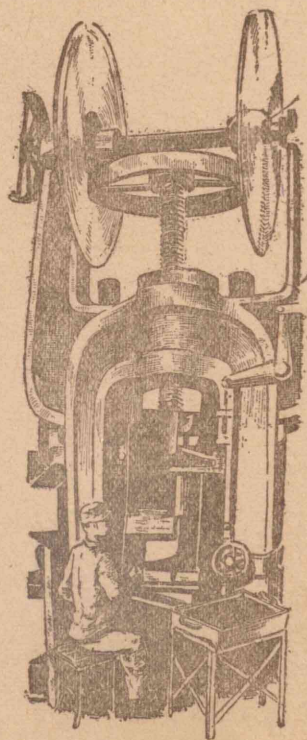
第111圖 主翼小骨



第112圖 補強用型材

品だけをつくるからである。

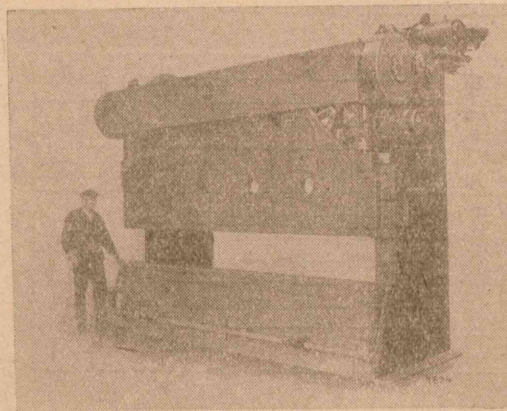
板金工場で使ふ工作機械の主なものには、水圧プレス、クランク・プレス、パワー・プレス、摩擦プレス、折曲機、(ドロウイング・マシン)などがあるが、手で折り曲げたり、しぼつたりすることもある。



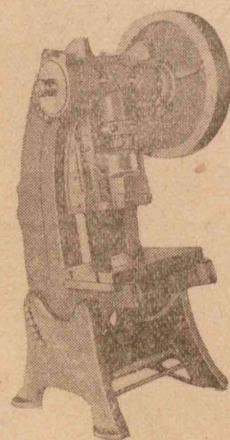
第113圖 摩擦プレス

飛行機工業のうちで、一ぱん機械化してゐるのは板金工場であつて、その機械化してゐるかゝないかによつて、その工場全体の生産技術の上下を判断することができる。

例へば、水圧を利用した4,000噸プレスなどは、まさに一つの驚異で、4,000噸の重さといへば、小型の巡洋艦の排水量に相當する。軍艦1隻の重さでプレスするといふのであるから、まさに驚異であらう。

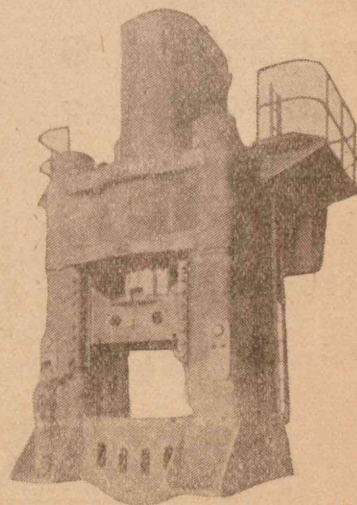


第114圖 折曲機



第115圖

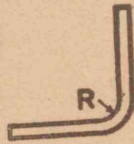
クランクプレス



第116圖 4,000噸プレス

さて板を折り曲げるには、第117圖のやうな、材料の種類とその厚さによる規定がある。

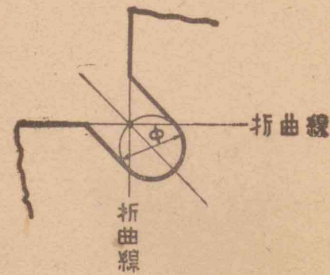
① 鋁厚 S		(0.25)	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	(1.5)	1.6	1.8	2.0
折曲半径 R	鋼板	1.5 → 2.5											
	アルミニウム合金板	1.5	2.5	3.5	5.0								
	マンネシウム合金板	2.5	3.5	5.0	→ 板厚0.8以上加算								
鋁厚 S		(2.2)	(2.3)	(2.4)	(2.5)	2.6	(2.9)	(3.0)	3.2	(3.5)	4.0	(4.5)	5.0
折曲半径 R	鋼板	2.5 → 3.5 → 5.0											
	アルミニウム合金板	6.0	8.0	10.0									
	マンネシウム合金板												



第117圖 最小折曲半径標準表

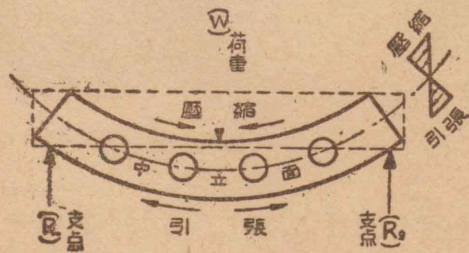
また、板を箱形に折り曲げる場合の隅孔も、第118圖の規定にしたがつて、加工しなければならない。

第110圖や第111圖を見ると、中央部に肉抜き



鋁厚	0.4-0.6	0.8-1.0	1.2-1.4	1.6-2.0
割止孔φ	3.0	3.5	4.0	5.0

第118圖 割止孔の表



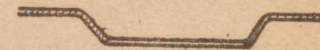
第119圖 梁

の孔がたくさんあけてある。これはいづれも重量を減らすための工作である。

しかしこのやうにたくさん孔をあけておくと、材料が弱くなるだらうと普通には考へる。しかし大たい次のやうな理由で、強さには影響がなく、むしろ押しをつけて断面をかへるから、強さを増しさへするのである。

例へば第119圖のやうに、 R_1 R_2 といふ支點の上に點線の梁をおき、 W といふ荷重をかけて、實線のやうに曲げる。

さうすると、梁の上半では長さが縮んで壓縮の力があらはれ、下半分では長さが伸びて引張りの力があらはれる。



第120圖

そして、上下両面の外側にゆくほど、その力が大きく、だんだん内部にゆくにしたがつて小さく、中央部には壓縮も引張りの力も受けない面、すなはち中立面ができる。

この中立面附近に肉抜き孔をあけて、重量を減らしてゐるから、強さにはあまり影響がないばかりでなく、第120圖のやうに、縁を押し出してゐるために、一そ

このやうに飛行機の製作にあつては、軽くて丈夫

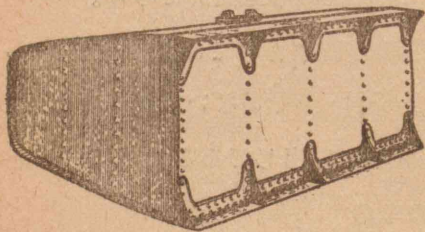
で、永もちがするやうに常にあらゆる苦心がはらはれてゐるのである。

板金工場で作られる部分品は、機械工場の部分品と一しよに、次の工程、翼切組工場、胴體組立工場、および集成工場へと流れてゆく。

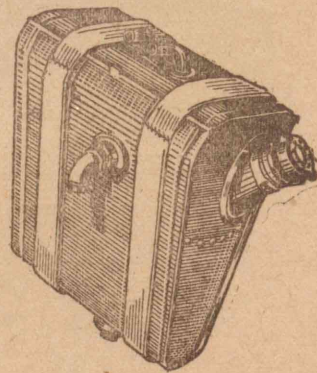
集成工場

集成工場で加工する主な部分品は、機械工場で加工したものと、板金工場で加工した単一部分品とを結合してつくるもので、主に次のやうなものである。

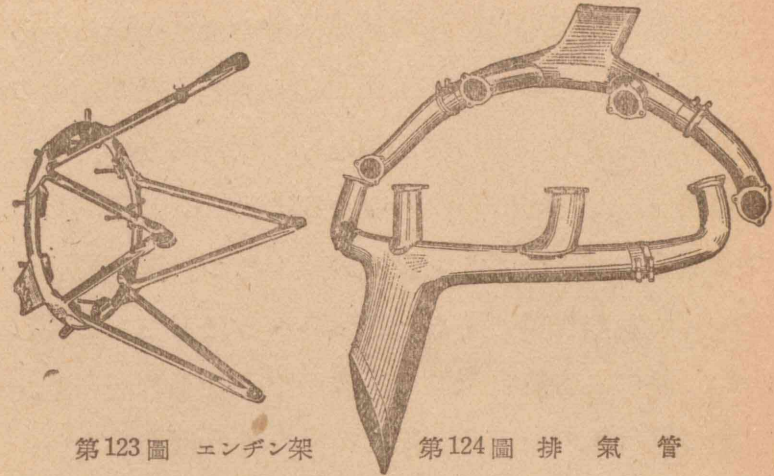
1. 燃料タンク
2. 滑油タンク
3. エンジン覆
4. エンジン架
5. 排気管
6. 空気取入口
7. 幌
8. 座席
9. 脚覆



第121圖 燃料タンク

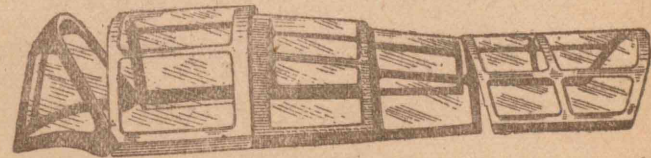


第122圖 滑油タンク



第123圖 エンジン架

第124圖 排気管



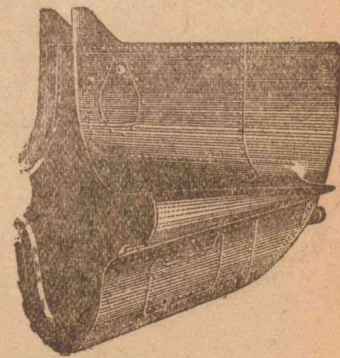
第125圖 幌

10. 尾端

ここで、部分品と部分品とを結びつけるのに、どんな方法でこれを行つてゐるかを見ると、

1. 鋸締
2. ネヂ止め
3. 熔接

この三つである。



第126圖 尾端

大たい集成工場は、その名が示すやうに、いろいろな部分品をまとめてゆく工場であるから、その結合の仕方のあらましを知っておかなければならない。

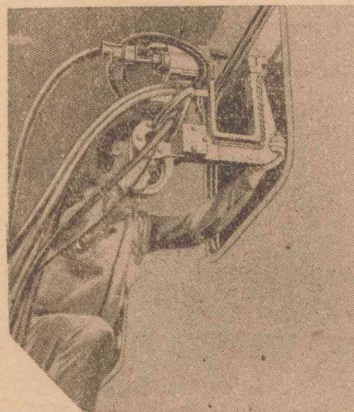
鋸締——飛行機の機體をつくるには、30 萬本から50 萬本のデュラルミン鋸や鋼鋸を打つ。飛行機の組立は、鋸着の作業であるとさへいへるほどである。しかし、鋸による結合法には、次のやうな不利がある。

まづ板に鋸の通る孔を錐であけなければならない。ハンマや當盤や呼び出し、スナップなどを使つて、鋸を打ちかきめなければならない。そのうへ無疵な材料に孔をあけて材料を弱め、でき上つた面にたくさんの頭をつくつて、胴體や翼の外板などでは空氣抵抗を増すことになる。

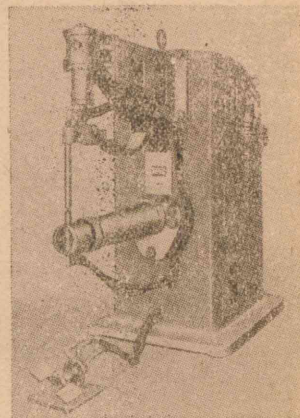
そればかりでなく、2 枚重ねて接合するから、重量を増す。

そこで鋸付けに代るものとして、電氣熔接が考へられる。これならば鋸もいらず、孔もいらず、頭も出張らない。

しかし残念なことに、板と板とを熔かしてつけるので、デュラルミンやエレクトロンの材質に變化をおこさせ、材質を不明なものにし、ひいては強さをも不明



第127圖 點熔接作業



第128圖 點熔接器

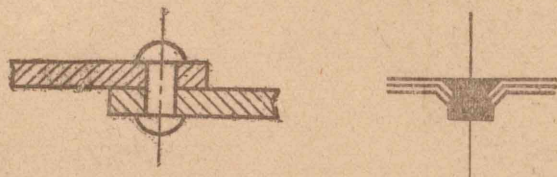
なものにしてしまふおそれがある。

さういふわけで、現在ではまだ飛行機の胴體や翼の外板に電氣熔接を使つてゐない。しかし、それは近い將來に問題となるであらう。

一方鋸や鋸締法もいろいろと工夫され、胴體や翼の外板に打つ鋸などは、わづか厚さ1 耗の板を接ぎ合はせるのにいろいろな細かい細工をほどこして、何十萬本かの鋸を打つてゐるのである。飛行機が速くなればなるほど、外板に出る鋸の頭が速度をさまたげるから、その形を扁平に、まんぢう形に、皿形にしてゐる。

第129 圖は、一般のものと、飛行機用の鋸頭とを

比較してゐるが、これを見ても、いかに飛行機は鉄に苦心してゐるかがわかるであらう。



第129圖 一般の鉄(左) 航空機用鉄(右)

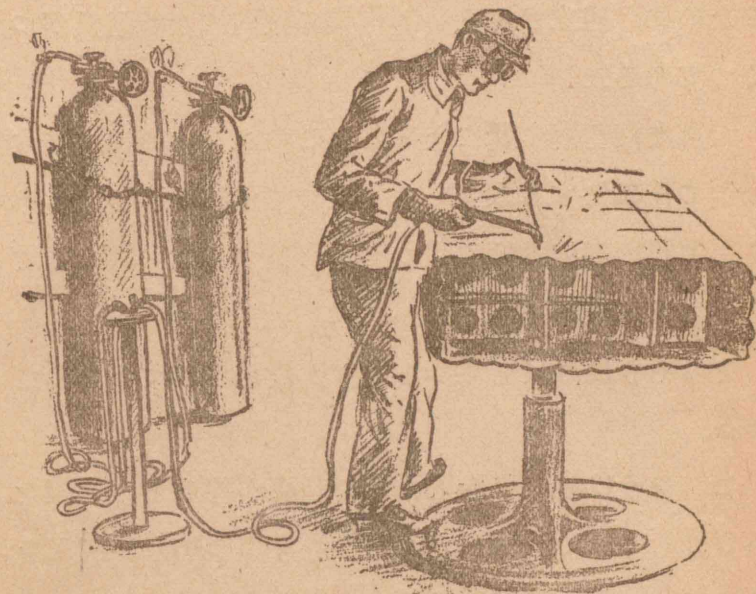
ネジ——ついたりはずしたりするところ、長さを調節する必要のあるところ、鉄を打てないところなどの接合にはネジを使つてゐる。

しかしこのネジ締めも、鉄付けと同じやうに、無疵のところに孔をあけ、製作に手数のかかるボルトとナットを用意しなければならないので、あまりあちこちに簡単に使ふわけにはいかない。

やむをえないところにだけ使つてゐる。

熔接——鋼板や鋼管、純アルミニウムの接合には、ほとんど全部熔接を使つてゐる。

熔接には、電気熔接と酸素(アセチレンガス)熔接とがあるが、熔接の場所によつて、それぞれ特有の働きをもつてゐる。燃料タンクや、エンジン架などは熔接によつてつくられる。



第130圖 酸素熔接

翼工場

草や木の葉の葉脈を見ると、中央に太い脈が通り、それから幾つもの細い脈が出てゐる。飛行機の翼桁は、その太い主脈にあたり、翼小骨は、その細い葉脈に相當する。

翼桁に板金工場で作つた翼小骨を組立て、鉄で止めて行くのであるが、それには、小骨の位置をしつかりときめ、順序よく仕事を進めなければならない。そ

のために、組立ジグといふ作業の案内になる道具がつくつてある。

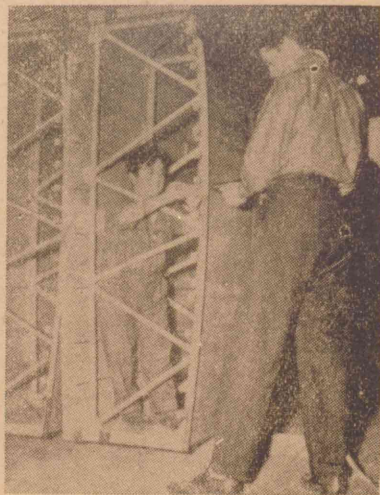
大きな飛行機の翼になると、このジグのまはりにすはつて仕事をする人もあり、立つて仕事をする人もあり、中間に臺を設けて立つて仕事をする人、頭の上で仕事をする人などがある。

そのやうに、はじめからジグが設計されてゐるのである。

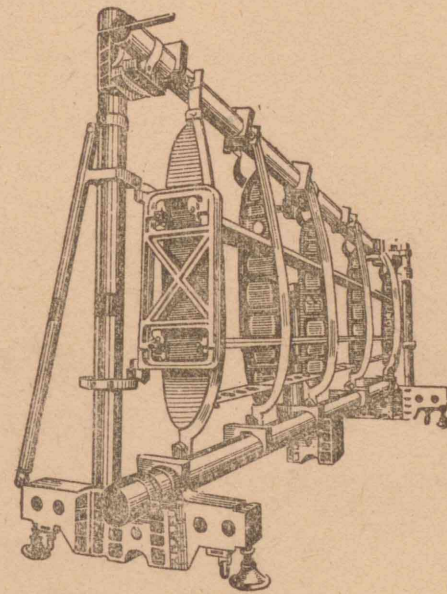
このやうにして小骨取付けの仕事が終ると、外板を銕づけしてゆく。第 131 圖は、身體の小さい工員を使つて、主翼の外板を銕づけしてゐる寫眞である。

このとき、板がいびつにならないやうに、かした銕の頭がなるべく扁平になめらかな曲面になるやうに、作業をするのである。

ジグ——さて、この翼切組工場で注意すべきことは、第 132 圖のやうな組立ジグとい



第 131 圖 外板銕打



第 132 圖 組立ジグ

ふものを使つてゐることである。

これは飛行機を多量に製造してゆくとき、その仕事を容易に、迅速に、正確に仕上げてゆくために使はれ、主として翼の組立と、胴體の組立に役立つてゐる。

飛行機工場では、このジグの研究と製作に力を注ぎ、ある機種 of 飛行機製作のために、ジグ製作費だけで二、三百萬圓の費用をかけてゐるところさへある。

ドイツはこのジグの使ひ方が上手で、最近 5 年間に 1 枚の翼の組立日数が二、三週間から七、八時間に短縮

してゐるといふ。

ジグ工場は、このジグをつくるところで、能率のよい優秀な飛行機工場には、まことに重要なところなのである。

なほ翼組立工場では、大たい翼組立と同じ方法で、垂直尾翼や水平尾翼も組立ててゐる。

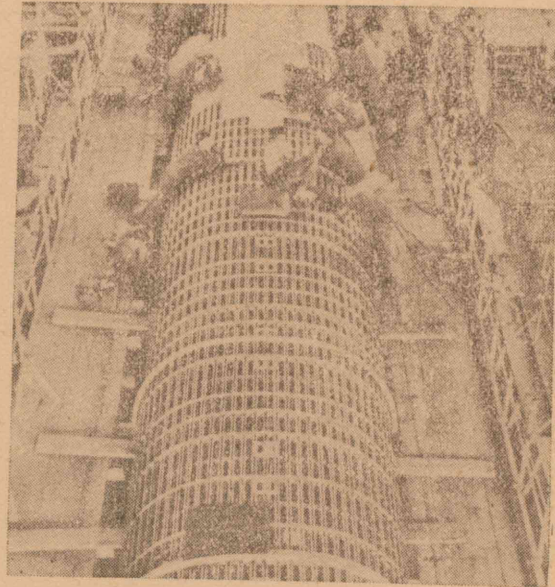
また方向舵、昇降舵、補助翼など布張りの縫ひ合せを必要とする仕事には、女子工員の手先の技術が利用されてゐる。

胴 體 組 立

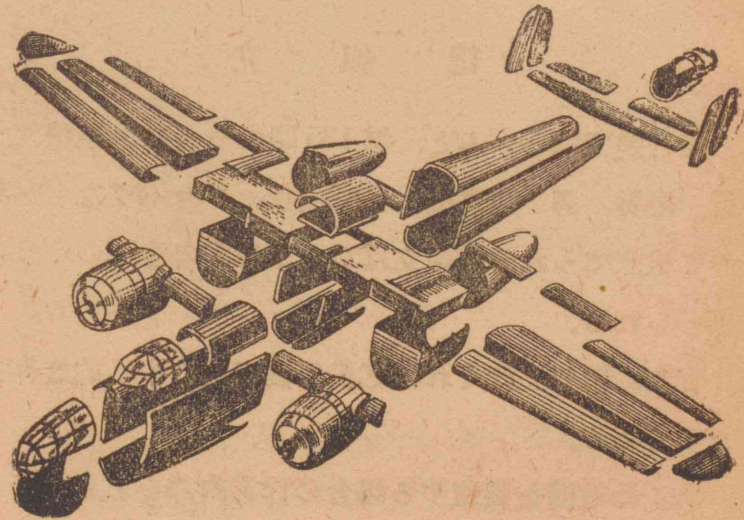
板金工場で作つた圓框を、胴體組立ジグのきまつた位置に、第 133 圖のやうに順序よく取りつけ、縦通材を通し、外板を張つてゆく。

この圖は、ドイツのユンカース工場で Ju-90 型といふ 40 人乗りの輸送機胴體を組立ててゐる寫眞であるが、右の方は圓框と縦通材の結合が終つて、外板張りをはじめたところ、左の方は正に外板張りを終らうとしてゐるところである。

しかし、これは多量生産といふ點からいふなら、非常にまづい方法であつて、一步進んだ飛行機の組立法



第 133 圖 ユンカース胴體工場



第 134 圖 分割 胴 翼

をすれば、機體が組立てられる小さいいくつかの部分に分けられていて、幾人もの人が同時に仕事にかかれるやうに、そして取扱ひやすいやうに設計されてあるものである。

第 134 圖のやうに、胴體の上部と下部とに分けたり、胴體を輪切にしたりして同時に各部に着手し、早く仕上げてしまふといふ方法もある。

とにかく、骨組ができ上り、デュラルミンの板で胴張りをすると、錆を防ぐための塗料の下塗りと上塗りが行はれる。

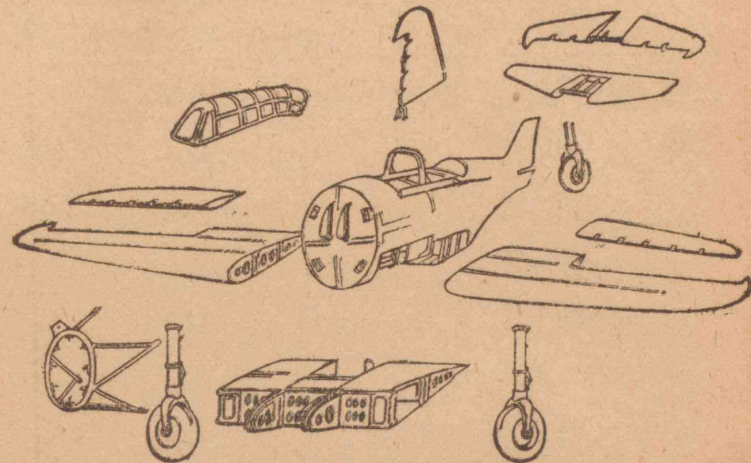
そして胴體ができ上るのである。

總 組 立

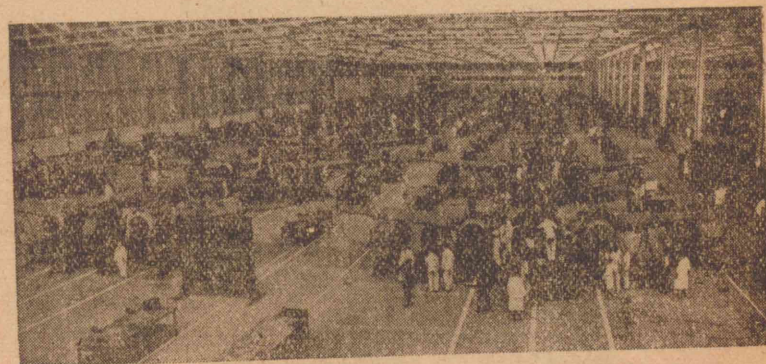
飛行機工場といふと、第 135 圖のやうに、胴體、主翼、尾翼、脚、發動機、發動機覆、プロペラなどが集つて組立てられる總組立ばかりが作業の全部のやうに感じられる。

實際、總組立はそれほど飛行機工場の中心的な作業なのである。

ある輸送機を製造する場合の作業内譯をしらべてみると、大たい次の表のやうな工數となる。これによる



第 135 圖

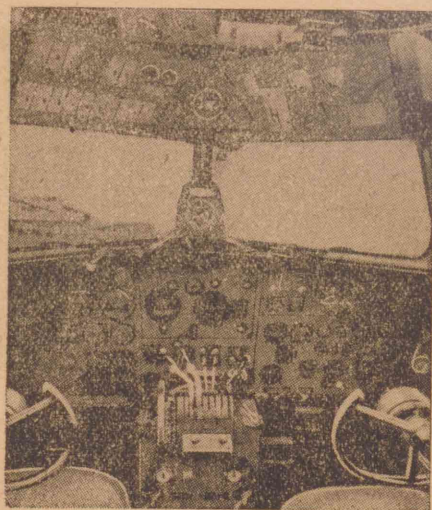


第 136 圖 總 組 立

と、總組立、艙装が總工數の 43% を占めてゐる。

ここで艙装といふのは、およそ次のやうな装置を取りつけることで、飛行機の内臓取付である。

作業区分	工数%	
総組立、艙装	43.0	
胴体組立	14.5	
翼切組	主翼	20.0
	尾翼	2.5
集成部品	11.0	
ジグ設計、製作	6.5	
どこにも属しない不明工数	2.5	



第137圖 操縦席

1. 操縦装置の取付
2. 油圧系統の取付 (脚を引込めたり、下げ翼を上下したり、プロペラのピッチをかへたりするための油圧)
3. 諸計器盤の取付
4. 無線通信の装置
5. 照明電気系統の装置
6. 燃料管の配備とその操作
7. 滑油管の配備とその操作
8. 冷却水管の配備 (発動機が空気冷却式のものには不要)
9. 座席の取付
10. 主扉の取付
11. 室の内張

このやうないろいろな附属物は、一つ一つ専門検査工が検査して完全に取付けてゆき、飛行機が生き物として空にすむために必要な働きをあたへてゆく。

艙装が終つた胴体に、まづ主翼が取り付けられ、次いで尾翼、方向舵、昇降舵が次ぎ次ぎと取り付けられてゆく。

それと同時に脚関係が取り付けられ、脚については脚引込装置の試験が行はれる。

翼と脚の取りつけがすむと、次は發動機を取りつけである。

發動機工場で作られて送られてきた發動機を、ここで取りつける。

またプロペラは、専門のプロペラ製作所でつくるが、これを取りつけると立派な飛行機ができ上る。

今や飛行機は全く完成し、緑の飛行場に近代の美を誇つてあらはれる。そして南の空、北の空を飛んで御國の役に立つ日を待つのである。

技能者養成テキスト

航空機工作の基礎 ㊦

Ⓔ 定價 90 錢

昭和18年3月10日 印刷

昭和18年3月15日 發行

(10,000部)

出文協承認
ア2174號著作
權
所有本書の複製の
轉載を禁ず

著作者 日本技術教育協會編輯部
代表者 郡 司 宗 知

東京市神田區美土代町1の9

發行者 有限 技能者養成出版社
會社 代表者 岡 本 政 治

東京市板橋區練馬南町1の3532

印刷者 (東京209) 株式會社日本印刷局
代表者 小 林 浩 齊

東京市神田區美土代町1の9

發行所 有限 技能者養成出版社
會社

電話 神田 (25) 1996 番
振替 東京 178072 番

大阪支社 大阪市西區阿波堀通3の4

電話 新町 (53) 4215 番
振替 大阪 55512 番

日本出版文化協會員登録番號107531

配給元 日本出版配給株式會社

業種別技能者養成テキスト

航空機関係

日本技術教育協会編

航空機工作の基礎	0.90	数 学	0.80
.....		機 械 工 作 法	0.90
専門学科		安 全 教 育	0.65
旋 盤	卷一 0.80 卷二 0.80 卷三 1.00	工 場 管 理	0.80
.....		普通学科	
フ ラ イ ス	卷一 0.80 卷二 1.00 卷三 1.00	國 語	0.65
仕 上	卷一 0.60 卷二 0.80 卷三 1.00	産 業 地 理	0.65
.....		國 史	0.65
基礎学科		理 科	0.65
航 空 機 材 料	0.70	英 語	0.65
製 圖	0.70	徳 育 上	0.65
機 械 の 要 素	0.70	徳 育 下	0.65
電 氣 工 學	0.70	産 業 史	0.65
力 學	0.70	
.....		徴用工員のための	
		就 業 讀 本	0.80

技能者養成出版社刊

3905

注意事項

- 資料は大切に扱きましょう。
- 資料は転貸借はお断りします。
- 15日間の期限に必ず返して下さい。
- 資料を汚損または紛失した時は同一の資料又は相当代価を弁償していただきます。

群馬県立図書館
前橋市日吉町一丁目14-8
電話 (0272) ③ 3008番



有限會社
技能者養成出版社

N 00

群馬県
中島