

用ひられます。

(5) **ベークライト法** 結合剤としてベークライト<sup>(10)</sup>を使用したもの。

## 8. 塗料

**塗料 (Paint)** は流動性の物質で、これを品物の表面に塗ると薄い層をなし、段々乾燥して硬い塗膜をつくり、固着して品物を保護し、美しい光澤と色彩を與へるものです。

(1) **ワニス** 廣い意味の**ワニス (Varnishes)** は油性ワニスと揮發性ワニスに大別されます。油性ワニスは樹脂に乾性油及び乾燥剤を加へ稀釋剤で薄めたもので、揮發性ワニスは樹脂をターペントインに溶解したものです。このほかにアルコールに溶解した酒精ワニスもあります。ワニスは屋内用には硬い粘着しないものでよいため油や樹脂より多いものがよく、屋外用はその反対です。

(2) **ペイント** 用途が廣く、車輛や船舶、建築構造物、機械に塗るが、他の塗料よりも施工が簡單で安價であるといふ優る點もあると同時に、出來上りが悪く、乾燥時間が長いといふ缺點もあります。

(3) **エナメル** ワニスと顔料を練り合せたものであるから、ワニスの種類によつて性質がちがひます。一般に塗膜が硬いこと、光澤が優れてゐること、附着力が大であること、乾燥が早いことが特長です。

(4) **ラッカー** 硝化綿、樹脂、軟化剤、顔料等を溶解したもので、揮發性塗料に屬し、乾燥が早く、耐久力も大であるため、廣く利用される。

(5) **特種塗料** これは鐵材の錆を防ぐ防錆塗料をはじめ、コンクリート塗料、耐酸塗料、絶縁塗料、船底塗料などがあります。

## 9. セルロイドとベークライト

**セルロイド (Celluloid)** は、硝化綿が樟腦中に溶解分散して出來た固溶體

です。セルロイドといふ名稱は、最初アメリカにおける商品商標の名前だったので。光澤が美しいので、裝飾品、文房具、玩具、にも用ひられます。

セルロイドは、本來無色透明で、比重は1.30~1.35で、弾性に於ては大で、抗張力は平均12~18 kg/cm<sup>2</sup>、伸は15~20%です。壓力や衝撃では發火しないが、火焰に觸れると、すぐ引火します。セルロイド工場は、一朝事ある時は直に火藥工場となります。

セルロイドの主成分である硝化綿は、纖維素と硝酸との化合物です。セルロイドの製造工程はつぎの通りです。

- イ. 硝化綿の製造、精製及び乾燥。
- ロ. 硝化綿の樟腦アルコール液による膠化。
- ハ. 着色及び成形。
- ニ. 乾燥及び艶出し。

セルロイドに似てゐる**ベークライト (Bakelite)** は、石炭酸と、フォルマリンを結合させて得られる人造樹脂の一種で、加熱によつて容易に中性の無味、無臭、不熔融性、耐濕性のものに變ずる特性があるから、機械用の各種パイプ耐濕耐藥品用の塗料、電氣絶縁料、ハンドルなどに使用されます。

## 10. セメント

**セメント (Cement)** は、天然に産するローマンセメントと、人造のポルトランドセメントの二種があります。天然のものはその産出も少く、強さにおいても劣るので、専ら人造セメントを用ひます。

この**ポルトランド (Portland cement)** は、60~75%の石灰石と、珪酸を多く含む粘土を40~35%の割合で混合し、熔解する程度の高熱に24時間経過させて塊状として、これを冷却装置にて冷し、更に粉碎機によつて碎き、篩にかけて粉末状としたもので、色は薄緑を帯びた灰色で、比重は3.1です。水を加へて掻き廻し、更にこれを練ると珪酸粘土及び石灰は水を吸収



し、他の水分と化合し、短時間で硬化を始め、8~10時間で凝固します。

日本標準規格では、ポルトランドセメントにおいては、セメントに含まれてゐる苦土は、3%以下、無水硫酸は2%以下と定められてゐます。

## 11. コンクリート

コンクリート (Concrete) は、混凝土とも書き、一種の人造石です。

普通はセメントと、砂及び砂利を混合したのですが、砂利を鐵滓、石炭殻または石を砕いたものに代へることもあり、また砂の代りに石灰を用ひる場合もあります。いづれにしても、大體機械の取付けまたはこれに類する基礎工事には、つぎの配合を用ひます。即ちセメント 1, 砂 3, 砂利 5, 建築及び鐵筋コンクリート等には、セメント 1, 砂 2, 砂利 4, 砂を石灰に代へる時は、砂利 8を加へ、更に以上の配合に對してその各々適宜に水を加へ、少量の場合はコテ、シャベルなどで練り、大量の時は機械で混ぜ合せます。

コンクリートが龜裂を生ずる憂を除くため、器物または高層建築物の耐震には、軟鋼製の鐵棒を組んで、之を中心として硬化させると非常に強さを増し、コンクリートの缺點を補ひます。これが鐵筋コンクリートです。海水に曝される部分は珪酸白土、火山灰、珪藻土などを加へて海水の浸蝕に耐へるやうにします。また防水剤として、セメント中に加へるものには火山灰、珪藻土、アルカリ、石鹼等があります。

コンクリートの強度は、調合、水量、原料の品質、加工方法によつて異なることはこれを以ても分りませう。

## 12. 潤滑油

機械の摩擦を防ぐために、摩擦面に潤滑油を用ひます。潤滑油には、

(1) 動植物油脂 この種類及び性状を示すと、つぎの通りです。

第 22 表

油 種 類	比 重	引 火 點 °C	乾 燥 性
ヒ マ シ 油	0.960~0.966	280~290	半
菜 種 油	0.913~0.916	280~290	少
綿 實 油	0.921~0.926	290~330	少
オ リ ー ブ 油	0.915~0.918	245~320	不
コ 、 ア 油	0.925~0.930	275	少
椰 子 油	0.925~0.925	280	少
牛 脂	0.935~0.950	290~310	少
牛 脂 油	0.913~0.918	290~320	少
豚 脂 油	0.914~0.918	260~320	少
牛 脚 油	0.914~0.917	240~310	少
抹 香 鯨 油	0.878~0.882	265	少
鯨 油	0.924~0.925	245	少
羊 毛 油	0.944~0.960	205	少
落 花 生 油	0.918~0.925	285~325	少

(2) 石油潤滑油 日本標準規格によれば、つぎの種類があります。

第一種 甲 (スピンドル油) 乙 (冷凍機油)

第二種 甲 (ダイナモ油) 乙 (タービン油)

第三種 マ シ ン 油

第四種 臺 車 油

第五種 内 燃 機 油

第六種 シ リ ン ダ ー 油

第七種 マ リ ン エ ン ジ ン 油

第八種 ペ ト ロ タ ム, 又はワセリン

(3) 切削用油 金屬の切斷、切削、穿孔に際し、刃物の冷却、潤滑に用ひるもので、切削油並に可溶性油に分けることが出来ます。



## 用語解説 V

- (1) **元素 (Element)** 二種以上の物質を以て合成することの出来ない物質。最近まで元素は分解しないと考へられてゐるが、ラヂウム属元素の発見以來、ある種の元素は自然に崩壊するを知つたので、この定義は廢物となりました。現在明かになつた元素は 90 種、未知のもの 2 種があります。
- (2) **合金** 2 種以上の金屬と金屬、乃至金屬と非金屬とを熔解して造つた金屬。一般に單獨金屬よりも硬度が高くなり、電氣、熱の傳導度は下ります。
- (3) **高級鑄鐵鋼鑄物**、普通鑄鐵は第 6 表の如く多量の磷、硫黃を含有します。この量を少くすると鑄鐵の性質を改善する事ができます。結局磷や硫黃の少い鑄鐵の事を高級鑄鐵といひます。又鑄鐵の中にニッケル、クロム、モリブデン等の特殊元素を入れて更に其性質を改善したものを特殊鑄鐵と言つてゐます。又鑄鐵の炭素の含有量を更に少くした鑄物の事を鑄鋼又は鋼鑄物といひます。
- (4) **シーメンス・マルチン鋼 (Siemens-martin steel)** 1865 年フランス人のマルチン氏が、イギリス人シーメンス氏の發明した爐を使用して、初めて造つたもので、兩氏の名を冠して名稱となつたものです。
- (5) **特殊鋼 (Special steel)** 普通の炭素鋼では、震動、衝撃、摩耗に對して十分の働きをすることがないゆゑ、これらの目的を満たすために、特殊な元素の合金として、鋼に色々の性能を與へたものであります。
- (6) **ステンレス鋼 (Stainless steel)** 譯せば不銹鋼といふ。つまり錆びない鋼のことで、食器や刃物の外内燃機關艦船部分品にも用ひられます。
- (7) **滿僞青銅 (Manganese bronze)** 銅と亜鉛を主成分とする合金に、少量の滿僞を附加した材料で、この滿僞を附加するのは有害な酸化物を排除して、強度及び腐蝕に對する抵抗を大にするためである。
- (8) **モネルメタル (Monel metal)** ニッケルに似た色合で、強度及び腐蝕並に酸に對する抵抗が大です。即ちその成分と強度はつぎのとほりです。
- | ニッケル<br>% | 銅<br>% | 鐵<br>% | 滿僞<br>% | 抗張力 | 熔點    | 比重   |
|-----------|--------|--------|---------|-----|-------|------|
| 67        | 28     | 3      | 2       | 60  | 1360° | 8.82 |
- (9) **エボナイト (Ebonite)** 軟質ゴムを攝氏 150° 以上に長時間熱し、硫黃を 25~50% 混和吸収させると、弾性が減退して、漆色の角質の物に變化します。これを一般にはエボナイトと呼んでゐます。
- (10) **ベークライト (Bakelite)** 石炭酸とフォルマリンを化合せしめたもので、質はエボナイトよりも堅く、容易に摩滅しないが、しかし材料によつては折れやすい。

## 第六篇 機械工作法

## 第一章 鑄物作業

## 1. 機械製作の順序

今ある機械が設計され、ついで製作のために必要な工作圖が製圖<sup>(1)</sup>されたならば、次にこれを數枚に複寫して關係各工場に配布し、そして部分品を木型工場、鑄造工場、鍛冶工場等にて製作し機械工場、仕上工場にて完成させます。かくして部分品が出来たならば、組立工場に集め、組立圖面<sup>(2)</sup>に從つて組立をし、調整してから機械の性能に應じて試験 (Test) をし、合格品を市場に送り出すのであります。即ち

設計→製圖→青寫眞→部分品工場→機械工場→仕上組立工場→試験→市場  
部分品を造る部分品工場は次の如く其性質や其順序により色々に分れてをります

- (1) **木型工場 (Pattern shop)** 機械の製作には模型が必要です。模型の中、木で作るものが一番多く、これを作るところが木型工場です。
- (2) **鑄造工場 (Foundry)** 木型工場から廻つて來た木型で、鑄物砂を使用して鑄型を作り、銑鐵を爐で熔解して、その鑄型に注入し、製品をつくる工場であります。
- (3) **鍛冶工場 (Forging shop)** 鐵や鋼は加熱すれば柔かになり、展性と延性を増加するので、それを利用して部分品を製作する工場です。
- (4) **機械工場 (Machining shop)** 鍛冶工場や、鑄造工場から來た部分品を機械を用ひて、必要な寸法、形に仕上げる場所です。
- (5) **仕上組立工場 (Finishing and Erecting shop)** 機械加工の済んだ部分品に手仕上を行ひ組立圖により、一つの機械として纏め上げる工場です。



なほ以上のほかに、ボイラー(罐)、タンクなどの板金製品を作る製罐工場(Boiler shop)とか、銅製品をつくる銅工場(Copper smithing shop)などがあります。

2. 木型の製作材料

鑄物で品物を作る時には、まづその製品を作るに最も便利な形式の模型(Pattern)を作りますが、木でこしらへたものを木型といひます。木型にはつぎの種類があります。

- (1) 込型 現型ともいひ、製作しようとする品物と同一形状の木型で、最も簡単なものは、1個の木片で作ることもあるが、多くは2個または数個の木片を年輪、繊維の方向を考へて、膠または木ネヂで締合せたもので作り、単體木型、分割木型、部分木型、骨組木型の四種があります。
- (2) 挽型 車輪などを鑄造する場合には、製品の断面と同じ形に切つた板、即ち挽型を或る點を中心とし、回轉せしめて鑄型を作ります。
- (3) 掻型 断面が一樣で長いものは、その断面に等しい形状を薄板に切り取り、定盤の上で定規に合せて鑄型砂を掻いて鑄型を作ります。
- (4) 中子用 中子を作るには、中子型を用ひる場合と、挽型、掻型を用ひる場合があり、鑄物の大小、形状によつてちがひます。

3. 木型の製作材料

- (1) 用材 わが國で、普通に木型製作に用ひられる木材としては、つぎのやうなものがあります。
  - イ、姫小松が代表的な用材である。
  - ロ、杉は大物用に用ひられる。
  - ハ、檜は高級な木型に用ひる。
  - ニ、櫻、朴は緻密な細工物に使用する。
- (2) 膠 (Glue) 木材を接合するのに使用するもので、原料としては牛

馬の皮革、骨筋などで、これを大釜の中に水 180l に對し、原料 75 kg を入れ、5~6 時間煮出して膠質をとります。膠の成分は炭素 50%、水素 6.5% 窒素 18.5%、酸素 25% で、その品質には瓦判といつて正方形状のものと一千本及び 34 本といふ棒状のものがあるが、瓦判が最も良質です。これを溶かすには、碎いて水洗し、塵を除いてから十分水に浸し、膠鍋の熱湯中に漬けて、湯煎にします。あまり高温度で煮ると、粘着力を失ふから、必ず二重鍋で湯煎にすることです。

- (3) 釘 (Nail) 釘は大別すると、日本釘と西洋釘に分け、更にこれを金釘、木釘、竹釘、鉄に分けることが出来ます。日本釘は和船製造などに獨特の用途がありますが、一般工作用としては用ひられない。一般に用ひられる西洋釘の寸法は第 1 表の通りですが、針金を切斷して製造するから、太さは針金の番號と同じです。

第 1 表

太さ番號	17	16	15	14	13	12					
長さ	吋	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$
	寸	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.8	2.0
太さ番號	11	10	9	8		7	6	5			
長さ	吋	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	6	7		
	寸	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.8	5.6		

- (4) 木ネヂ (Wood screw) 木ネヂの頭には種々の形状のものがあり

第 1 圖



まんぢう頭 平頭 ボタン 皿頭

ますが、一般に用ひられるのは第 1 圖のもので、大體において、木型の中で取りはづしの必要なものはボタン頭を用ひ、取付放しのところには皿頭のものを用ひられます。木ネヂの太さは番號で表され、同一番號

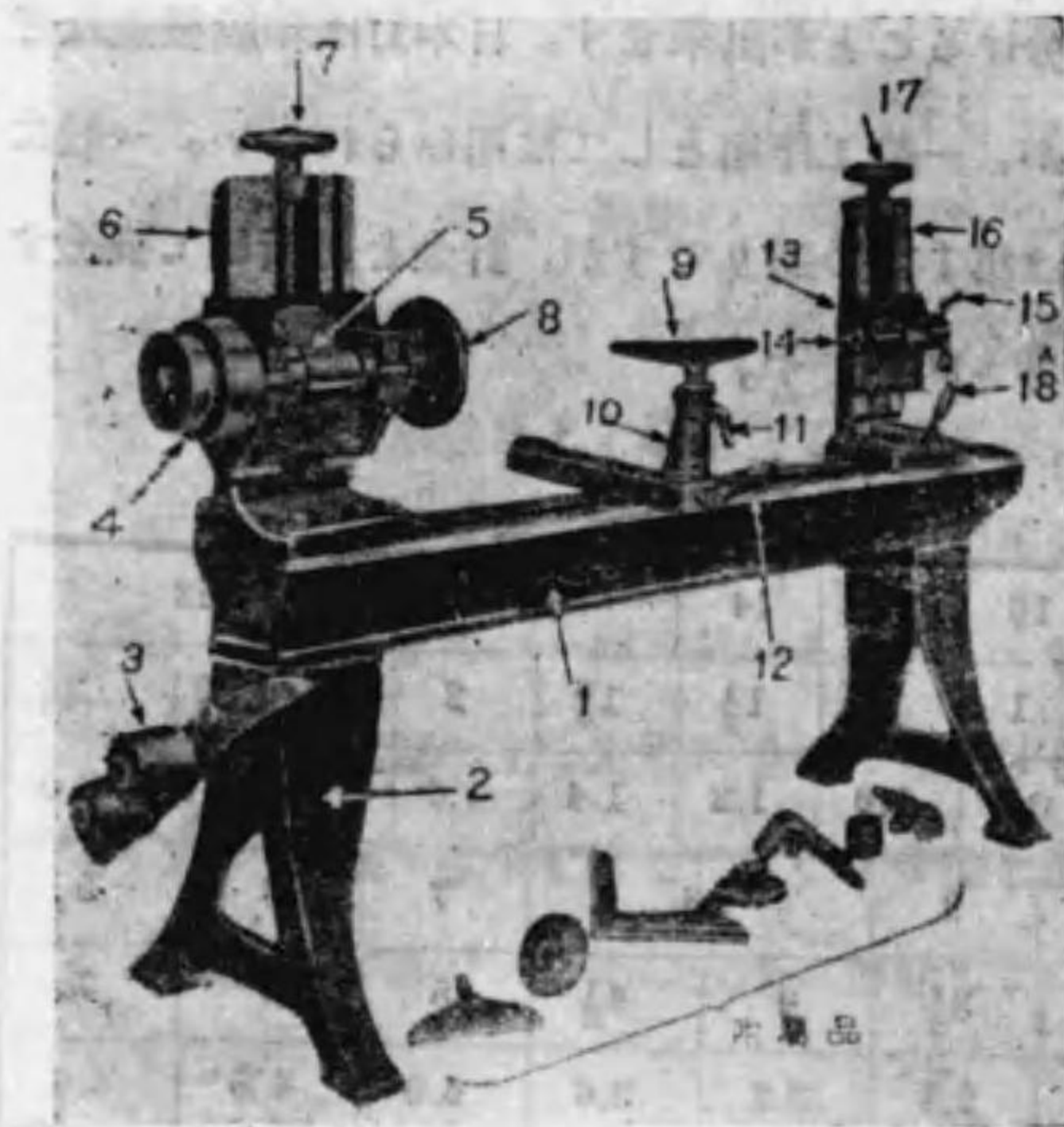


のものでも3通り位の種類のものがあるから、厚さを考へて使用します。

4 木型の製作

十分乾燥した良材を選んで、種々の鋸、鉋、鑿、錐、萬力、定規、コンパスなどを使つて木型を製作するのですが、圓型のは木工旋盤 (Wood turning lathe) を用ひて材料を回轉させつゝ削り出します。第2圖は優良な木工旋盤で、各部の名稱を記しますと

第2圖



- (1) ベッド (2) 尾 (3) 緊張車 (4) ヘッドストック段車 (5) ヘッドストックスピンドル (6) ヘッドストック摺動臺 (7) ヘッドストックのセンターの高さを加減するネジに着いたハンドル (8) センタープレート (9) ツールレスト (10) ツールレストブラケット (11) ツールレスト固定用ハンドル (12) ツールレストの位置を加減するハンドル (13) テールストック (14) テールストックセンター (15) テールストックスピンドルハンドル (16) テール

- ストック摺動臺 (17) テールストックの高さを加減するネジに着いたハンドル (18) テールストックをベッドに固定するためのハンドル

次ぎに木口盤は木口を美しく削り、または膠付の目的に斜に削るもので、絲鋸機は細い絲鋸で任意の形を廻し挽くもの、紙鑿機は圓盤または圓筒に鑿紙や鑿布を貼りつけ、これを急速に回轉させて木肌を平滑に磨く機械です。

なほ木型製作に當つては、つぎのことに注意しなければなりません。

(1) 仕上代 (Finishing Allowance) 仕上を施すべき部分は、仕上の程

度鑄造物の大小、鑄造材料の種類に應じて仕上り寸法より多少大きく鑄造すべきです。この仕上り寸法よりも大きく作る量を仕上代といひ、大略つぎのやうな値であります。

第2表

鑄鐵製品	大物	6mm
	中物	3mm
	小物	2mm
眞鍮製品	大物	3mm
	小物	1.5~2mm
可鍛鑄鐵製品	大物	9mm
	小物	5mm
	狂ひ易い形のもの	12mm

(2) 縮み代 (Shrinkage allowance) 熔融した金屬は、鑄型の中で冷却凝固すると、木型より稍や小さいものが出來ます。そこで、木型はこの收縮度を考へて、製品の寸法よりも幾分大きく作らなければな

りません。金屬材料の收縮度は、その種類により、また形状によつて異

第3表

金屬材料	單位長さについての縮み代
鑄鐵	0.006 - 0.01
可鍛鑄鐵	0.016 - 0.021
鑄鋼	0.016 - 0.025
眞鍮	0.01 - 0.013
砲金	0.013 - 0.014
銅	0.018
アルミニウム	0.015 - 0.018
亜鉛	0.026
鉛	0.021
錫	0.023

ることは第2, 3表の通りです。

この縮み代を一々換算して木型を作る面倒を避けるために、この度合に應じて普通の尺度より長く目盛した特別の物指を用ひこれを延べ尺といつてゐます。

(3) 抜き勾配 (Taper) 木型を鑄物砂の中に埋めてから抜き出すことはむづかしいので、これを抜き易くするために、製品の形を狂はせない程度に傾斜をつけ、上部から下部を細く作りま

す。この傾斜を抜き勾配といひ、およそ  $\frac{1}{100}$  位です。  $\frac{1}{100}$  の勾配といふ



ことは、底邊を 100mm, 垂線を 1mm の割合にとつて作つた直角三角形の斜邊と、底邊の作る傾斜のことです。

### 5. 鑄型製造用材料

鑄型を製作するには、つぎのやうな材料が必要であります。

#### (1) 鑄物砂 鑄物砂として備ふべき條件は

- イ、耐火性の大きいこと
- ロ、適當なる粘り氣のあること
- ハ、瓦斯抜けのよいこと

等であるが、各種の鑄型には夫々の特長があるから、使用する時には注意しなければなりません。たとへば生型砂 (Green sand) は採集したまゝのもので、新砂 4, 古砂 6 の割合で使用します。乾燥型砂 (Dry sand) は乾燥型を作るのに用ひるもの。眞土 (Loan) は挽型製作用の砂で、川砂に多量の粘土を混ぜ、木炭粉末、糖蜜なども加へます。日本産の主な山砂の耐火度をつぎに掲げます。

第 4 表

産地	神奈川	川口	桑名	加家	南河内	長田	明石	淡路	平戸
耐火度	1265~ 1360°	1280~ 1350°	1470°	1480~ 1490°	1250~ 1470°	1360~ 1510°	1470~ 1500°	1240~ 1460°	1370~ 1390°

- (2) 粘土 これは鑄型製造用材料に混ぜ合せたり、爐材に使用します。
- (3) 分れ砂 (Parting sand) 關東以北ではタップと稱し、鑄型を作る時、上下の鑄型を作る砂が密着せぬやうにする目的で用ひます。
- (4) 鑄型内面の被覆材料 (Painting sand) 鑄型内面を被覆する目的は
  - イ、鑄型に湯を鑄込んだ時、砂の焼けるのを防ぐこと
  - ロ、鑄型を平滑にして美しくし、且つ砂放れを良くすること
  - ハ、鑄物の砂落に關する費用を節約すること

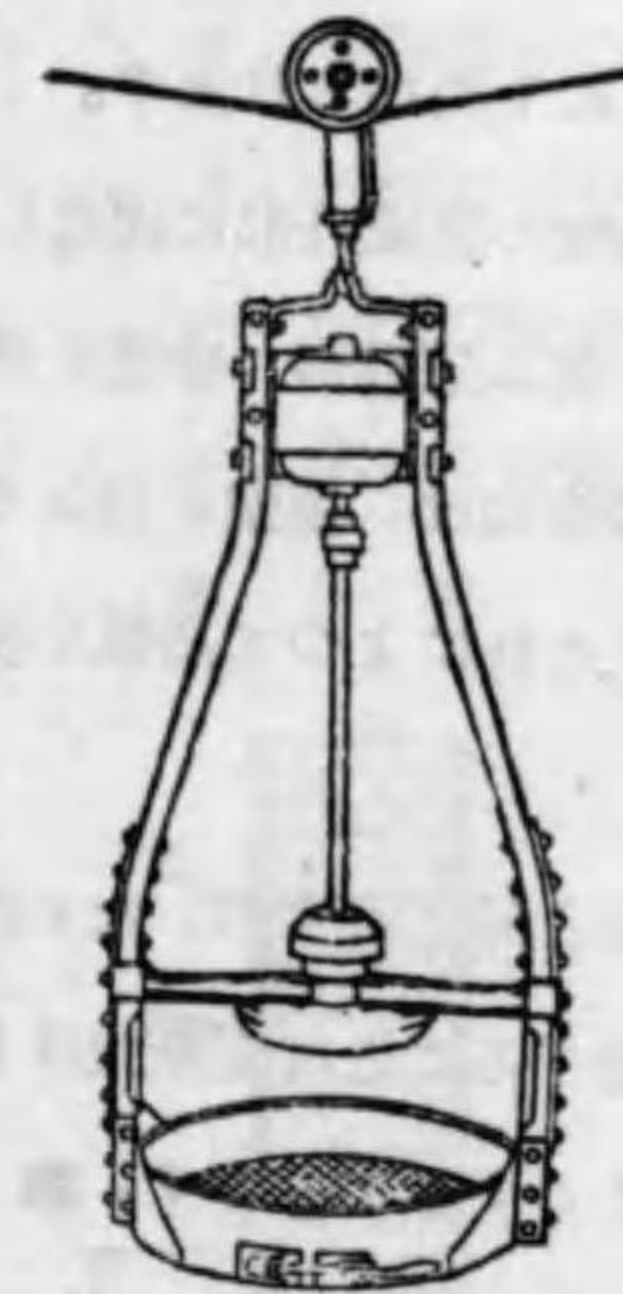
などで、黒鉛 (Graphite), 木炭粉末 (Charcoal), 雲母 (Mica) などを用ひます。

- (5) 中子配合劑 中子砂は、特に多孔性であることが必要ですから、角の丸い鑄物砂を用ひ、粘土水で粘り氣を與へる。その他糖蜜、古ビール、亞硫酸溶液、うどん粉、樹脂、亞麻仁油などを使用します。

### 6. 鑄型製作用機械

- (1) 混砂機 (Sand mixer) これは新しい砂と、古い砂とを混ぜ合わせるのに用ひる機械で、二個のロールを盥の中で回轉させるものを用ひる。
- (2) 砂ふるひ機 (Sand sifter) これは機械力によつて砂を篩ふもので、

第 3 圖



第 3 圖は電動機直結の電氣ふるひ機です。 $\frac{1}{3}$  ~  $\frac{1}{2}$  馬力の電動機で、偏心盤を回轉して、篩を震動させる仕掛のもので、鋼索で釣り下げて、任意の場所に移動して篩ひ得るやうにしてあります。

- (3) 碎砂機 (Sand mill) これは鑄鐵製の盥の中で、重い 2 個のローラーによつて砂を粉碎する機械です。
- (4) 起重機 (Crane) 鑄型の枠の揚げ降し、湯の運搬には、天井起重機と、ジブ起重機、空氣起重機を用ひます。

- (5) 乾燥爐 (Dryer) 鑄型を乾燥させるために用ひる爐で、鑄型を鐵製臺車に載せて運び入れ、入口の鐵扉を密閉して、石炭、コークスなどを燃焼し、焰が室内を巡つて煙突に出る間に乾燥されます。

以上のほかに、鑄肌を落す砂落とし機械や鑄張りといつて、不要な出づ張りを取るのに用ひるニューマチツク・チゼルなどがあります。



7. 鑄型製作法

(1) 流し吹き法 鑄造工場の土間の一部に、水準器<sup>(9)</sup>を用ひて水平にならし、荒砂のみで母型を作り上げ、明け放しのまゝ、呑口から湯を注入します。この方法による製品は、湯の表面が空気に曝されて、上面に凸凹が出来るから、主として粗雑な製品に限られてゐます。

(2) 床込め法 (Bedding in moulding) は、大型の鑄物を作る時に用ひる方法で、第4圖のやうに鑄物の半分以上を床砂の中に埋め、その一部を上型に作るのです。これはつぎの合せ枠法の特珠な場合であるともいへます。

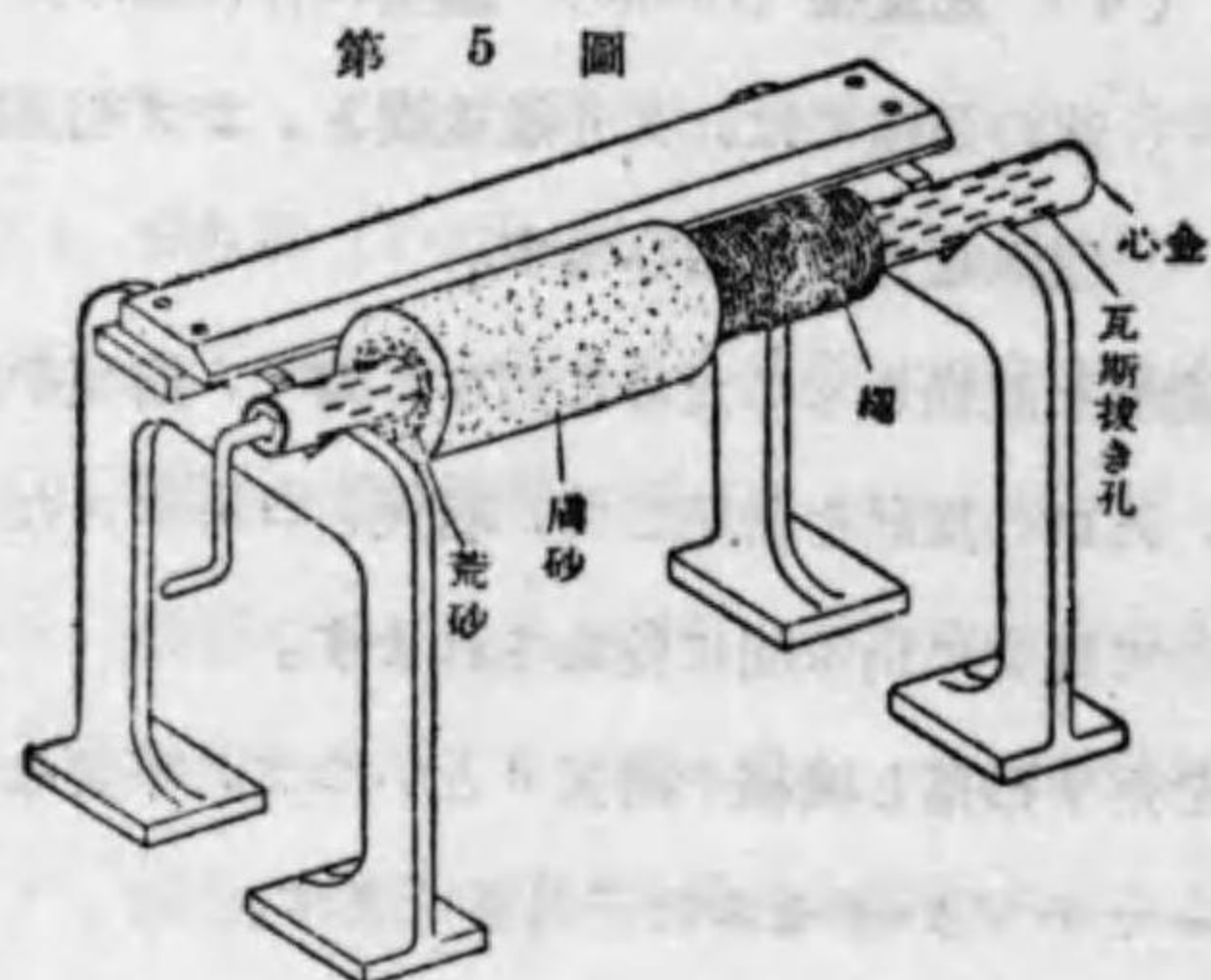


第4圖

(3) 合せ枠法 (Turning over moulding) この方法は最も多く用ひられ各種の金属に應用され、生型または乾燥型いづれにも用ひられます。

(4) 挽型による製作法 挽型とは、つくるべき鑄物の断面外形に適應した切形を有する木板を回轉し、或は一定の定規に従ふ運動が、砂型に所望の形態を與へるものです。挽型を用ひる鑄物製作法は、模型を用ひるもの比にべて操業が困難で時間がかかりますが、これによつて高價な模型製作費を節約し得るといふ利益があります。

(5) 中子製作法 中子<sup>(4)</sup>の作り方は込型の作り方と同じですが、たゞ注意することは瓦斯抜けをよくすることです。第5圖は、瓦斯抜けのために、多數の孔を穿つた鐵管を心金とした圓筒形の鑄物の中子であります。



第5圖

注意することは瓦斯抜けをよくすることです。第5圖は、瓦斯抜けのために、多數の孔を穿つた鐵管を心金とした圓筒形の鑄物の中子であります。

8. 熔融爐の種類

鑄型へ注入する鉄鐵の性質は流動性の好いことが望ましい。そのためには、つぎのやうな鉄鐵の種類を知つて置く必要があります。

(1) 1號鉄 破面の結晶は最も大きく、濃い鼠色です。1號鉄鐵だけでは機械部分を鑄造するのに軟かすぎるから、他の鉄鐵に配合して使用されます。

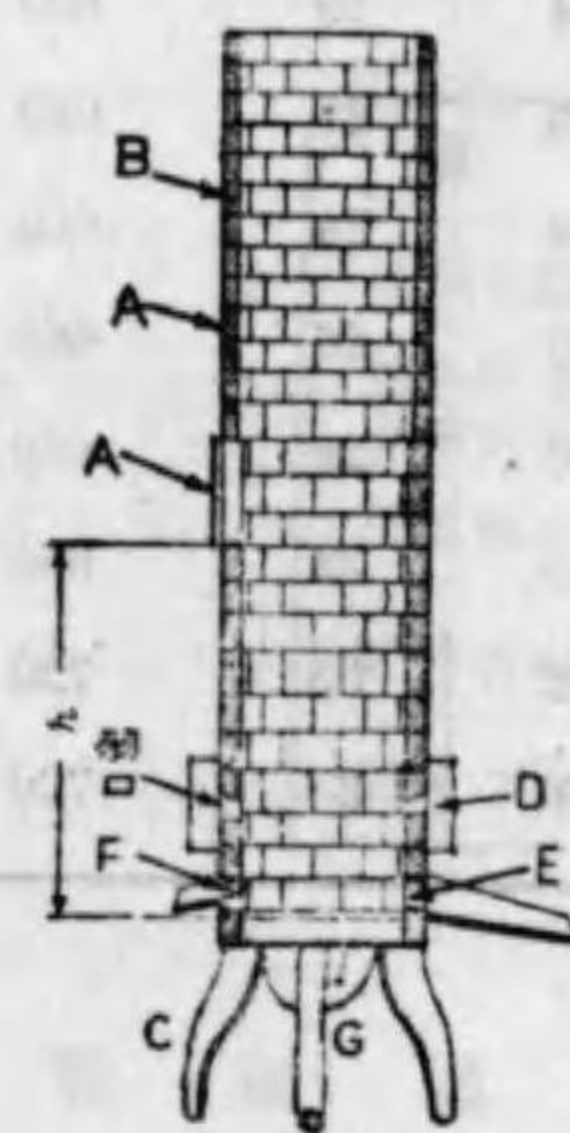
(2) 2號, 3號鉄 機械部分を鑄造するのに最も適當な地金です。

(3) 4號及び斑鉄 結晶粒は細くなり、白色を帯びて来る。湯の流れが悪いから、大型の鑄物を作る時の外は用ひられない。

(4) 白鉄 質が堅硬で、鋸も刃物もかゝらない。故に特殊鑄物を製造する材料として用ひられます。この鉄鐵を熔融するには、つぎの諸點を考へて、最も適當な爐を選ぶ必要があります。

- イ、熔融温度の高低
- ロ、一回に溶かすべき地金の量
- ハ、熔融の際生ずる化學變化
- ニ、燃料その他の經濟

第6圖 爐の種類を大別すると、非鐵合金には坩堝爐、反射爐、電氣爐を用ひ、鑄鐵にはキューボラ、反射鑄爐、鋼には電氣爐、平爐が用ひられます。



9. キューボラ

大量の鉄鐵を熔解するには、第6圖のやうなキューボラ (Cupola), 譯して熔鉄爐を用ひます。上部の装入口からコークスと溶かすべき金属及び石灰石を交互層に入れ、下部の羽口<sup>(10)</sup>から壓風を送入してコークスを燃焼させつゝ、熔融させます。この際、燃焼瓦斯は下降し来る装入物に熱を與へ、



上昇して爐頂から去り、装入物は次第に下降して羽口の附近で全く熔融して、爐底または前床中に溜ります。

熔解に使用する燃料としては、燐硫黄などを含有することの少いコークスを用ひます。大體において揮發分2%、灰分10%以下、硫黄0.75%以下、濕氣1.5%以下であることを必要とします。また媒熔劑としては、爐内で出来るノロを流動性のよいものとし、また熔解を容易にする目的で、装入するコークスの凡そ15~20%の石灰石を加へます。次表は、爐の容量です。

第5表

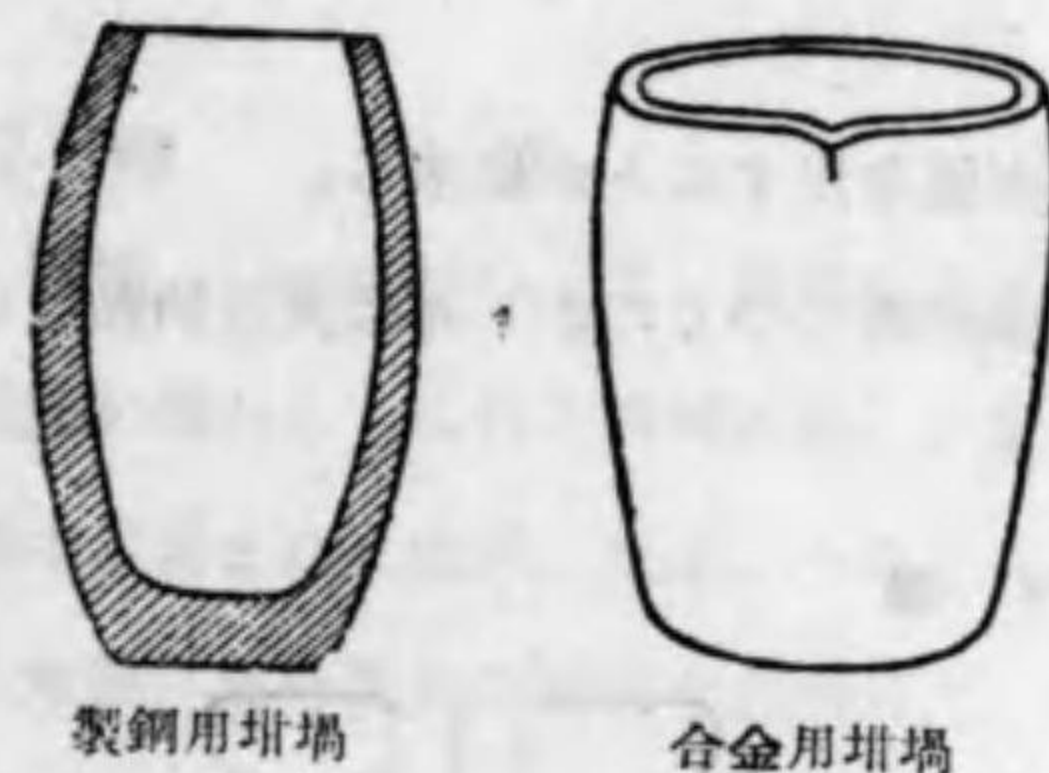
キユーボラ内徑	時	種	羽口數	羽口全面積		一時間 熔解量 トン	一分間に 送るべき 空氣量 立方米	空氣壓 オンス	送風管中 の空氣の 速度 米/分
				平方吋	平方呎				
18	46	2	51	470	0.89	12.6	7.5	—	
23	58.5	4	83	760	1.5	22.	8.5	540	
27	69	8	115	1050	2.2	31.3	9.2	570	
32	81	8	161	1480	3.2	46.	10	570	
37	94	8	215	1970	4.5	63.5	15	570	
42	107	12	277	2540	6.0	84.9	16	600	
45	114	12	318	2920	6.9	99.	19	600	
48	122	12	362	3320	8.0	114	19	630	
54	137	12	458	4200	10.5	149	21	660	
60	153	12	566	5200	13.3	188	24	660	
66	168	12	685	6300	16.5	233	26	660	
72	183	12	814	7450	20.	280	29	660	
78	200	12	955	8750	24.	340	32	690	
84	214	12	1109	10200	28.3	402	33	720	
87	220	12	1189	11000	30.8	436	35	720	

10. るつぼ爐

るつぼ (Crucible) は、黒鉛と耐火粘土との混合物で造つた黒鉛るつぼが、

普通に用ひられてゐます。時には内側に耐火粘土を塗ることもあります。

第7圖に示した製鋼用るつぼは、中央がふくらんで上端が狭くなつてゐる。合金用るつぼは上部にゆくに從つて大きくなり、高さが幾分低くなつてゐます。



操作の大略を述べれば、まづ爐内の火格子に少量の炭火を入れ、その上にくるるつぼの上端までコークスを充します。コークスは、燃燒するに從つて下降するから、熔融の途中に青銅、黄銅等の場合には1回、マンガン青銅、洋銀などでは2~3回補給して、るつぼが常に隠れてゐる位にして置きます。熔融點のひどく違ふものを合金とする場合には、熔融點の高いものを先づ熔かし、その湯の中に熔融點の低いものを入れて熔かします。かくて完全に熔融すれば、るつぼ挾で爐外に引上げ、湯が適當な温度に冷えるのを待つて、手早く鑄込むのであります。

つぎに、るつぼの主要寸法の一列を示します。

第6表

事 項	寸 法
坩堝と爐壁との距離	75~100 ミリ
爐の深さ (排氣口以下火格子まで)	坩堝の高さの1.5~2 倍
排氣口の面積	火床面積の $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{4}$
煙突の高さ	15~20 メートル
煙突の最小斷面積	爐の斷面積の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{6}$

11. 電 氣 爐

特に電氣爐 (Electric Furnace) といふのは、燃料を用ふる燃料爐に對し



ていふのであります。電気爐には、つぎのやうに電弧式と、誘導式とがあつて、いづれも

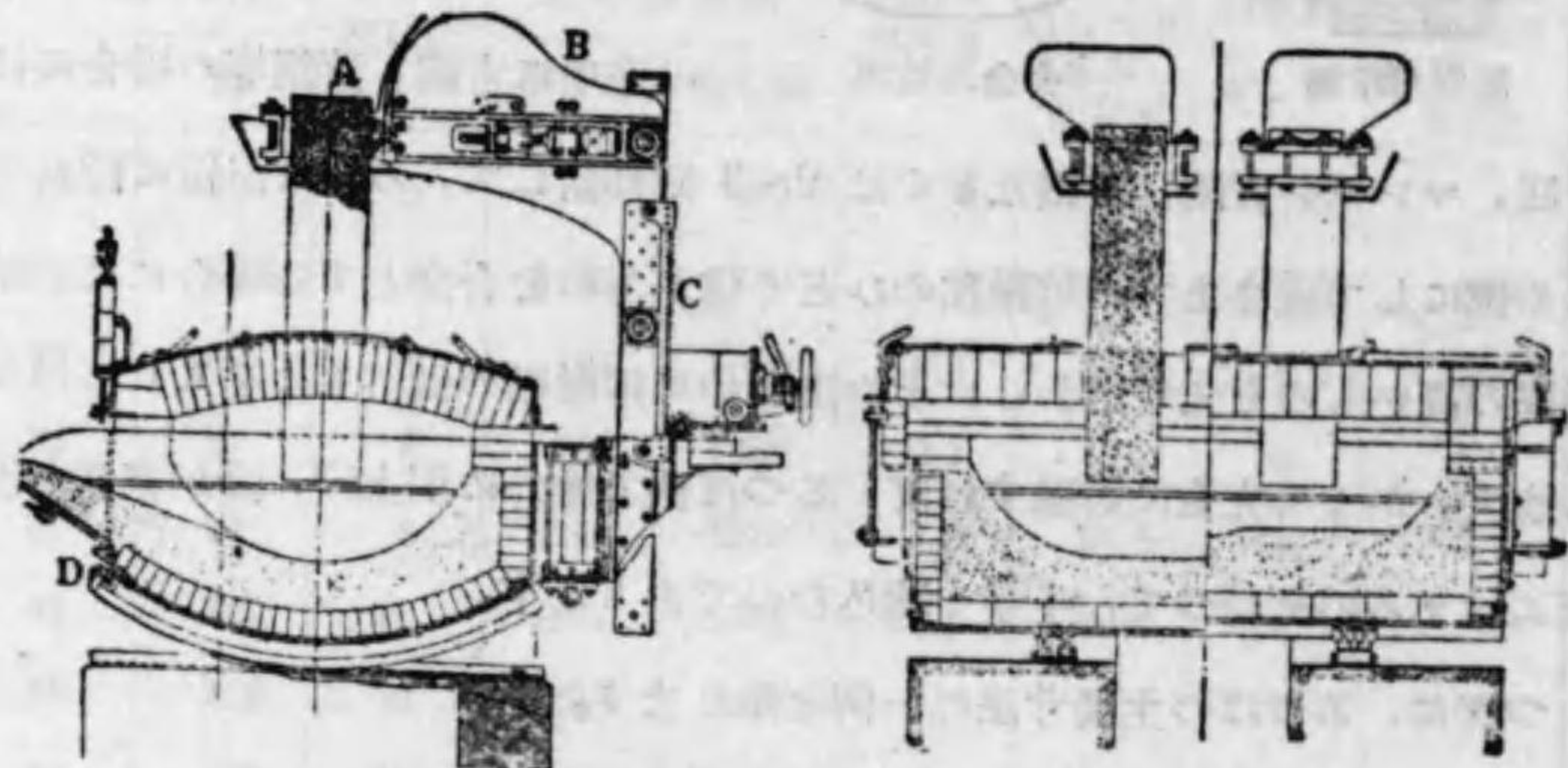
イ、装入した地金が燃焼した瓦斯に直接接觸しないから、不純物の混入することが少くて正確な成分のものか得られる。

ロ、地金の熔融損失が少い。

ハ、温度が自由に調節され、殊に高温を出すことが出来る。

などの特長がありますが、たい電力料金が高がつくのが、不経済な缺點といへませう。

第 8 圖



A. 電極炭素棒 B. 送電帯 C. ラック(電極調節用) D. コロ臺

(1) 電弧式 電極間に生ずる電弧の熱を利用するもので、その中でエール爐が最も廣く用ひられてゐる。これは第 8 圖のやうな銅板製の箱の内部を高度の電気絶縁性を有する耐火物で裏張り、天井から 2~3 本の炭素棒を装入物の上面から 25~30 mm 位のところまで釣り下げ、湯との間に電弧を飛ばし、その熱と電流が湯の中を流れる時の抵抗のために生ずる熱とによつて加熱するものです。電極は上下に加減が出来、また自動的に調節する装置もあります。

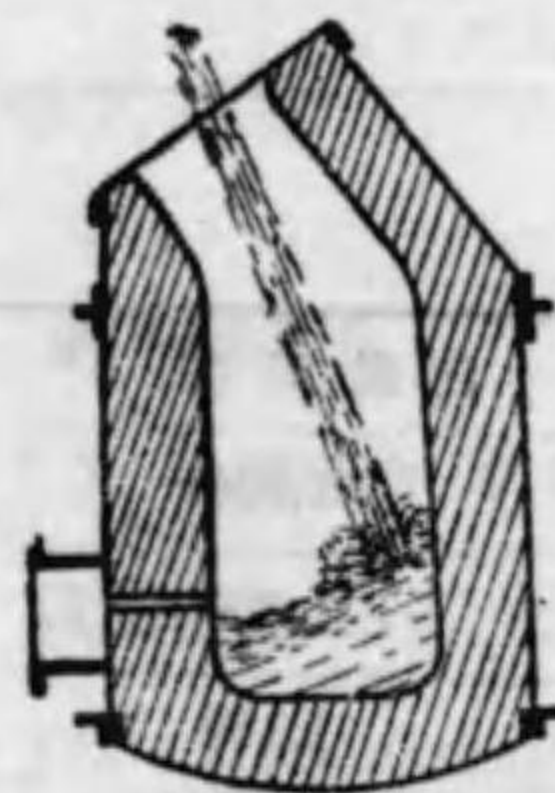
(2) 誘導式 變壓器のと同じ理論によるもので、爐自身が變壓器のや

うに働くものにて、爐の心に鐵心あり；これに銅線を巻き、これに電圧高き電流を通すれば、このうちに大なる誘導電流起り、熱を起します。この爐は、電極を使はないので、電極が湯を不純にする事はないが、電氣的損失が多いから、まだ廣く使用されてゐません。

## 12. 轉 爐

轉爐 (Converter) は、鉄鐵から鋼をつくる製鋼用爐です。キューボラで鉄鐵を熔かしてこれを轉爐に移し、送風機で空気を送り、燃料を用ひずに熔鉄中に含まれた珪素、炭素、マンガン等を酸化燃焼させて純鐵に近いものにした後、成分既知の材料を添加して、目的の成分の鋼を造るのであります。

第 9 圖



普通鑄鋼用に用ひるものはトロベナス爐といふ酸性ベツセマー式轉爐で、優良な珪酸煉瓦で裏付し、膨脹に耐へられるやうに、外皮との間を 50mm を離して、この間隙に耐火モルタルを装入します。この爐では燃料を使用しないから、キューボラで熔かす時、普通の場合よりコークス及び送風量を多くして、過熱した高温の熔湯

を送り、豫め熱して置いた轉爐の中に注入するのです。

## 13. 反 射 爐

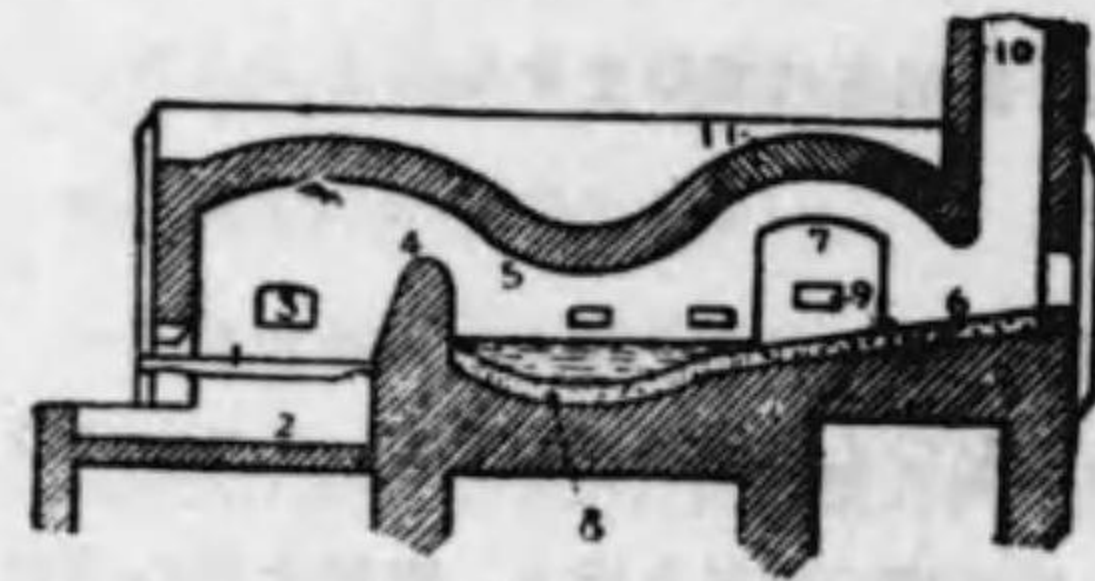
反射爐 (Reheating furnace) は平爐ともいはれ、火爐によつて發生した焰が、一旦屈折せられて被熱帯にあたるやうに装置された爐で、一時に多量の熔金を得られるのが特長です。これは銅、青銅及び黃銅などの多量を要する場合や、可鍛鑄鐵鑄物、或はチル製ロールの鑄造工場などで、鑄鐵を熔融するのに使はれ、石炭、コークス、重油を燃料とするものです。

第 10 圖は、英國式の反射爐です。爐は全體において長方形で、煉瓦で築



造し、その外側には鑄鐵板をボルトで締めつけ、内側は良質の耐火煉瓦で裏付してあります。

第 10 圖



- (1) 火床 (2) 灰溜 (3) 焚口
- (4) 火橋 (5) アーチ (6) 爐床 (7) 装入口 (8) 湯出口
- (9) 覗き孔 (10) 煙突 (11) 装入口

14. 鑄込後の處理

鑄込温度が高すぎると肌が荒れ、強さが減するし、低くすぎれば湯の流れが悪くて十分型内に行きわたらない。そこで、鑄込温度は、熔融温度より少し低い位が丁度よい。その標準はつぎの通りです。

第 7 表

合金の種類	熔融温度 °C	注湯温度 °C
鑄 鐵	1,350 ~ 1,450	1,300
鑄 鋼	1,450 ~ 1,500	1,450
青 銅	約 1,300	1,180
滿 侖 青 銅	約 1,300	980
シルジン青銅	750 ~ 850	980
アルミニウム合金	730 ~ 800	680

鑄込後中子、上り、湯口の根部その他収縮を妨げる部分は、直に型毀しを行い、龜裂の生ずるのを防ぎ、また一定時間内型内に放置して急冷を防いだ後、型から取り出します。ついで鑄物の砂落しを行い、湯口、上り、押湯、鑄張などを折り取り、折口をたがねで削り、研磨機で研磨して整へます。

砂落しの後、重要なもの、形状の複雑なものは、焼鈍をする前に酸漬を行つて鑄疵の發見を容易にして、砂などをよく剝離します。酸は弗化水素、稀

硫酸、稀鹽酸を用ひ、苛性曹達液を以て酸を中和した後、清水でよく洗ひ、壓縮空氣を用ひ、水分を除去して検査をします。

焼鈍<sup>(9)</sup>については、次ぎに規定を掲げます。十分砂落しをしてから適當に酸漬を行い、鑄疵を検べてから、成るべく大型の厚物と、小型の薄物とを別々に爐に入れて、焼鈍を行ふのであります。

第 8 表

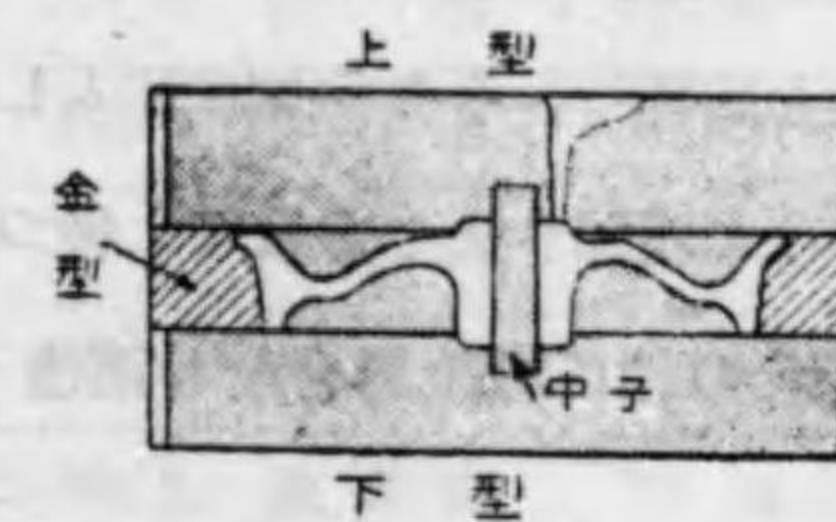
	加熱の方法	加熱温度と時間	冷却の方法
鑄 鋼 品	徐々に且均一に加熱し6時間以上にて850°Cに上昇すること	850°Cに2時間以上(小型薄物)乃至4時間以上(大型厚物)保持すること	徐々に冷却し36時間以上にて200°Cに達せしめ爐より取り出すこと
鑄 鐵 品	徐々に且均一に加熱し4時間以上にて530°Cに上昇すること	530°Cに3時間以上(小型薄物)乃至6時間以上(大型厚物)保持すること	同 上

15. 特殊鑄造法

(1) 半鋼鑄物(鋼もどき) 衝撃、摩耗に耐へる鑄物を作る場合には、鼠鉄鐵に約 25% 位の鋼屑を混ぜて熔解すればよいが、これを半鋼鑄物(Semisteel casting) といつてゐます。

(2) 鋼鑄物(Steel casting) 強度の大きいことを要求する部分には、これを用ひます。鋼鑄物は湯の収縮が大きいから、鑄型を作る時は縮み代を多分に與へることです。温度が鉄鐵より 200°C も高いため、瓦斯の吸収も多いから、鑄型の瓦斯抜けに特に注意しなければなりません。

第 11 圖



(3) チルド鑄物(Chilled casting)

鼠鉄鐵を熔解して急冷すると、黒鉛は遊離することが出來ないで、黒鉛炭素は化合炭素となり、白鉄となります。チルド鑄物はこの理を應用し



たものです。即ち硬化すべき部分には、第 11 圖のやうな金型を用ひて急冷します。チル(冷剛)する深さの割合は、金型の厚みが厚く、湯の温度の高いものほど深くチルされます。

(4) 可鍛鑄物 これには2種あつて、白心可鍛鑄物(White heart malleable casting)といふのは白鉄鑄物を褐鐵酸や酸化鐵の粉末で包み、鐵函に詰め、目塗して 900°C で 4~5 日間連続加熱すれば、脱炭して折口は白色となり、延性も抗張も増大します。また黒心可鍛鑄物(Black heart malleable casting)といふのは白鉄鑄物を鐵滓または酸化鐵で包み、750°C~900°C に加熱して 48~60 時間つけると、白鉄中の化合炭素は非結晶遊離炭素となり、破面は黒色を呈します。

(5) ダイカスト鑄物(Die casting) これは湯に壓力を與へて金型に押し込む鑄造法で、型は鑄鐵では目が粗く従つて鑄肌が粗く出来るので、鋼を以て組立て、たやすく分解できるやうに造り、表面をよく仕上がります。ダイカスト鑄物は、チルされてその表面が美しく、わが國で使用する地金はつぎのやうな熔融點の低いものを用ひます。

第 9 表

金 属	錫	銅	アルミニウム	亜鉛	アンチモン	鉛
1	8	4	0.5	85.7	—	—
2	14.75	5.25	6.25	73.75	—	—
3	19	5	1	72.7	0.3	2
4	90	4.5	—	—	5.5	—
5	84	7	—	—	9	—
6	10	—	—	—	10	80
7	—	—	—	—	17	83

(6) 遠心鑄造(Centrifugal casting) 鑄型を回轉し、その内側に注入した湯を遠心力によつて鑄型の内面に押しつけて凝固させる方法で、従つて製品は圓筒形のものに限られます。鋼、銅その他各種金屬合金の鑄造に應用されます。

## 第二章 鍛冶作業

### 1. 鍛冶材料

鍛冶作業は、金屬を打ち延ばし、または打ち据ゑて加工するのですから、鍛冶用材料として用ひる地金は、可鍛性の大なる鋼を主とします。鍊鐵は可鍛性に富むけれども、他の性質は鋼に劣り、その上産額も少いので、あまり使用されません。

鋼は、炭素の含有量が少ければ軟くてよく延び、鍛接もしやすいが、炭素の量が多くなるに従つて硬くなり、鍛接もしにくくなり、同時に焼入が出来るやうになります。

鋼材には、磷と硫黄は有害で、磷の含有量が多ければ常温において脆く、硫黄が多ければ赤熱において脆い。従つてこの二つの少い鋼や、特殊鋼は、熱処理を行へば、優秀な性能を發揮することが出来ます。商工省では、普通の鋼材をつぎのやうに分類してゐます。

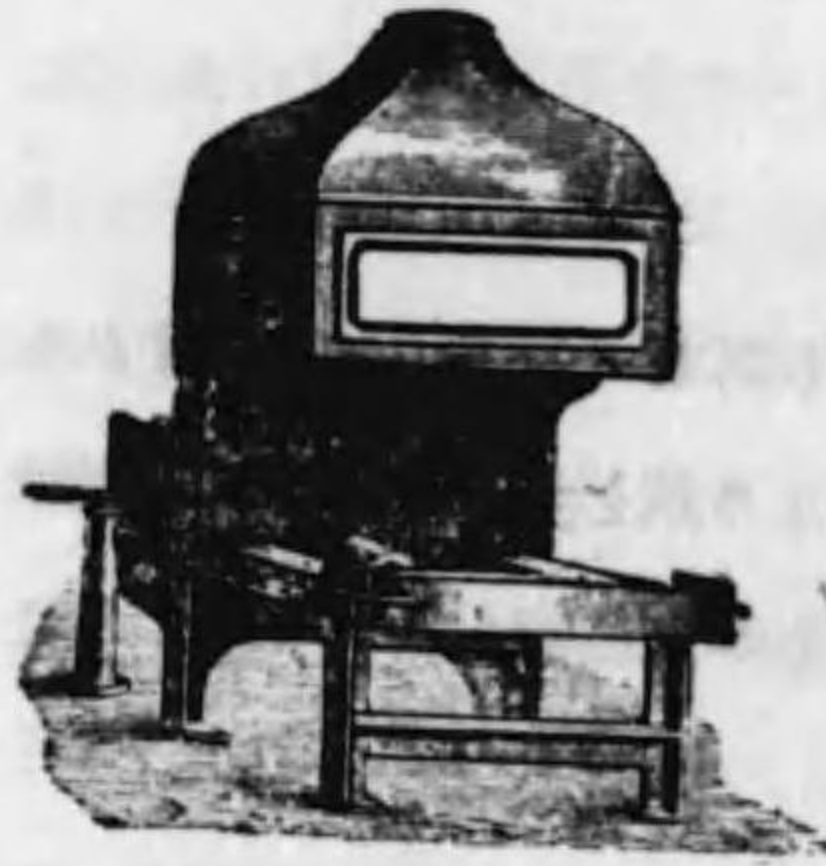
なほ一般に用ひる燃料としては、微粉炭(粉末状の石炭)であるが、地金の質を害する心配があれば、木炭を用ひます。

第 10 表

鋼 質 番 號	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	最低伸% (標點距離 200 mm)		焼 入	鍛 接	曲 げ	用 途
		A	B				
Mo. 1 極軟鋼	38 以下	25	20	否	良	良	リベット, 踏鐵, 線
Mo. 2 軟鋼	38~44	22	18	否	良	良	建築, 橋梁, 罐
Mo. 3 半軟鋼	44~50	20	16	否	良	可	造船, 建築, 橋梁, 罐外板
Mo. 4 半硬鋼	50~60	15	12	可	否	可	建築, シャフト
Mo. 5 硬鋼	60~70	12	9	良	否	否	シャフト, 普通工具
Mo. 5 最硬鋼	70 以上	8	6	良	否	否	普通工具



第 12 圖



2. 鍛冶用工具

地金を適宜に加熱するには鍛冶爐があります。燃料として微粉炭を用ふる火床は、煉瓦またはコンクリートで築き、または鐵製臺の上に煉瓦を張り、一方から羽口を出して送風し、送風管には風戸をつけて風量を加減します。火床には第12圖のやうに据付火床と、移動の出来るやうな装置のものもあります。また石炭を

燃料として材質を害せず熱するには反射爐を用ひます。

(1) 金敷 (Anvil) 加熱した地金を鍛へるのに用ひます。鑄鐵製で、表面をチルしたもの、軟鋼の表面に硬鋼を張り焼入したのがあります。

第 13 圖

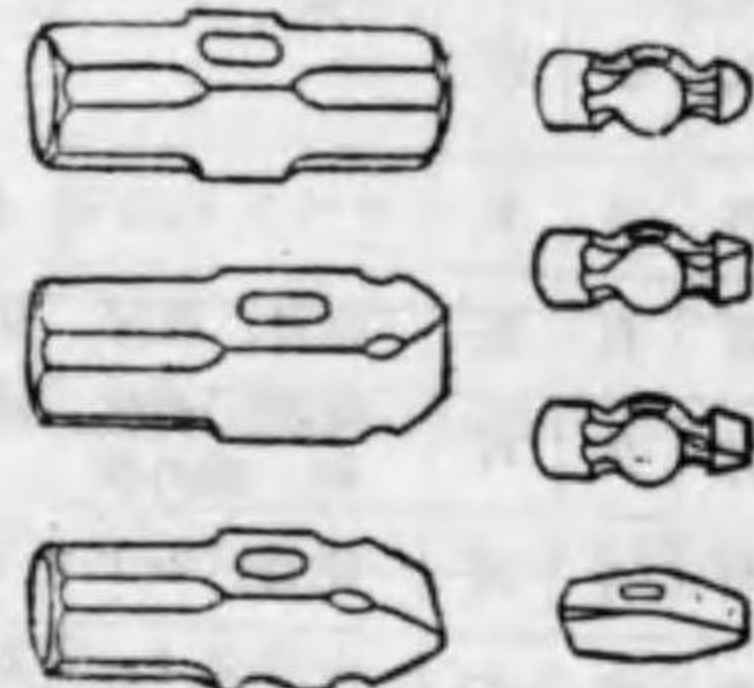


第 14 圖



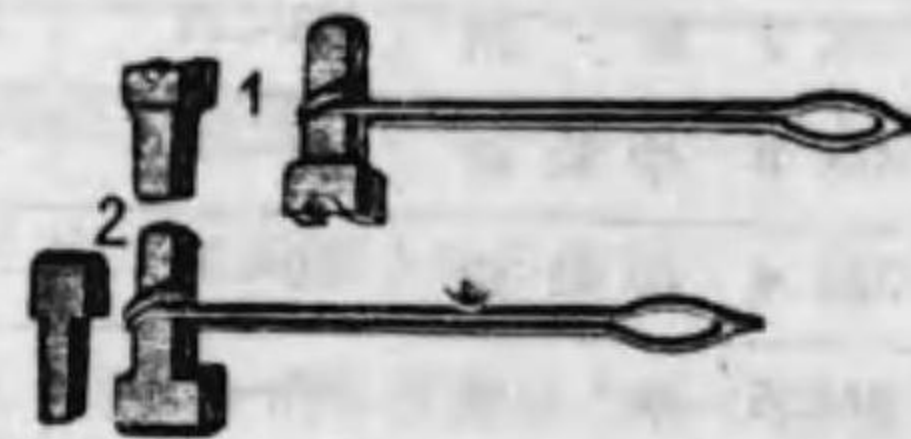
(2) 蜂の巣 (Swage block) 第 14 圖のやうに種々の孔を有する鑄鐵塊で、金敷の補助となるもの。

第 15 圖

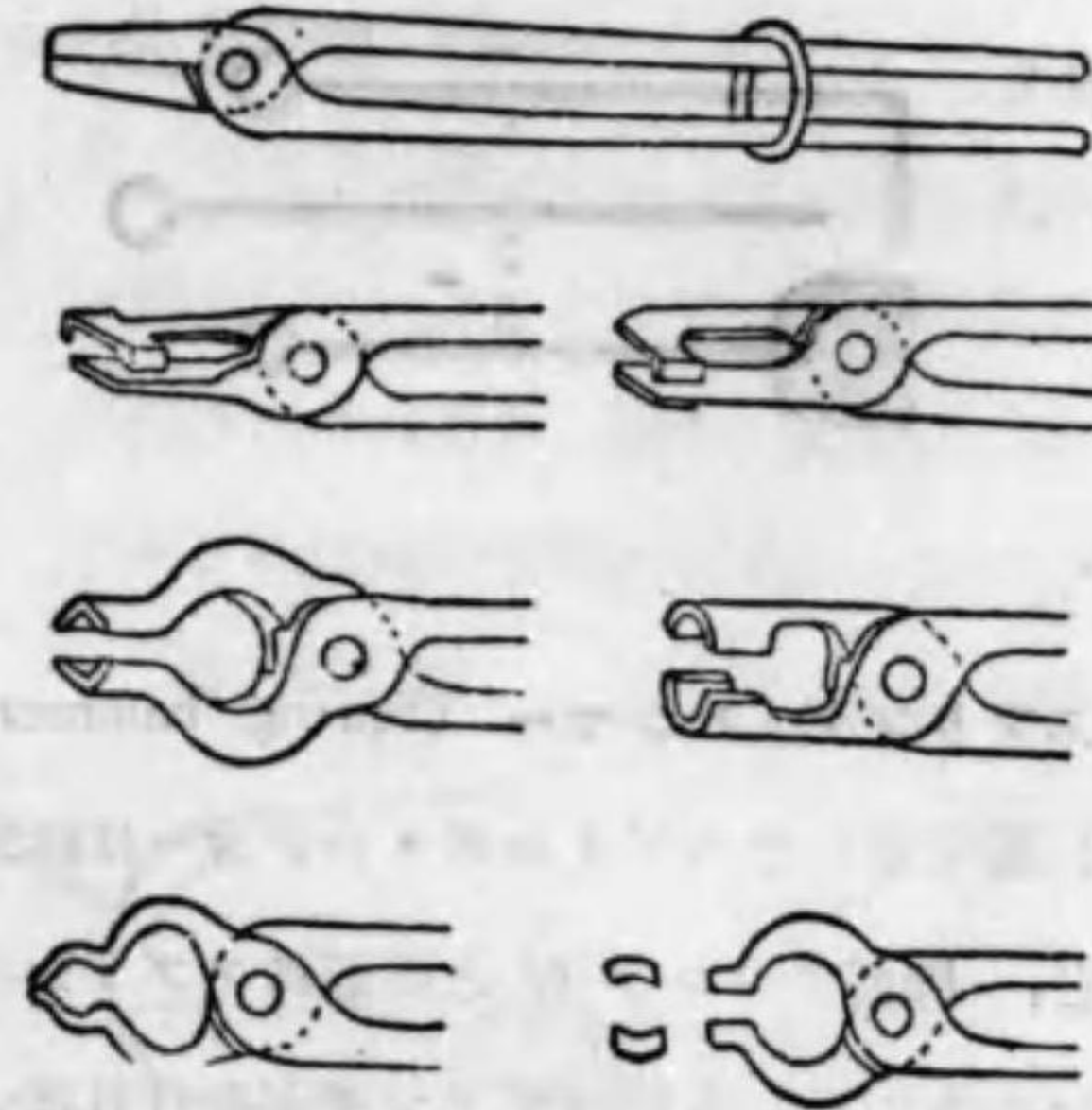


(3) ハンマー (Hammer) 片手ハンマー

第 16 圖



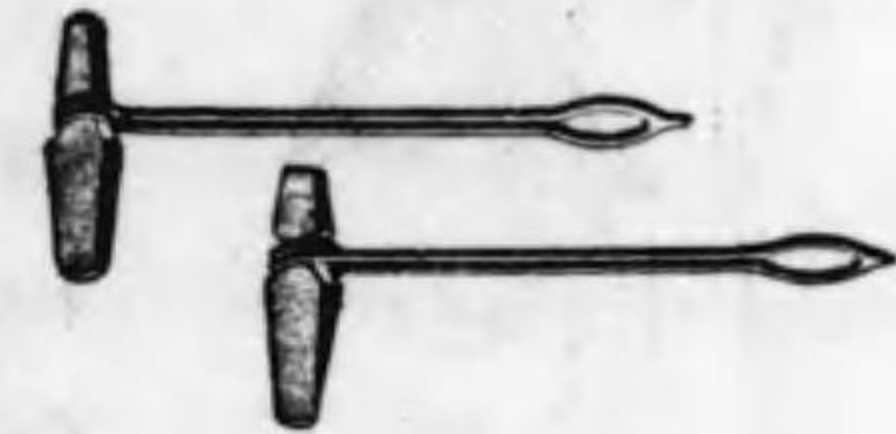
第 17 圖



一と向ふ槌といはれる大ハンマーとがあります。るつぼ硬鋼で造り、焼入した後、すこし焼戻した強靱なものを用ひます。片手ハンマーは 0.5 kg ~ 1.5 kg 大ハンマーは 2.5 kg ~ 10 kg あります。

(4) 火造型 俗にタップといはれるもので、丸棒を造るには第 16 圖(1)を用ひ、六角

第 18 圖

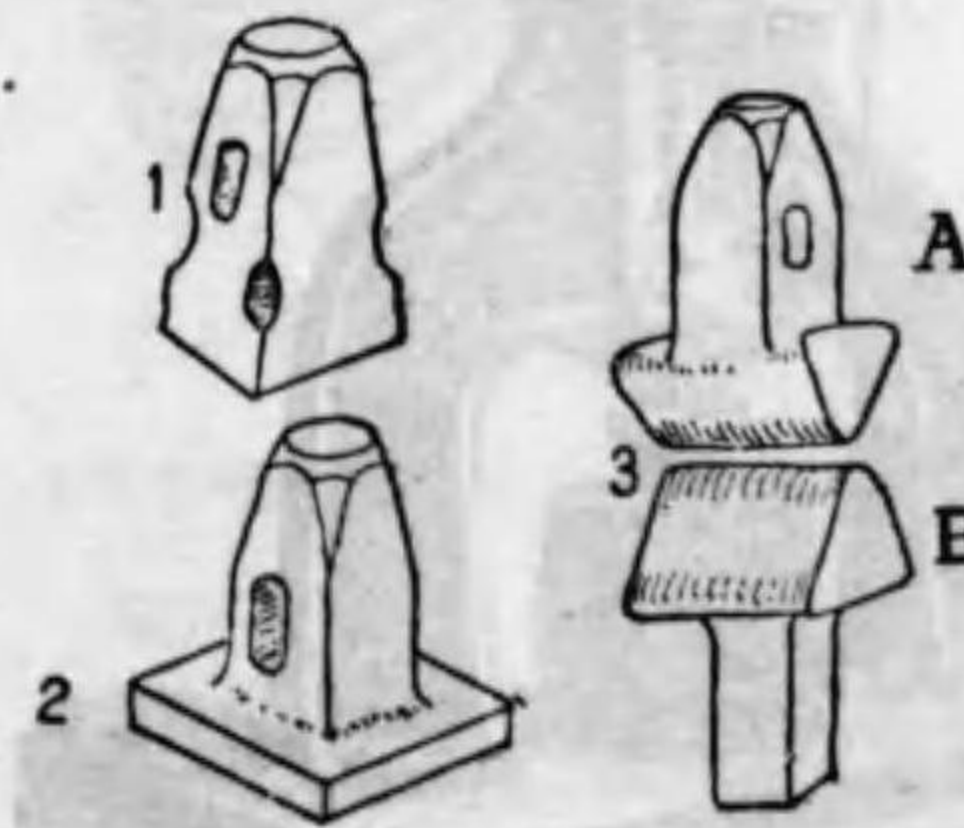


棒や六角ナットの頭などを火造に時には六角臺を用ふ。

(5) 火箸 (Tongs) 加熱した材料を挟むもので、やつとこともいつておます。工作物をつかんだ後は、力を加へる必要のないやうに、柄に金輪を嵌めて置くことがあります。(第17圖)

(6) たがね (Chisel) 鑿とも書き、材料を切断するのに用ひ、これには加熱した材料を切るホット・チゼルと、常溫のまま切るコールド・チゼルとの二種があります。(第18圖)

第 19 圖

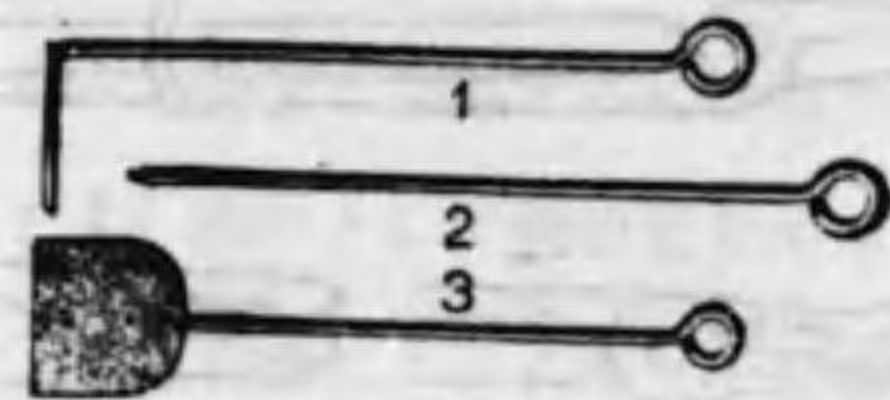


(7) 角ヘシ、平ヘシ、丸ヘシ 平ヘシといふのは第 19 圖の(1)やうに材料の表面を平に均すのに用ひ、(2)は平ヘシで、それより廣い面を均すもの。丸ヘシ(3)は鍛造物にくびれ目を入れたり、丸い溝を作る時に用ひ、A と B は一組です。



(8) 火掻棒, 突棒, 十能 火床を手入するのに, これらはいづれも大切な工具で, (1) が火掻棒, (2) は突棒(3) が十能です。

第 20 圖



### 3. 鋸冶用機械

第 21 圖



(1) スプリング・ハンマー (Spring hammer)

第 21 圖で示したスプリング・ハンマーは槌頭 H と, 圓盤クランク C との間にスプリングを置いたもので, もしスプリングがなければ, クランクが降りきつた時の槌頭の速度は零ですから, 打撃に對して力が入りません。しかしスプリングを入れて早く回轉させると, 槌頭はバネのために跳ね出してクランクの行程以上に動くのでこの打撃を利用するのです。

(2) 空氣ハンマー (Pneumatic hammer) これ

は空  
氣の  
壓力

を利用したハンマーで, 經費がかゝらず, 簡単に操作が出来る。

(3) 蒸氣ハンマー (Steam

hammer) これは數トン, 數十トンの大型のもので蒸氣によつてピストンを動かし,

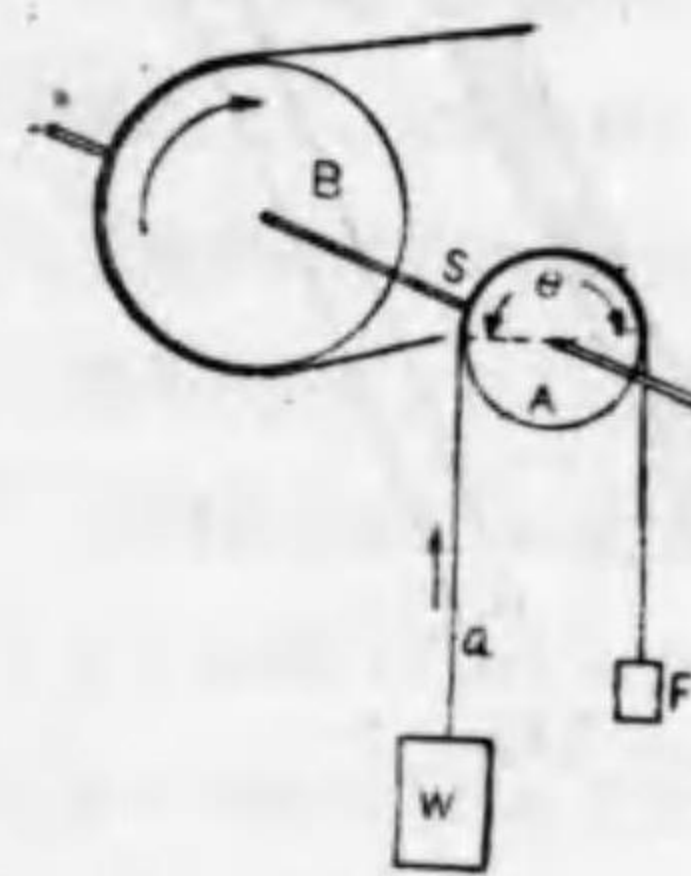
第 22 圖



自動装置によつて打撃を加へることが出来ます。

(4) 壓鍛機 (Forge press) ハンマーが大型になると打撃力が大きく, 従つて大きな震動を生じて基礎が甚だ面倒になります。それゆゑ 1, 2 トン以上のハンマーを要する場合には, プレス (Press) を使用する方がよいとされてゐます。即ち, 普通は水壓プレスで火造りします。この水壓プレスには別に増壓水力溜があつて水壓を加減し得るものです。

第 23 圖



(5) 落下ハンマー (Drop hammer) 重

い錘を機械力を以て, ある程度まで引上げ, 急に落下させて鍛錬を行ふものです。これには板型落下ハンマーと, ベルト型落下ハンマーとがありますが, 第 23 圖にはベルト型のものを示します。

(6) 送風機 (Fan) 鍛工用の送風機には

種々ありますが, 第 24 圖は最も單純なもの一つです。

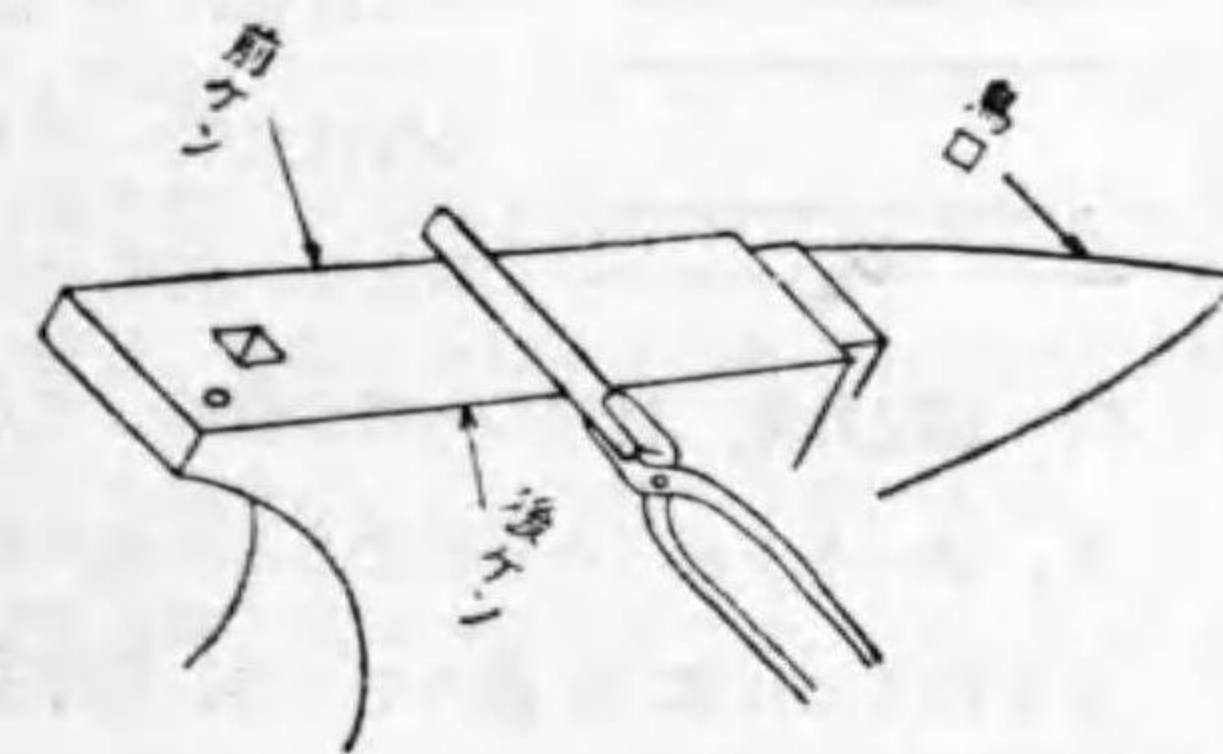
第 24 圖



### 4. 火造法

ある品物を火造らうとする時, つぎ

第 25 圖



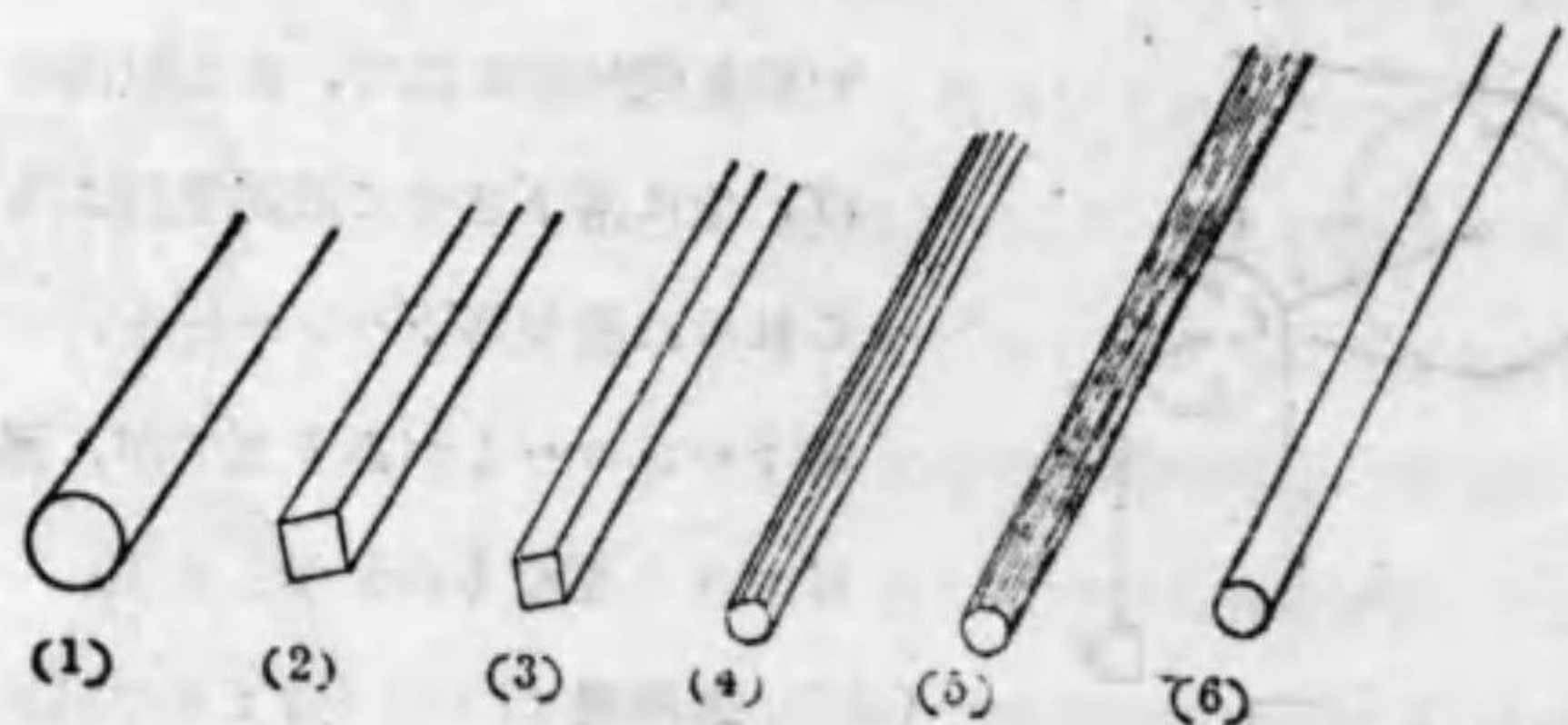
のやうな作業を行います。

(1) 延し作業 この作業は簡單なやうで仲々難かしいものです。たとへば角材を四角に延すにしても, 錘の打ち方,



品物の置き方、かへ方で延が違つて来るし、正四角に延びず菱になつたりします。そこでたい延す場合だけをいへば、品物は必ず第 25 圖のやうに金敷の中央に真直に置き、前けんを利用して鋸打しなければなりません。先手は尻手を下げ氣味に鋸を當てるのです。丸く延したり尖らしたりするには、丸材でも角材でも、必ず延す寸法の近くまで四角に延ばします。第 26 圖 (1) の丸棒を (6) のやうに延ばすには (2) (3) と四

第 26 圖



角にし (4) と八角とし、それをまた十六角に叩いて (6) のやうにするのです。

(2) 切取作業 切取作業には柄鑿、丸鑿(内外)、鋸切などを用ひます。

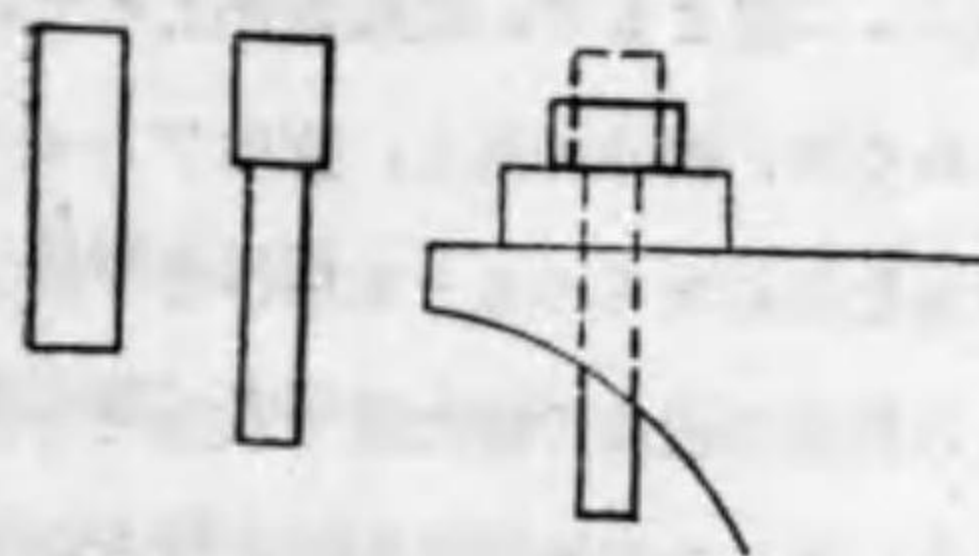
第 27 圖



鑿の使ひ方についていへば、鑿を真直にして切れば、切口はV型になるし、斜にすれば第 27 圖のやうな切れ方になります。どちらにしても、切れる時は金敷の前けんて落すやうにしないと鑿を傷めたり、切端を飛ばしたりして危険です。

(3) 据込作業 材料の一部を短縮して太くする方法です。たとへばピンや、ボルトなどの頭部を作る作業を据込といひます。たとへばボルトを作るには第 28 圖のやうに、頸下を延し、頭部を据込むこともあります。また長い重いものを据込む時は、手或はロープで持ち上げたもの

第 28 圖

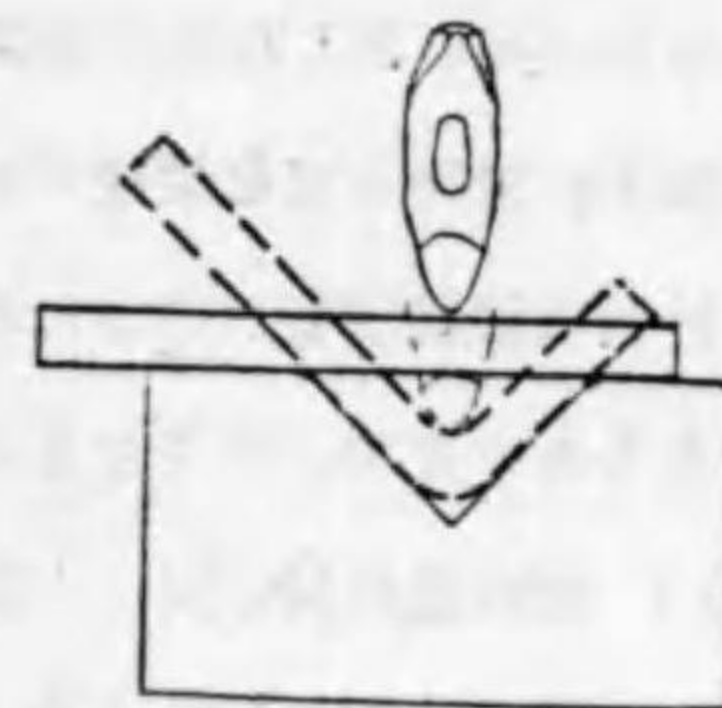


を金床の上に落下せしめて据込む方法もあります。

(4) 曲げ作業 ただ曲げるだけならば、なるべくその部分だけを曲げるやうにして、萬力か金敷の孔に入れて手で打ち曲げるか、板な

どの時は第 29 圖のごとくヤゲン臺か、溝の上で、丸鋸で押して點線のやうに打ち曲げればよい。それから一端に環を作るやうな場合は、まづ作らうとする直径(材料の中心径)の圓周の長さのところから、片手ハンマーの丸頭の方で打つて曲げ、つぎに鳥口などを利用して先端の方を曲げ、これを送り出して丸めればよいのです。

第 29 圖



(5) 擴げ作業 擴げ作業は、直接鋸打したのでは幅が出ないといふやうな時に、丸鋸とか、當鋸などで擴げて幅を出すとか、柄鑿で切り擴げる作業です。

第 30 圖



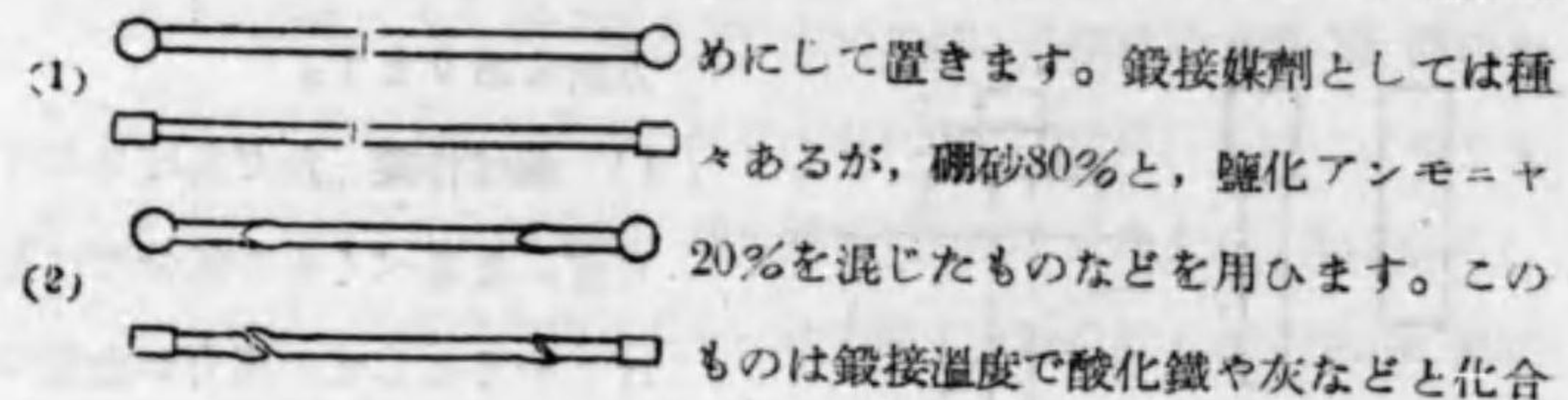
(6) 振り作業 第 30 圖のやうに、これを振るべき部分だけを加熱するやうにして、萬力に一端をくはへ、他端をやつとこなどで、つかみ振ります。

(7) 孔抜作業 孔抜用工具としては目打を用ひ、孔抜の際は、粉炭またはオガ屑などを目打孔に投入して打ち込めば、目打ちはすぐ抜けます。

(8) 鍛接作業 第 31 圖のやうに、長いものは (2) の如く両端を短く夫々火造り中間を丸棒又は、角棒等にそのまま鍛接する。鍛接すべき箇所は



第 31 圖



融融點直下の高温にさらすので、幾分太めにして置きます。鍛接媒剤としては種々あるが、硼砂80%と、鹽化アンモニヤ20%を混じたものなどを用ひます。このものは鍛接温度で酸化鐵や灰などと化合して流れやすい物質となりますから、これを鍛接面に振りかけて槌打すれば、酸化物は飛び散つてしまいます。従つて、鍛接面は凸形に造り、中央の高いところから周圍の方へ槌打して、これらを流し出すやうにします。双物の双を鍛接する場合のやうに、質の違ふ材料を鍛接する時は材料の鍛接温度が違ふため、仕事が困難で、電熱でなければ出来ないこともあります。丁などは附け鋼をしてから延ばします。

(9) 型打込作業 同一の品物を数多く作る場合には型を作り、これによつて多量生産を行ひます。簡單なものは材料を切つてそのまま型に打ち込んで製品にしてしまふが、複雑なものは品物の恰好を荒地に作り型に打込みます。この方法は、自動車、自轉車、ミシン、小銃などのやうに大量生産のものにはよく、打型は硬鋼に焼入したもの、または軟鋼に炭素焼したものをを用ひ、製品の數の少い場合には、鑄鐵に帶鐵を嵌めたものを用ひます。槌打は多く落下ハンマーを用ひ、または蒸氣ハンマーを使用することもあります。

(10) 機械火造 鋸或はボルト、ナットの如きものは、火造機械を用ひて自動的につくるのが普通であります。

### 第三章 製罐作業

#### 1. 製罐用材料

蒸氣罐 (Steam boiler) は、燃料によつて水を蒸氣にする罐ですが、製罐とはこの蒸氣罐を製作することです。蒸氣罐は、鋼板を曲げたり、銑出、或は鋸打したりして製作するので、同じ種類のタンク、壓力容器の製作も、製罐作業といひます。製罐作業に用ふる材料はつぎの通りです。

(1) 鋼板 (Steel plate) 厚板は 6mm~25mm で、その大きさは第11表の通りですが、このほかに3呎×6呎(さぶろく) 4呎×8呎(しはち)、5呎×10呎(ごとを) などがあつて、

第 11 表

幅×長(mm)	厚(mm)
1000×2000	6
	7
1250×2500	8
	9
	10
1250×5000	11
	12
	13
1500×3000	14
	15
1500×6000	16
	19
	22
	25

(2) 鋸 (Rivet) 鋼板や形鋼を結合するもので、その頭の形は第 32 圖のやうに5種類あつて、その中頸太平と丸皿は船體に用ひます。鋸の大きさは直径と長さで表し、鋸の直径は鋸頭の根元から鋸の径の $\frac{1}{2}$ だけ離れたところで測ります。

第 32 圖



鋸孔は、鋸径よりすこし太く、鋸は打ち据ゑられて孔一杯に擴がるのですから、鋸径が孔に對して細すぎると、十分締りません。

(3) 鋼管 (Steel pipe) 2種類あつて、熔接管といふのは軟鋼板を丸く

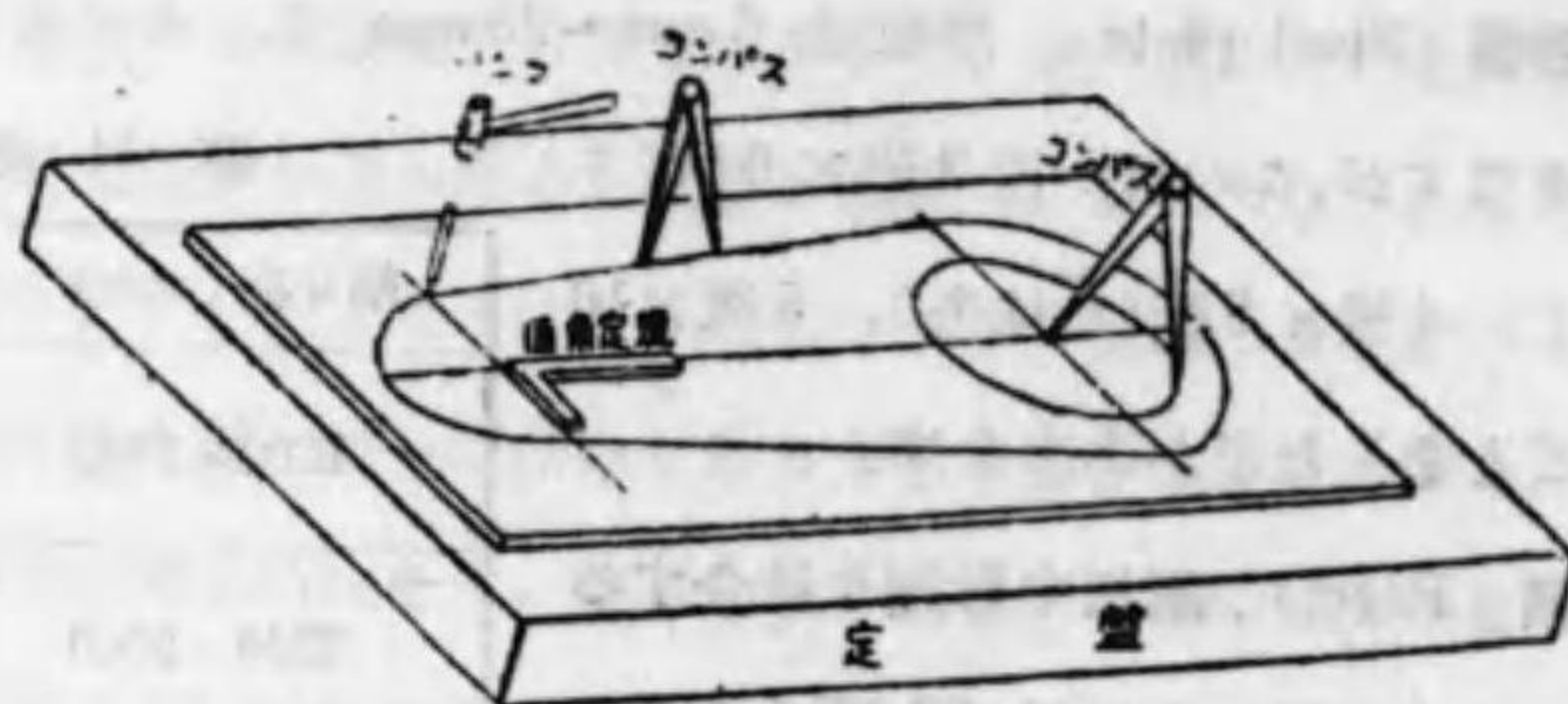


曲げて溶接したもの。縦目無鋼管といふのは鋼塊をロールにかけて造つたもので縦の縦目がなく、水管罐用、圓罐用、機關車罐用、瓦斯管用などに使用されてゐます。

## 2. 工具と機械

- (1) 野畫用工具 野畫 (Making) とは、鋼板などの表面に製作する物體の形狀、鉄孔などを畫くことですが、製罐場には床面に廣く水平に野

第 33 圖

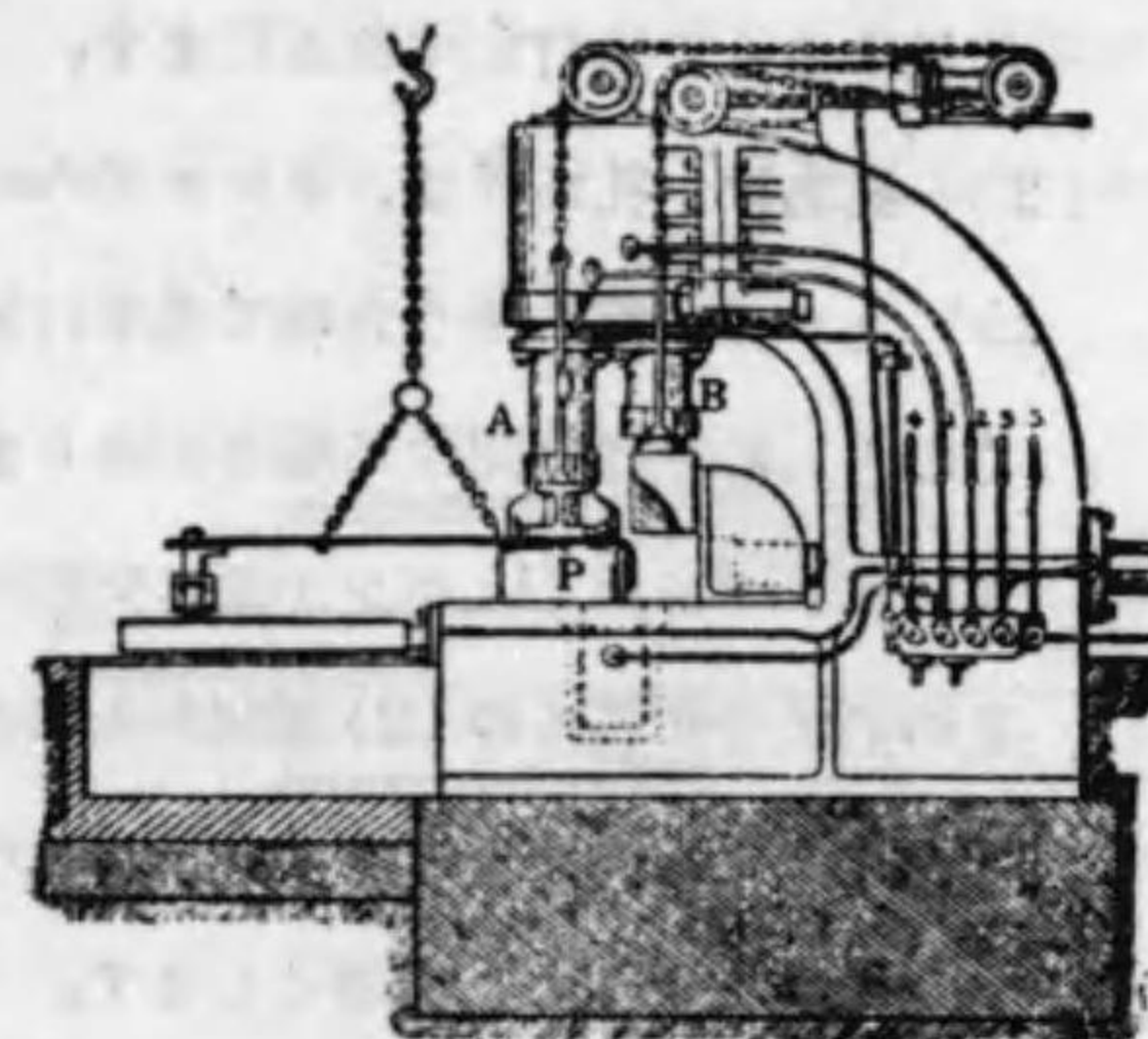


畫臺を設け、その上に鑄鐵製の定盤 (Surface plate) を載せて、この上で物指、卷尺、定規、コンパスなどを用ひて切取線、折曲線、鉄孔などを畫くのであります。

- (2) 鉄打と爐 鉄打工具には當盤、丸め型、打込矢があります。當盤は赤熱の鉄頭を押へるもので、丸め型は鉄頭を作るもので鉄頭の形に合せてある。打込矢は勾配を有する丸棒で、重ね板を引き寄せたりする時にも用ひます。爐 (Furnace) にて長い形鋼を熱するには、床面に低く築いた地火床を用ひす。
- (3) 剪斷機 (Shearing machine) 剪斷機は金屬板を挟み切る機械です。打貫機も一種の剪斷機です。
- (4) ボール盤 (Drilling machine) 孔を穿つ機械で、この工作機械を完全に使用すると、ある程度まで旋盤の代用をすることが出来ます。製罐作業

に適するものは、鉄孔のやうな多數規則正しく列んでゐる孔を同時に穿ける爲に、多數の錐軸を有する多軸ボール盤及びラチアルボール盤です。

第 34 圖



- (5) 鉤出機 板の縁を曲げて鉤を作るのに用ひる。第 34 圖は一部づつ板を曲げてゆくもので、水壓ラム A で金型 P 上に載せた鋼板を押へ、他のラム B を押し込めば鋼板は金型 P の型に曲げられるから、これを繰返して全周に及ぼします。

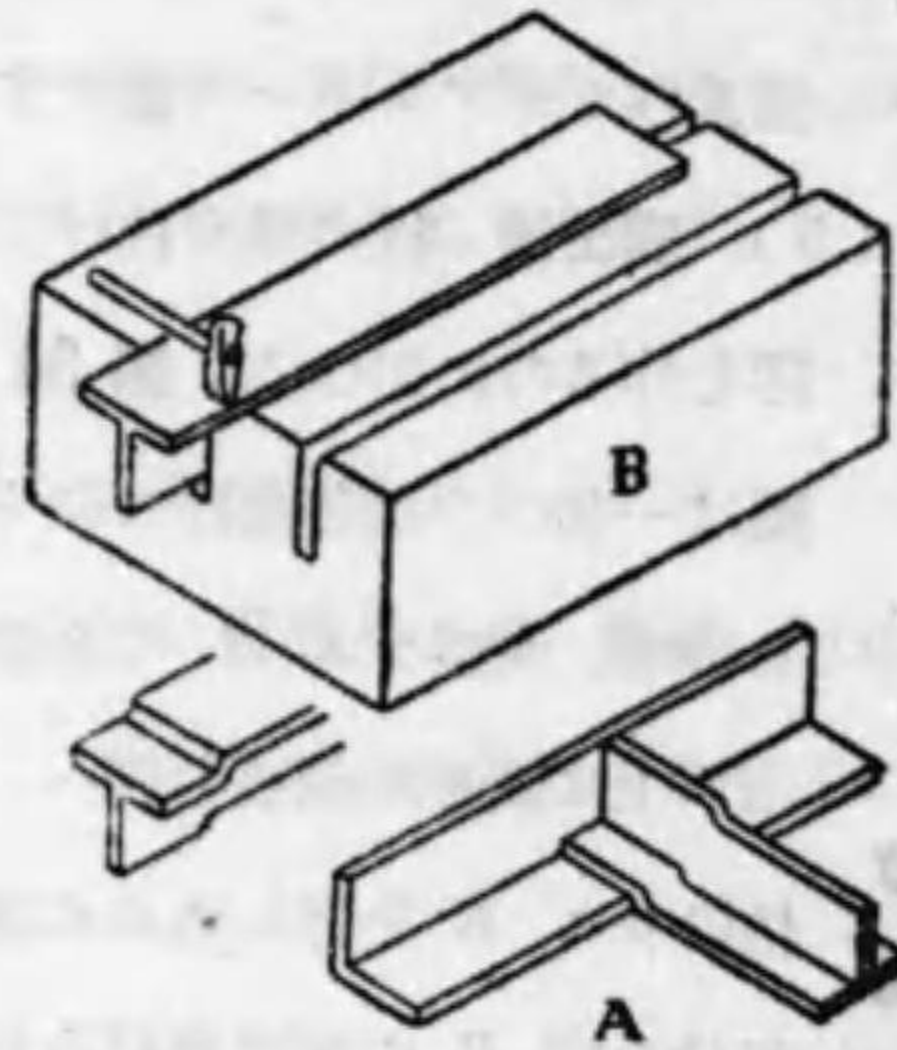
- (6) その他 縁削盤といふ機械は鋼板の縁を削り仕上げるもの。鉄締機には、水壓機を應用したものが最もよく締め得る。水壓の代りに壓縮空氣を用ひたものもあります。

## 3. 工 作 法

- (1) 板曲げ 板を曲げるにはロール機を用ひるが、山形鋼を曲げるにはロールの形を適當に變へたロールを用ひます。このロールを使はずに、鋼板の縁を曲げるには、その部分を赤熱し、定盤の端近くに固定し、鋼板の縁を定盤の側面に叩きつけて曲げます。また緩い曲線に曲げるには蜂巢定盤を用ひ、急な曲線には曲型を使用し、角に曲げるにはその部分を豫め切り開き、また切り取つてから、赤熱して所要の形狀に曲げます。つぎに山形鋼及び丁形鋼の端を据ゑ下すには、鋼材を組合せる場合に、兩方の面を同一平面上に揃へる。これには一方の鋼材を相手方の鋼材の厚だけ据ゑ下す必要があります。この作業は、第 35 圖 B の如き一種の鉄床を用ひ、赤熱した鋼材をこの上に載せ、鋤打して所要の形に据ゑ下しま



第 35 圖



す。更に一旦据ゑたものを、もう一度赤熱してAのやうに相手方の鋼材の断片上に載せ、その下面が完全に定盤面に接するまで鎚打して修正します。

(2) 孔あけ 孔あけは、ポンチ (Punch) といつて鑿のやうな物で孔を打貫くのと、錐で揉み開ける場合があります。ポンチには(1)ポンチ面に突起を孔の心に合せるもの(2)両側から順次

剪断するもの(3)以上の二つを併せたやうなものがあります。ポンチの径は孔の径として、下型の孔はポンチの径よりすこし大きくします。錐で開けた孔は、内面に多少の凹凸があつて正確でないから、精密な仕上げを要するものは、リーマー (Reamer) を通して削ります。すべて孔径は、鉄、ボルト等の径よりも少し大きくし、ねぢの径よりも小さく開けます。

(3) 鉄打 人が鉄打をする時は、すくなくも鉄焼、當盤、横坐、先手の四人が必要で、16mm 以上の鉄には先手二人、合計五人を要します。鉄の締方は、むらを防ぐために成るべく機械打にすることです。空気ハンマーなら三、四人を要し、人力よりも遙かに多くの鉄を打てる。水圧鉄締機<sup>(9)</sup>を用ひると完全に締められるが、形が大きいのが缺點です。つきに鉄打の注意を挙げれば

(イ) 適當な長さの鉄を使用しなければ、かしめ代に不同を生じ、鉄頭が正しく作られないから、適當の長さを定めて置くこと

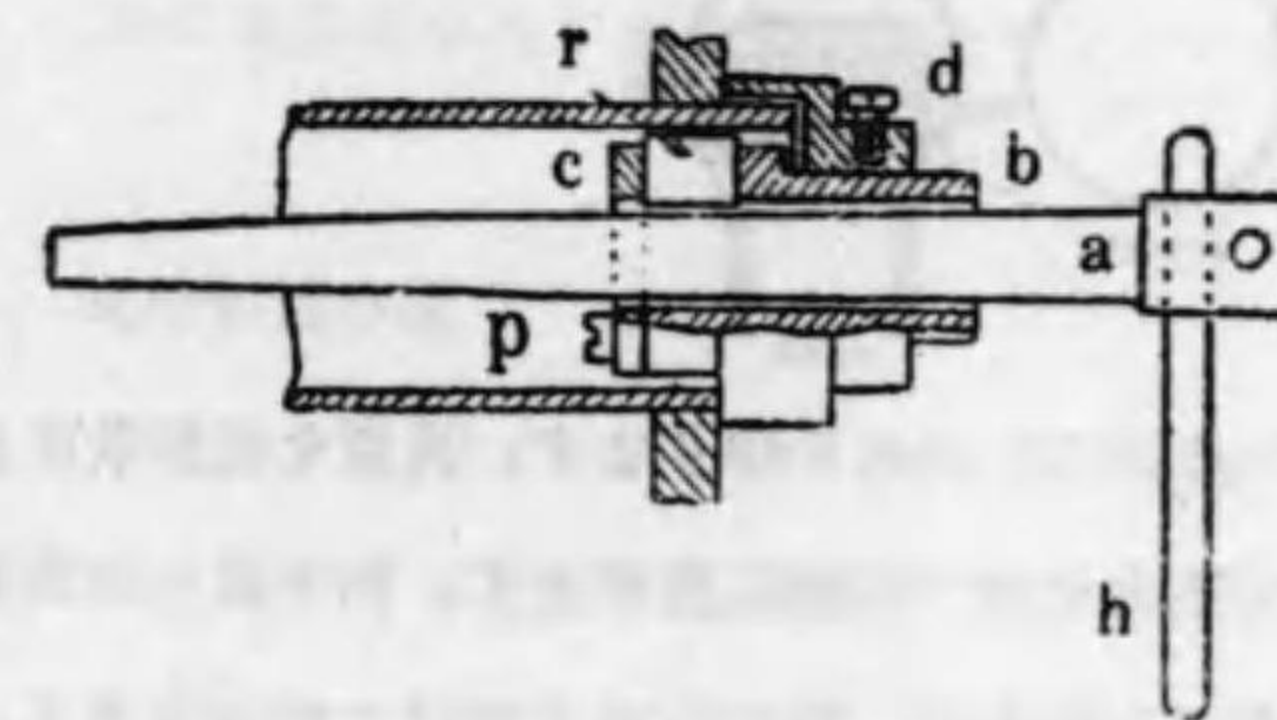
(ロ) 鉄焼は橙色以上になるまで加熱し、黄色になつた時を最も適當とします。小さい鉄は、鉄管の中に入れて間接に熱すること

(ハ) 當盤は重い方が抵抗が多いからよく締る。鉄頭がよく板に密着するやうに、少しづつ左右または圓形を動かすこと

(ニ) 鉄列を一方から打つと、鉄孔に喰違を生ずるから、拾ひ打といつて、五六個飛ばして打つ。三本打には、中央を最後に打つこと。

(4) 管擴げ、管縁曲げ 蒸氣罐、復水器などにおいては、管を管板に挿入して、水密を保たせるために管擴げを行ひます。あまり擴げすぎると管質を害し、却つて水密を保てないから注意すること。

第 36 圖



第 36 圖に管擴げの一例を示しますと、勾配をつけた一本の心金 a の周圍に、焼入した鋼のロール r が3個あり、本體 b と押へ板 c との間で自由に外方に張り出すことが出来ます。

これを用ひるには、心金 a を抜いて管 P の中に押込んだ後、d を定規としてロールの位置を管板に合せ、心金の頭をハンマーで叩きつゝ、ハンドル h を廻せば、ロールは管の内側を回轉しつゝ張り出して管を擴げ、管板を密着させます。そして適當に擴がつた頃合を見て終へるのです。蒸氣罐の煙管のやうに、火焰に曝されて膨脹收縮多く、且つ高壓を受けるものは、擴げただけでは十分でないので、管の端をすこし管板の外に出して置いて、この部分を外側に折り曲げ、管板に押しつけて密着させます。

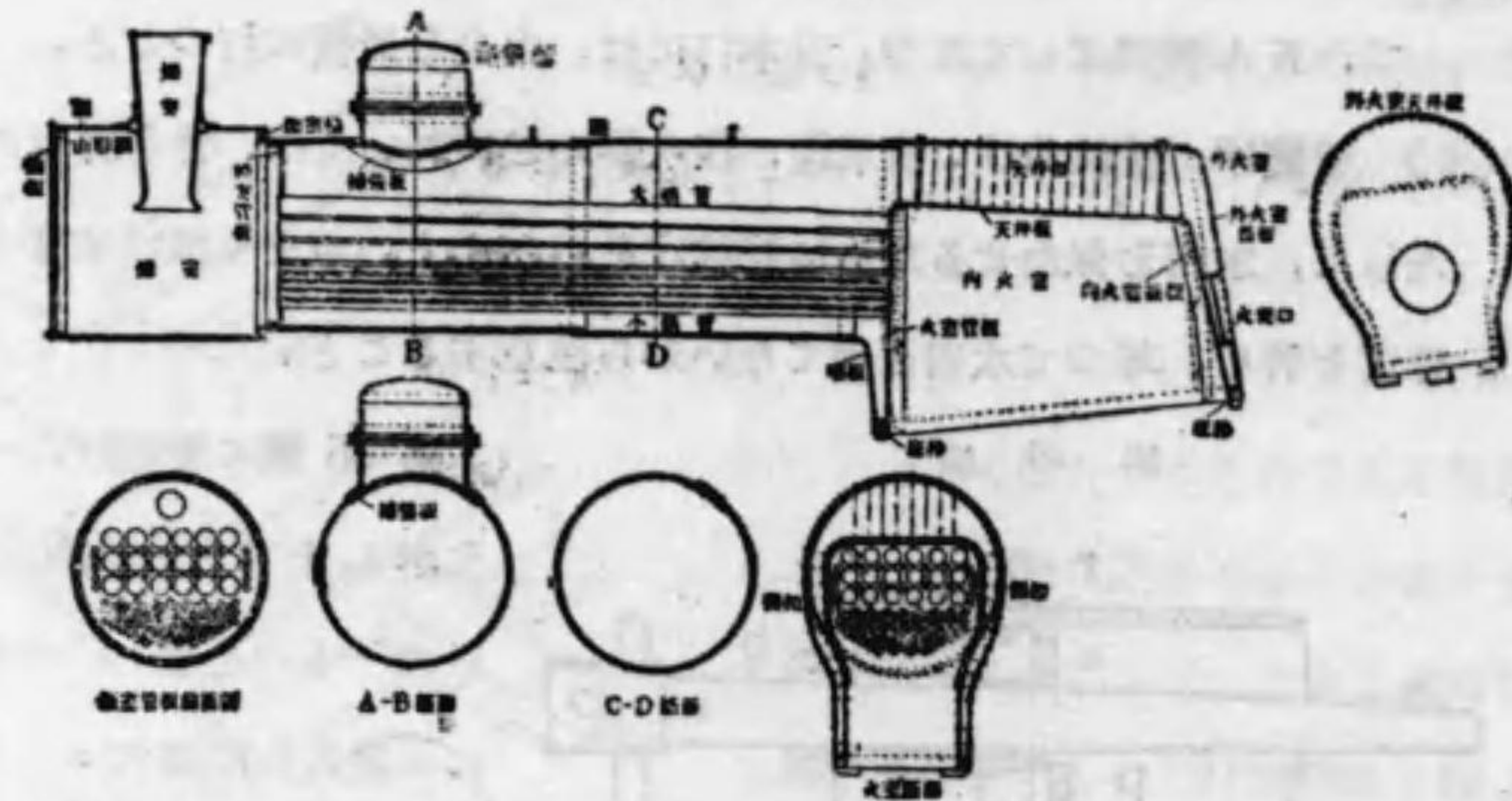
#### 4 罐の工作

蒸氣罐工作の一例として、第 37 圖のごとき機關車罐の工作法を簡単に記します。これは罐の断面圖で、罐は胴、外火室、内火室、煙室、焰管及び控から出来てゐる。胴の一部には蒸氣溜、火室には火焚口、煙室には煙突が附屬してゐます。

(1) 胴 2本の圓筒を継ぎ合せて胴を作る。胴の縦の接手は内外から目



第 37 圖



板を當てた突合接手ですから、この目板を作ります。目板を圓弧狀に曲げるには、鋼板を赤熱して壓力を加へて押し曲げます。曲り具合の良否は、型板で検査し、幅及び長さを仕上げ、鉄の下孔を穿けて完成します。

- (2) 内外火室、天井板及び側板 比較的簡単なものは、現圖からその展開圖を作り、それに合せて鋼板を仕上げ、鉄及び控の下孔を穿けて、ロール機械などは打据法で、所要の形に作ります。
- (3) 喉板、内外火室、後板 いづれも鋳出を要するもので、まづ鋳出用の金型を準備し、つぎに鋼板を切り取り、赤熱して鋳出機にかけて成形し、鋳縁を仕上げ、鉄及び控の下孔を錐揉します。
- (4) 蒸氣溜座 まづ鋼板を罐胴に座る部分の大きさよりも少し大きく切り取り、次に曲げ出すべき鋳の高さを内側に反したと想像して描いた圓より、もすこし小さい直径を有する孔を中央に穿け、是を赤熱して金型を用ひて罐胴の曲面に合ふ様に曲げます。罐胴の蒸氣溜孔補強板は、適當の形に切り取つた鋼板を環狀に作り次に胴の内面に相當する曲面を有する金型で押し曲げ、鉄の下孔を穿けて置く。蒸氣溜座の鋼板を丸く曲げて作るには展開圖を描き、是に依て鋼板を切り、ロールで曲げて圓筒形とします。
- (5) 煙室 煙室胴は、罐胴と同じ方法で曲げます。また煙室輪は角鋼を

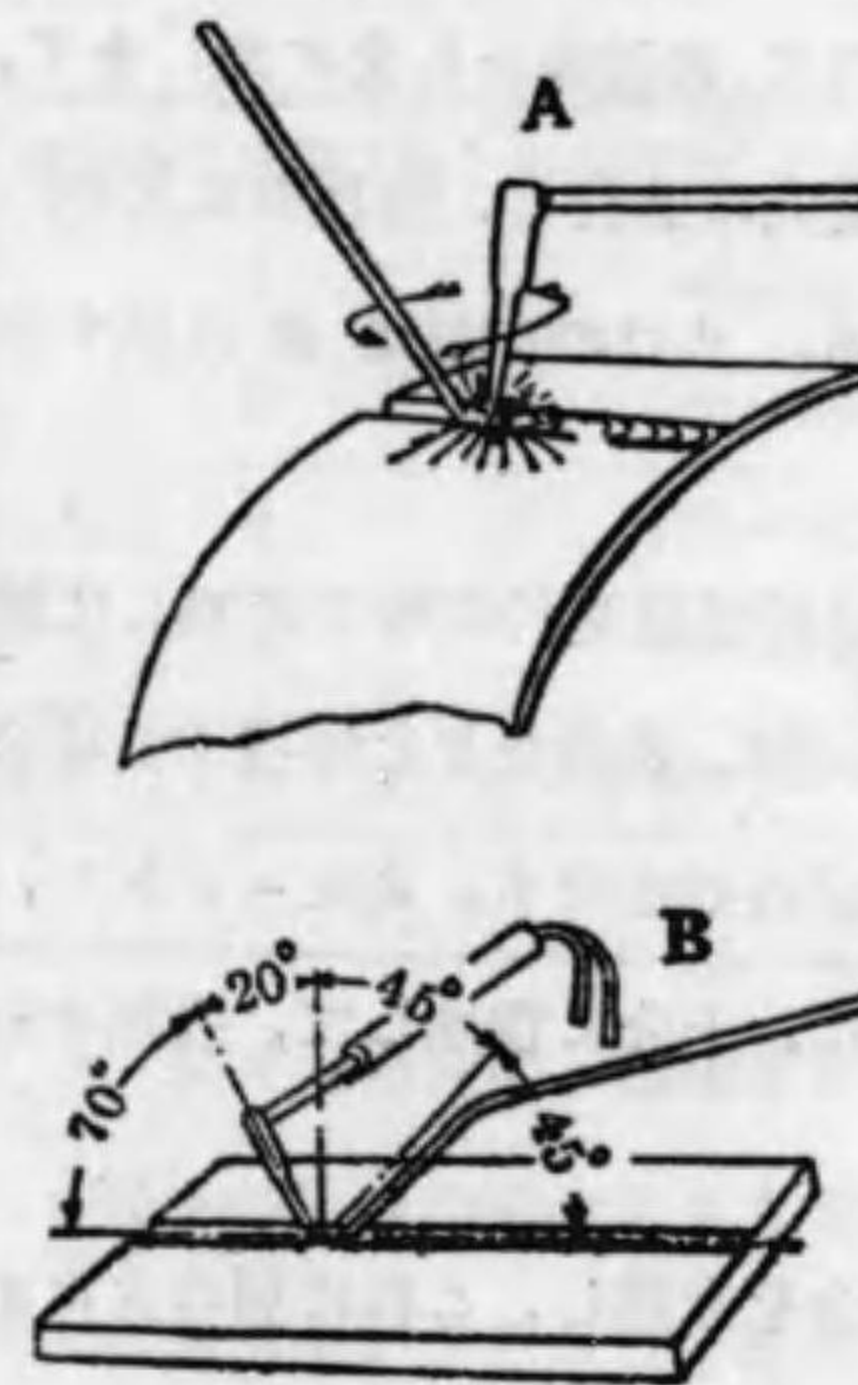
赤熱して、曲盤で環狀とし、接目を鍛接して旋盤で仕上げ、鉄下孔を穿ける。煙室輪は大きいから全長の $\frac{1}{3}$ 位づつを熱して、數回に曲げます。

- (6) 罐の組立 このやうにして製作した罐の部分品には、罐を組立てる場合の中心線が野書いてあるから、これを基準として、關係部分が正確に一致するやうに組み合せ、各接手の鉄孔には假ボルトを通して、所々を綴り合せます。組立がすめば、工作圖に照合して、各部の構造及び寸法の適否を検査するのであります。

### 5. 瓦斯熔接作業

アセチレン瓦斯 (Acetylene gas) に、酸素 (Oxygen) を與へて燃焼させる時の焰で熔接する方法を瓦斯熔接 (Gas welding) といつてゐます。アセチレン瓦斯は、カーバイドに水を注ぐと發生する瓦斯で、普通市販のカーバイド (Carbide) は、1kg から 250~280 リットルのアセチレン瓦斯を發生します。熔接の準備として、まづ水式安全裝置に成るアセチレン瓦斯發生器の水槽

第 38 圖



に十分水を入れた後、瓦斯排出口には吹管の付いたホースを嵌めてから瓦斯流入コックを開いて瓦斯を通す。この時アセチレン瓦斯が、器底から水泡を作つて器内に充滿するのを見て瓦斯排出口を開くのですが、内部の空氣がみな出た後に火口に點火し、壓力を調整して標準焰とします。

熔接するには、熔接物を互に突合せて吹管の火焰の白點のやゝ先方を熔接部に當てると、直に熔融しはじめて、熔接されます。しかし、これでは金屬が不足



するので、工作物と同質の小さい棒を同時に溶かし込んで補充します。この棒を**溶接棒**といひ、軟鋼の溶接には純鉄、鑄鉄には炭素 3~4%、珪素 3~4%のほか少量のアルミニウム、バナヂウム、ニッケルを含むものを使用します。長さは 750~100 mm で、太さは第12表の通りです。

第 12 表

火口の大きさ (リットル)	100	225	350	500	750	1500	2500
溶接部の厚 (ミリ)	1	2~3	4~5	6~7	8~10	12~20	25~30
溶接棒の直径 (ミリ)	1	2	3~4	4~5	5~6	6~8	8~9
酸素使用量 (リットル)	16	43~58	106~133	225~252	425~530	1275~2860	6690~8750
アセチレン使用量 (リットル)	15	40~54	100~125	210~238	400~500	1200~2700	6200~8250
溶接所用時間 (分/米)	7	10~13	17~22	25~28	32~40	53~75	120~220

もし溶接物が厚い時は、溶接面を V 形または X 形に削つて、その面に溶接棒を溶かし込まなければならない。それにはつぎの二方法があります。

- (1) **前進溶接法** 火口の火焰が溶接部の方向に約 45° 傾斜し、第 38 圖 A の様に溶接棒が火焰より先に進行する方法で、主に薄板に行ふもので、溶接の際には局部が過熱されるのを防ぐ爲に、溶接棒から先に熱します。
- (2) **後進溶接法** 火焰が溶接部の方向に後向に進行し、溶接棒は火焰の後に従ふ方法で、厚板の場合に用ひられる。火口の傾斜は B に示すやうに 70° です。

溶接部は内力を生じてゐるから、鋼材の時は溶接後更に吹管で赤熱して焼鈍すれば好結果が得られます。溶接温度の低い銅、黄銅などを溶接する場合には、多少小さい火口を使用し、手早く仕上げることです。またニッケル、アルミニウムのごとき熱の傳導性の高い金属は、十分に豫熱して、過熱せぬやうに、手早く溶接しなければなりません。

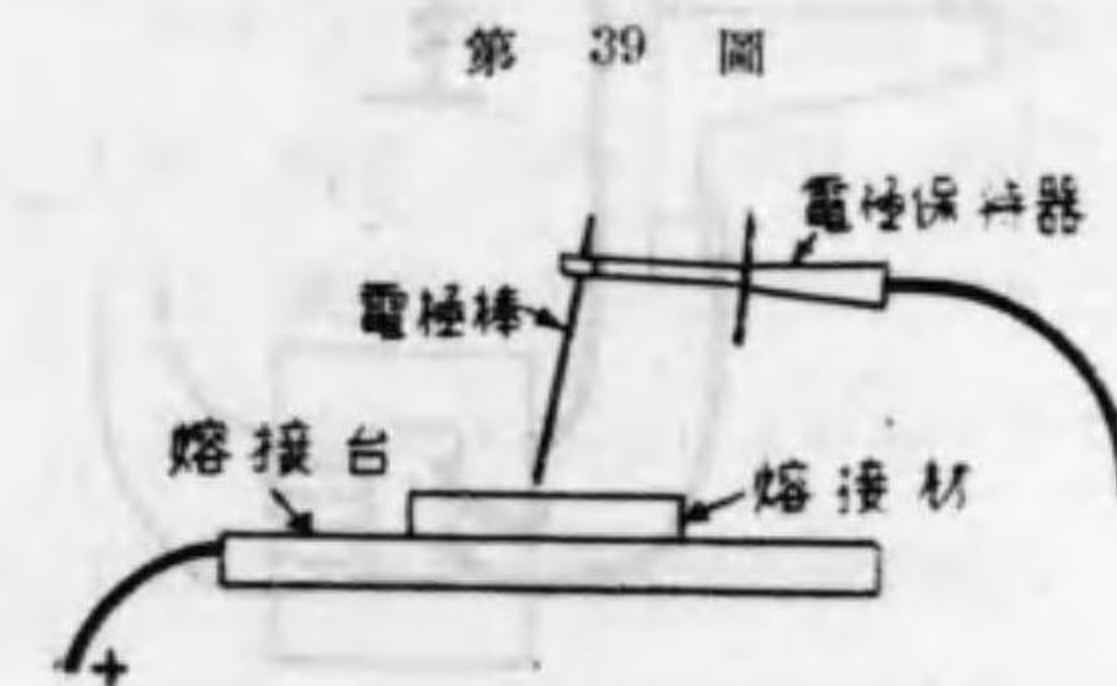
**瓦斯切斷法**は、アセチレン瓦斯の火焰で地金を赤熱し、これに別の火口から酸素を吹きつけて、地金を急激に燃焼させて、その熔融した部分を酸素の

風で吹き飛ばして、切斷するものであります。

## 6. 電気溶接作業

**電気溶接** (Electric welding) には、つぎの方法があります。

- (1) **電弧溶接** これには直流電気<sup>(1)</sup>を用ひるものと、交流電気を用ひるものがあります。第39圖は直流電弧溶接の原理を示すもので、電流の陽



極に接続された溶接臺上に溶接すべき材料を載せ、陰極に接続された電極保持器に電極棒を挟みます。この電極棒の先端を溶接材に觸れてから少し引き放せば、電極棒と溶接材との間に電

弧が飛び、その熱を利用して溶接するものであります。溶接棒を電極に使つて、軟鋼板を溶接する時の標準はつぎの通りです。

第 13 表

溶接棒の直径(耗)	溶接電流(アンペア)	電弧電圧(ボルト)	溶接板の厚(耗)
2	50~100	15~19	4 以下
3	80~150	16~20	6 以下
4	125~200	17~20	5 以上
5	120~250	18~21	6 以上
6	180~350	18~22	8 以上
7	225~400	20~23	10 以上

交流の場合は、電極棒を取りつけるのに極性を選ぶ必要なく、電弧の長さが直流の場合よりも短く、溶接には熟練を要すること、電圧、電流が多少多いことなどが直流と違つてゐます。

- (2) **抵抗式溶接** この溶接法は、溶接すべき物體間に低壓の電流を通し、

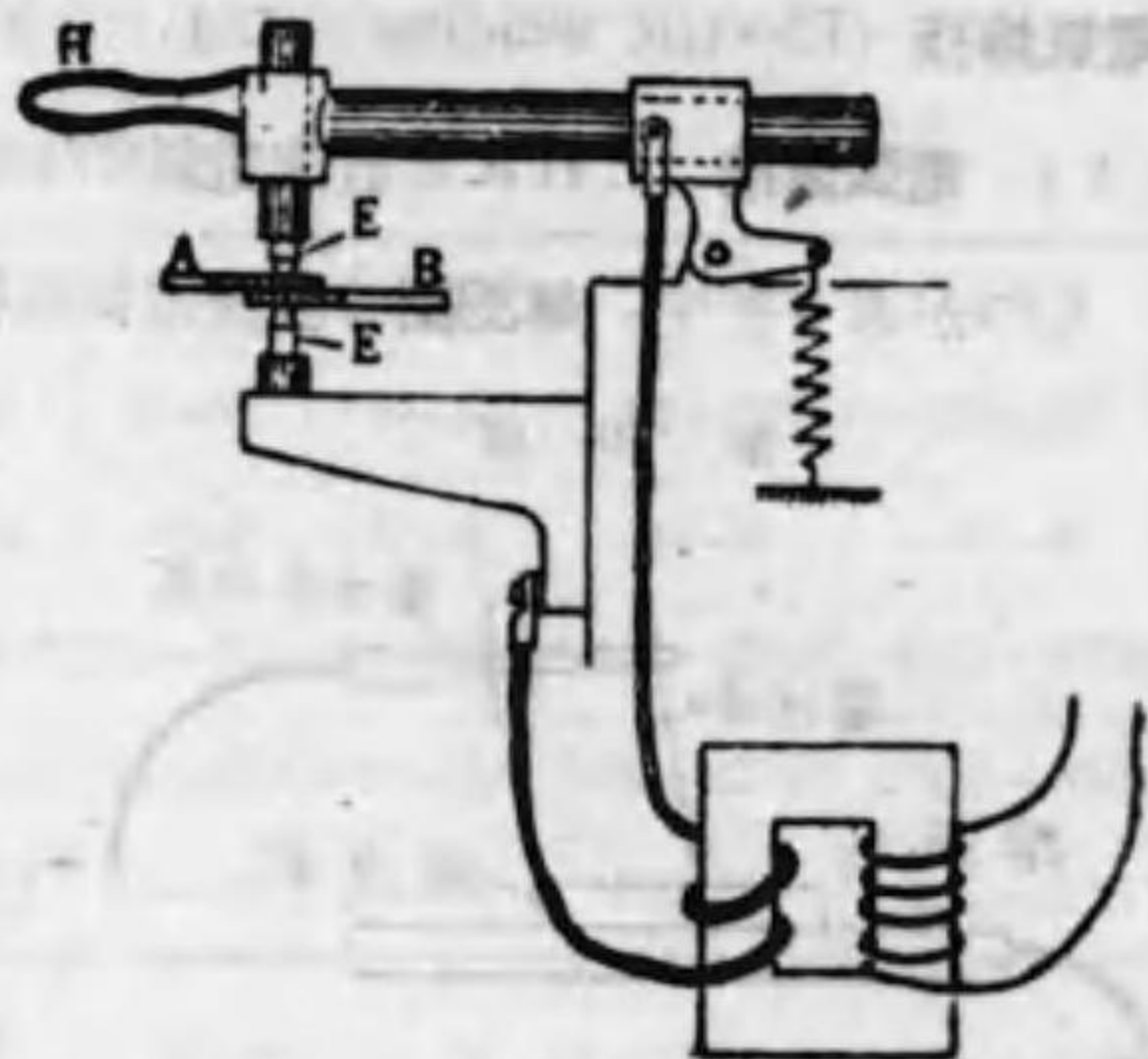


其抵抗熱によつて溶接部を熱し、白熱近くなつた時に壓力を加へて接合するもので、地金を熔融状態にせず、鍛冶作業の鍛合法に似た方法です。

(3) 點溶接 第40圖のや

第40圖

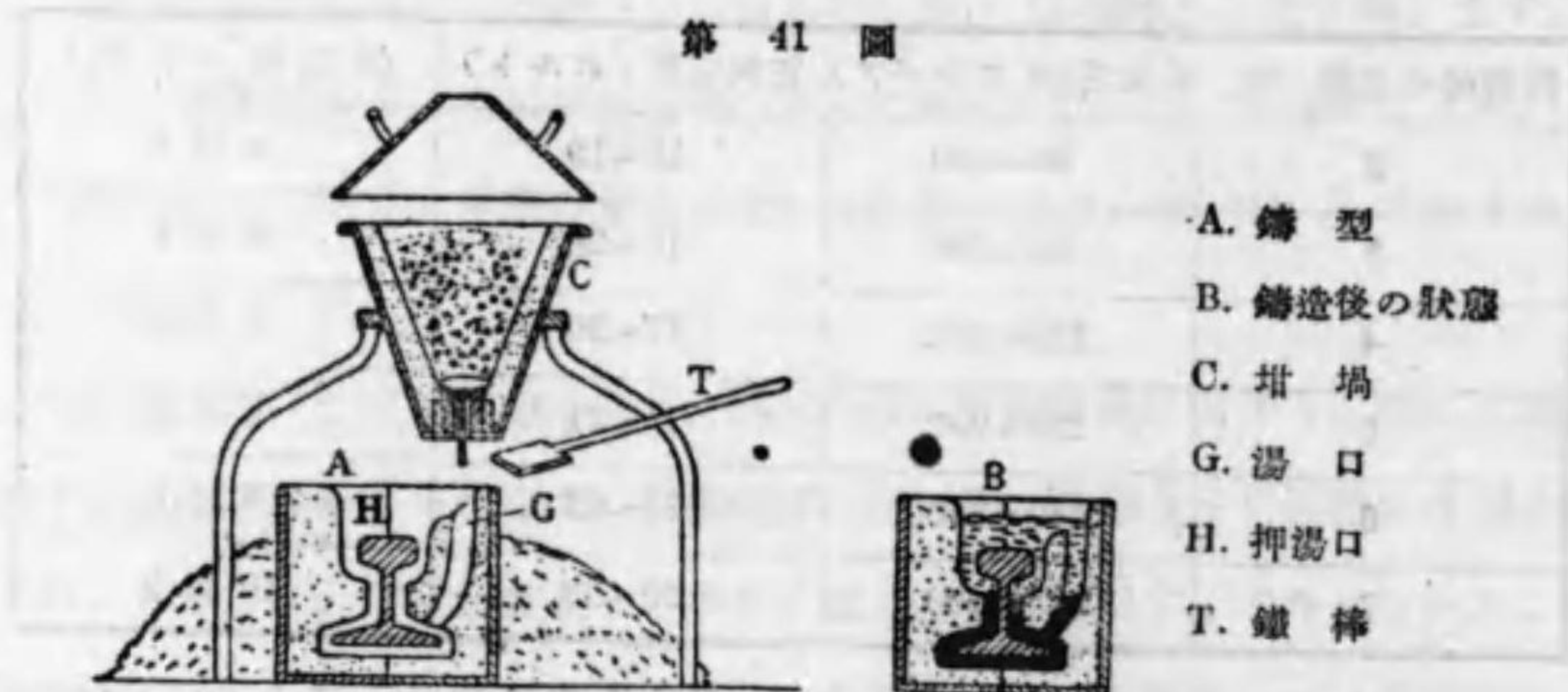
うに、溶接すべき二枚の板A, Bを重ね合せて銅の電極E, E間に押へつけ、變壓器で電壓を十分下げた電流を通せば、電極間の板に抵抗熱を生じ、赤熱になつた時にハンドルによつて十分壓力を加へて溶接します。



7. テルミット溶接

テルミット溶接 (Thermit welding) は主に断面の大なる肉厚の鐵鋼材の溶接に用ひられます。テルミットは、アルミニウム粉末と、酸化鐵とを混ぜ

第41圖



たもので、これに點火劑を加へて點火すると、急激に化合し、その際非常に高い化合熱を發生しますから、電車のレールなどを溶接するには最も適當です。第41圖はこの一例です。

第四章 板金作業

1. 板金用材料

(1) 薄鋼板 普通に薄鐵板といへば薄軟鋼板のことで、これにはロールした儘のものと、これを更に焼鈍したものがあり、前者は滑かで光澤があつて硬く、後者は黒色で軟かです。

(2) 銅板 これには軟質、半硬質、硬質の三種があります。

(3) 黃銅板 第14表に示すやうに、

第14表

種別	銅%	亜鉛%
第一種	69~72	殘部
第二種	65~68	殘部
第三種	58~61	殘部

銅と亜鉛との配合によるものです。

(4) ブリキ 薄鋼板を錫で覆ふたもので、動植物の酸に侵されないから、罐詰の罐などを作ります。

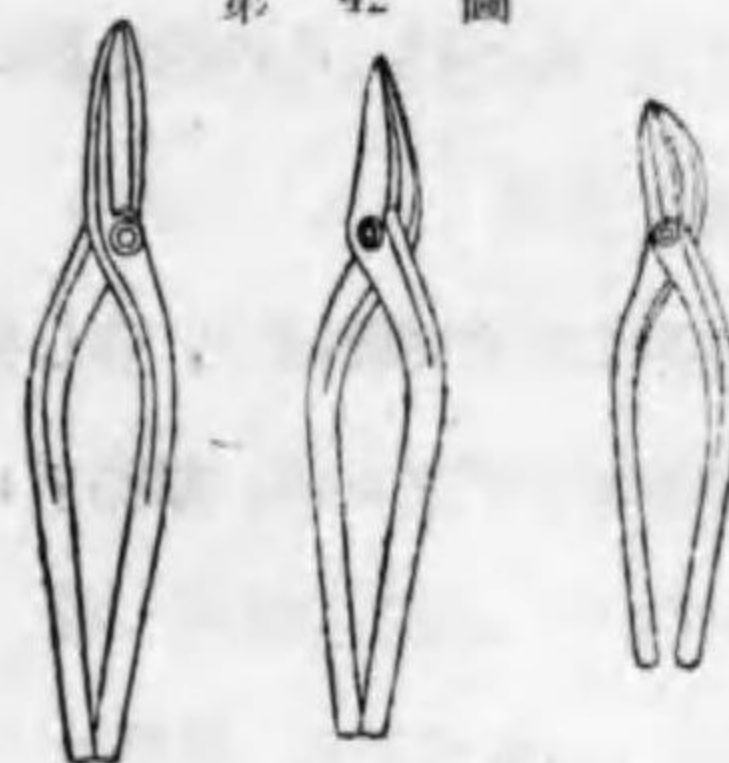
(5) トタン板 亜鉛メッキの鋼板で、鹽分、酸に侵されやすく、鹽分を含む空氣にさへも侵されます。

(6) アルミニウム板 軟質、半硬質、硬質の三種があります。

2. 工具と機械

つぎに述べる小道具の外に鋸、鑿、金切鋸などがあり、また罫書用としての定盤、定規、コンパス等があります。

第42圖



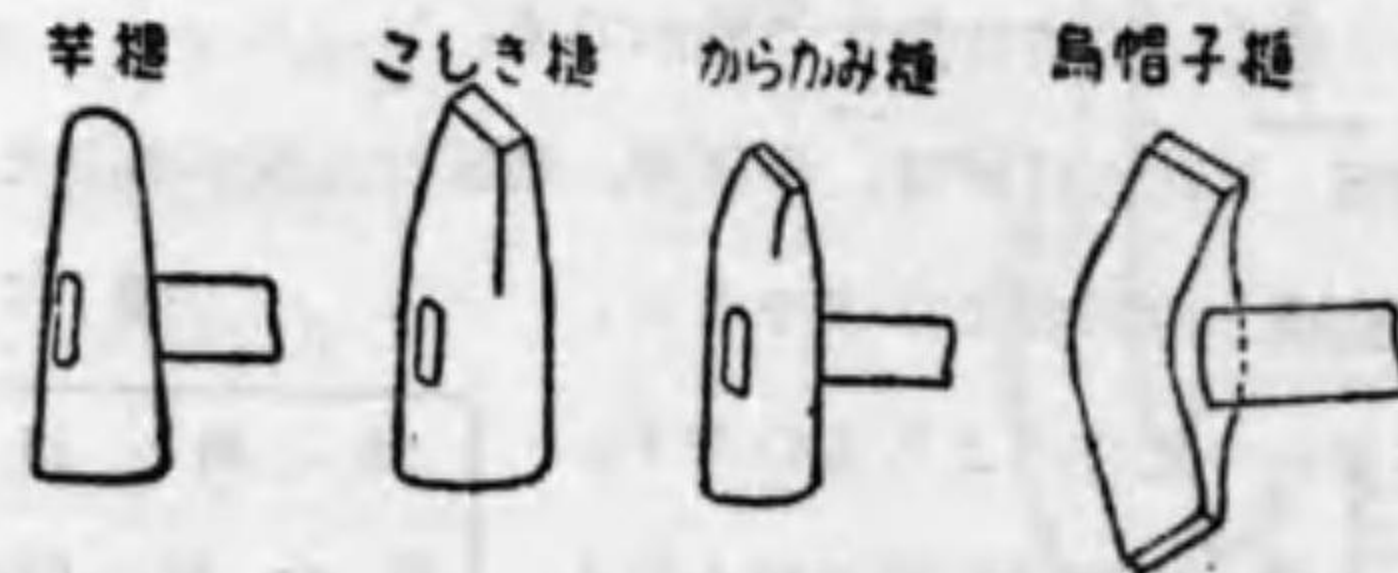
(1) 金切鋏 ブリキなどの薄板を切る道具で、これには第42圖のやうな種類があつて、左端のまともは直線を切るもの、中央は曲線を切る柳刃、右端は板金の真中をくり抜くもので、あぐりといつてゐます。

(2) 金床 槌打する時の臺で、工作物の形に



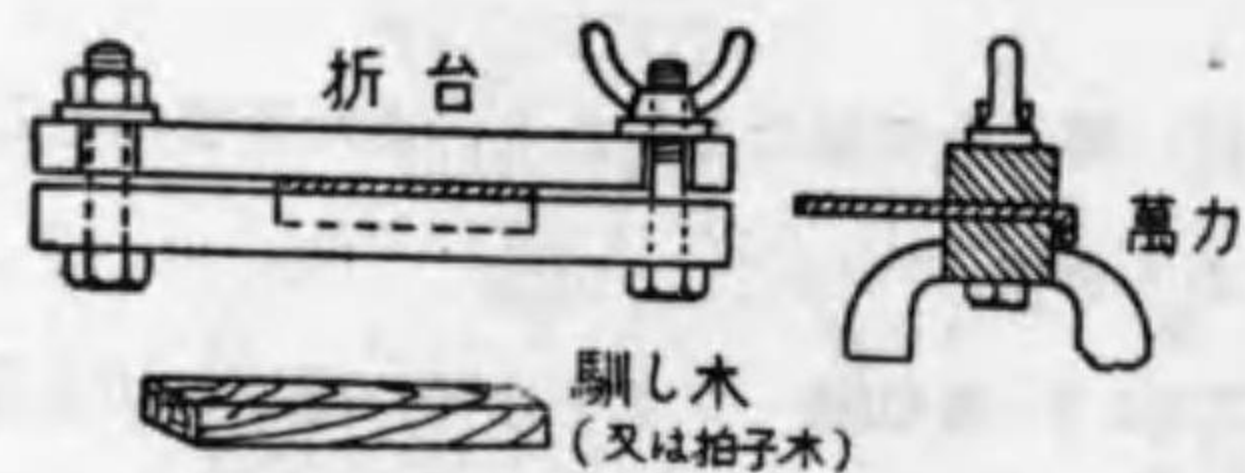
よつて種類があるが、いづれも四角な足を仕事臺に押し込んで用ひます。  
 (3) 槌 木製のものもあるが、鐵製のものは頭部の形状や重量によつて  
 名稱がちがひます。第 43 圖の芋槌は仕上に用ひ、としき槌は荒く打ち  
 出したり板を折り曲げたりする。からかみ槌は細く打出し、烏帽子槌は  
 縁曲に用ひます。

第 43 圖



- (4) 剪斷機 簡単な手動のものは挺子を用ひて上刃と下刃で薄板を剪み  
 切るもの。動力掛のもので上刃が一定の角度を保ちながら上下するも  
 の。板金は圓く切り抜く圓刃剪斷機といふものなどがあります。  
 (5) 回し細工旋盤 毎分 500~1500 回轉させる細工用の工具で、型に  
 板を押しつけて形を作る。金盞、藥罐の胴、電燈の笠を板金から作るに  
 便利です。

第 44 圖



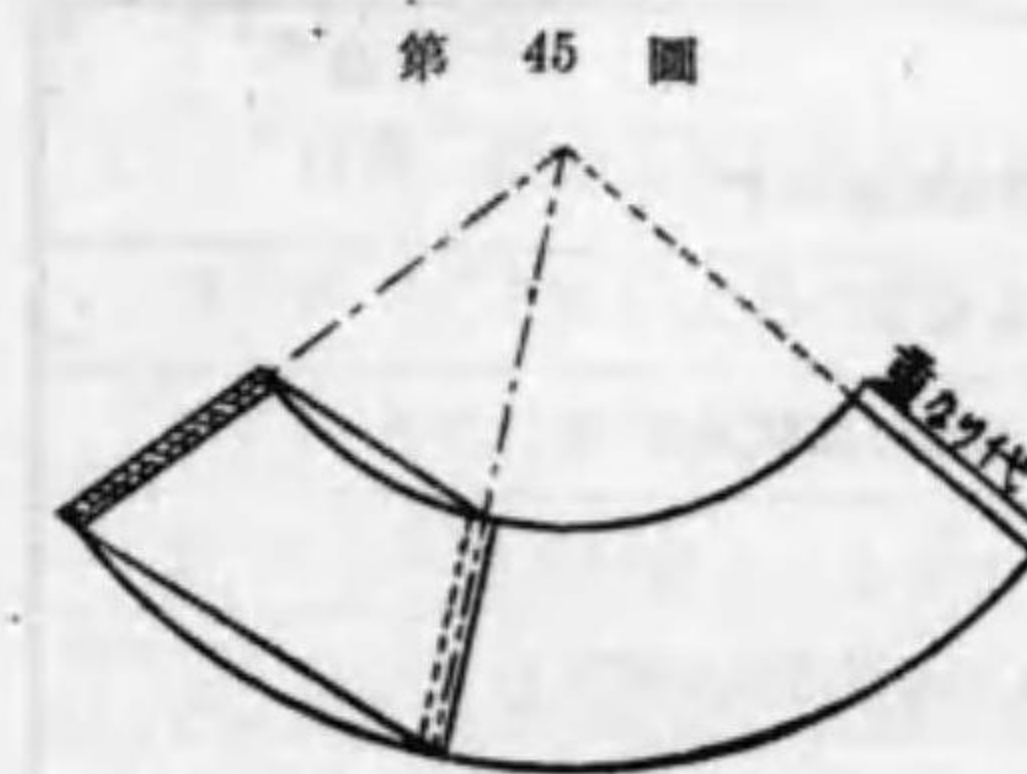
(6) 板金折曲機 第44

圖は折臺と稱する最も  
 簡単なもので、板金を  
 2個の鋼棒で挟んで締  
 めつけ、その縁を馴し

木で叩いて折り曲げます。

- (7) プレス 板金を打ち貫き、絞り、または型打ちする機械で、落とし槌  
 または水壓プレスに似てゐます。このプレスにはネヂプレス、摩擦プレ  
 ス、クランクプレス、肘プレスなどがあります。

## 3. 板取と鈍し方



板取の前に、歪取をして平にする。  
 板取をするには、投影圖から展開圖  
 を畫き、これに重なり代を付け加へ  
 ます。板を曲げれば、外側は伸び、  
 内側は縮むが、中央は伸び縮みがな  
 い、これを中性線といひます。切斷  
 する時に、軟質の薄板は定規とキサゲを用ひ、表裏から適當の深さに搔き、  
 溝をつけ、曲げてこれを折り取ります。

材料は加工すると硬くなるから、途中で鈍しを行つて軟くします。銅板を  
 鈍すには 600°C に加熱し、水中に投じて急冷するのであるが、厚さ 3mm  
 以上のものは赤熱して加工の方がよい。黄銅板は 450°C~500°C に加熱し  
 て、手で觸れ得る位まで冷却した時、水中に投入して冷却します。

## 4. 接合法

- (1) ハンダ (Solder) ハンダは錫と鉛との合金であり、軟鐵とも白目  
 鐵ともいわれる。低温で熔融するため、鍍作業が出来ます。用途に應ず  
 る配合剤は第15表の通りですが、最も普通のものゝは錫 50%、鉛 50%  
 のものです。

まづ鍍を炭火で熱し、表面に生じた酸化物を鏝で除き、鍍先を一瞬間  
 鹽化亞鉛水に浸してから、手早く廣くハンダを附着させます。鍍先につ  
 けたハンダは、銀色に光つてゐるのがよいので、鍍を熱しすぎるとハン  
 ダに灰色の膜を生じ、不足すれば十分に接合しません。

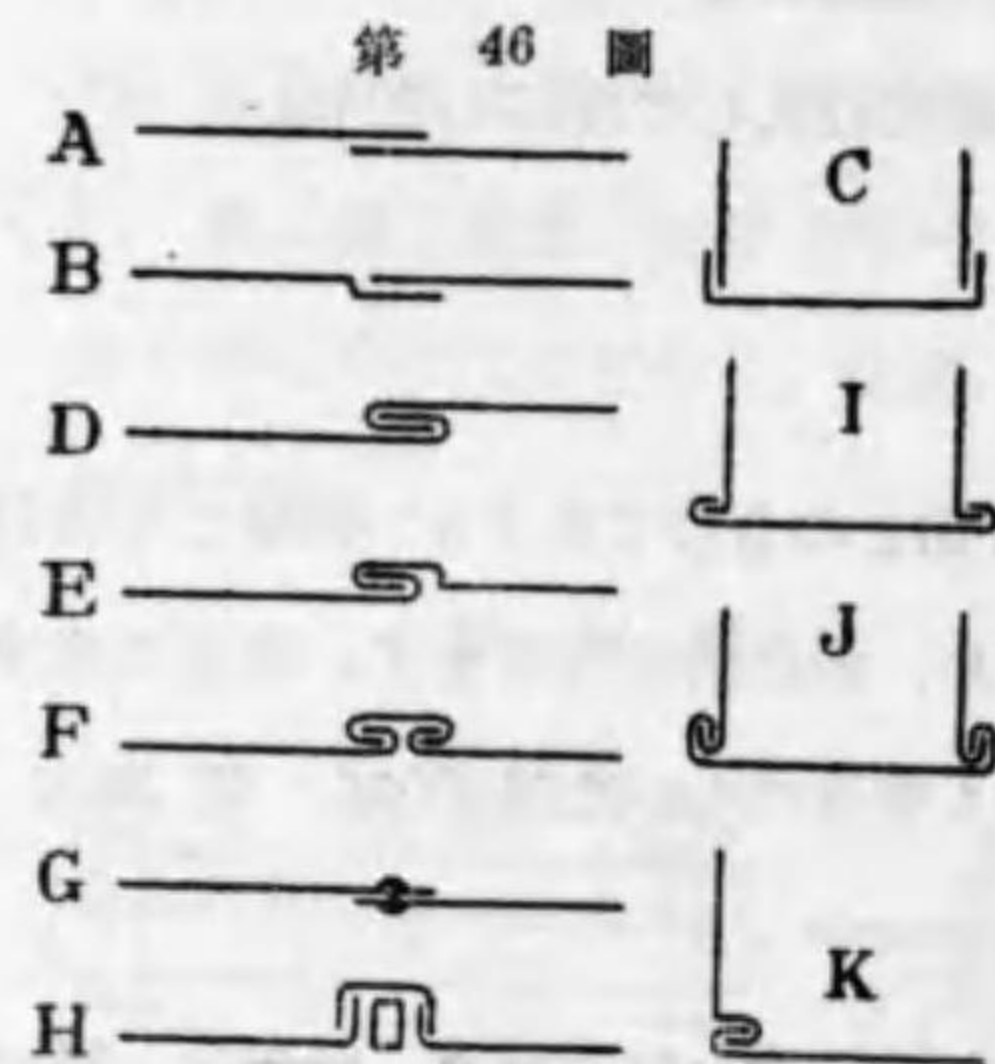
なほ接目に付ける熔劑は、接合すべき金屬によつて異なります。即ち、  
 銅、黄銅、青銅、ブリキ板、銅には鹽化亞鉛水、松脂を用ひます。鉛に  
 は獸脂、松脂を使い、亞鉛板、亞鉛引板には鹽酸を使用します。



第 15 表

錫 %	鉛 %	用 途
25	75	吹管鍍付用(一般鍍付用に適せず)
30	70	建築及びブリキ粗細工用
33	67	亜鉛引鍍板及び亜鉛板等の鍍付用
40	60	黄銅及びブリキ板用
50	50	黄銅及びブリキ板用(一般計器類の鍍付)
60	40	銲け易い金属の接合及び電気部分品用
67	33	精密鍍付用
90以上	10以下	飲食料品の容器の如く衛生上鉛を嫌ふものゝ鍍付用

(2) 折曲接合 板金を接合するには、両方の端を第46圖の A, B, C, Dのごとくに、單に重ね合せただけで鍍付、または銲縮をする方法のほか、



板金の端を折り曲げる折曲接合、即ちヘゼ組法があります。E, F, Gは普通の折曲接手で、Hはトタン屋根を葺くのに用ひ、雨漏りを防ぐと同時に、多少の膨脹収縮を許すやうになつてゐます。また I, Jは圓筒の底で、Kは函の隅に用ひるものがあります。

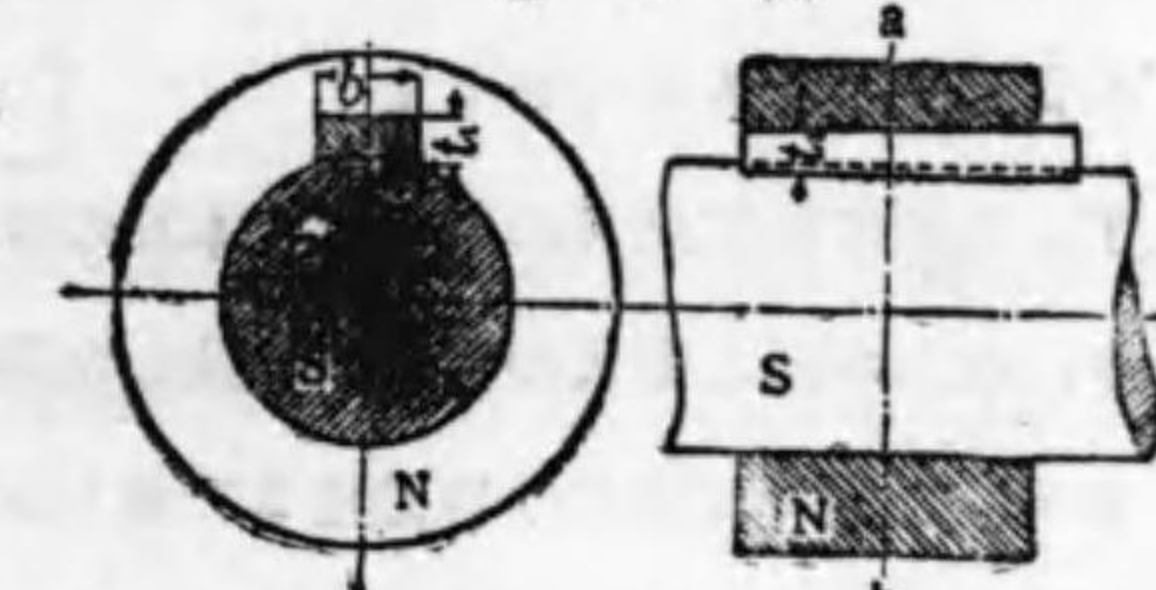
(3) 鑼吹 これには黄銅鑼、洋銀鑼、銀鑼などの硬鑼が用ひられます。鑼付をするには、まづ接合部を磨いて新しい金属面を表し、つぎに鑼の粉末に熔劑として硼砂を加へ、水でよく練り合せたものを接合面に塗り、接合部が互に移動しないやうに針金で所々をからげるか固定して、徐々に加熱し、熔劑の水分が乾いた時に、瓦斯またはトーチランプで火焰を吹きつけ、鑼を熔かして接合するのであります。

## 5. プレスと銅管

(1) 打貫 板金をある形に打貫くには、プレスに打貫型を取りつけて打貫くのであるが、工具の動きが少なくてよいかから行程の短い打貫用プレスを用ひます。第47圖の b は、雌型即ちダイスで、その上に黒い別の板 d との間に打貫くべき板金を送り、ポンチ a を以て打貫く。ポンチと、ダイスとの間隙は黄銅板や、軟銅板では厚さの 5%, これより硬いものは 7% とするけれども、密着を要せざる時は、軟質のものに對しても 8% を超すことがあります。時計の齒車の如く、極めて正確に打貫く時は、更に仕上の正しい型で、もう一度打貫きます。

(2) 絞り 板金を型を通し

第 47 圖



て引抜き、これを絞つて形を與へるもので、ポンチの刃に當るところは板の厚さの 5~10 倍の半径に丸く落とし、その大きさはダイスより板の厚さだけ小にした上に、多少の間隙を與へます。

(3) 巻込 型を板金の縁を巻くやうに作つて、薄板の縁を巻込むものがあります。針金を輪状にして、豫め入れて置けば、針金を巻込むことも出来ます。

(4) 型打 軟銅で型打する時には先づ落し槌で製造して置いて、これを常温でプレスにかけて形を整へ、表面を平滑にします。また黄銅輕合金などは、鍛鍊温度に熱して、摩擦プレスを用ひて形を與へます。

(5) 銅管 銅管は曲げ易く、且つ鐵鋼のやうに腐蝕し難いから、機械の部分品として多く用ひられてゐます。之を曲るには、銅管内部に、松脂または砂をつめてから、曲げることにしてゐます。

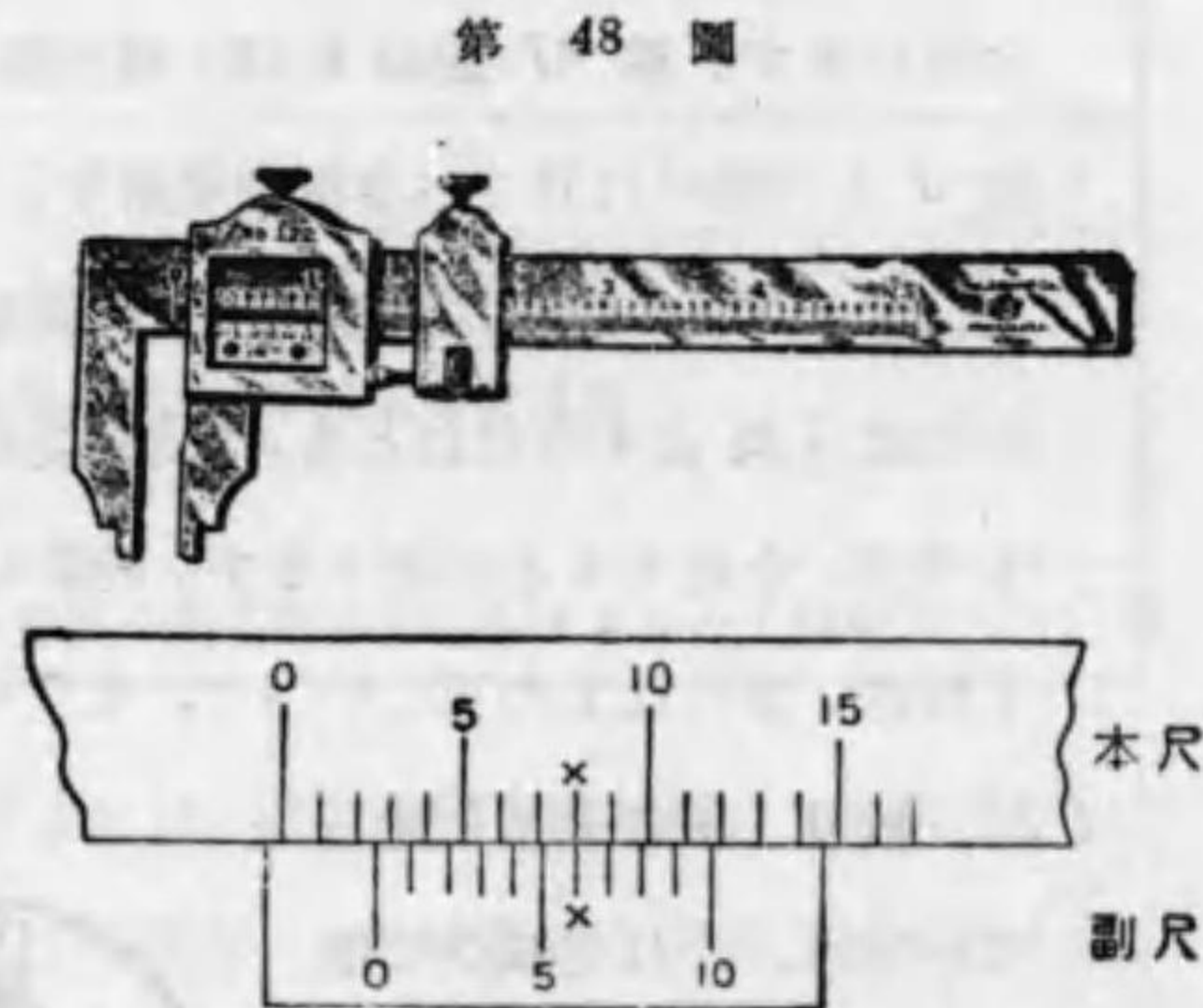


### 第五章 仕上及び組立作業

#### 1. 測定器

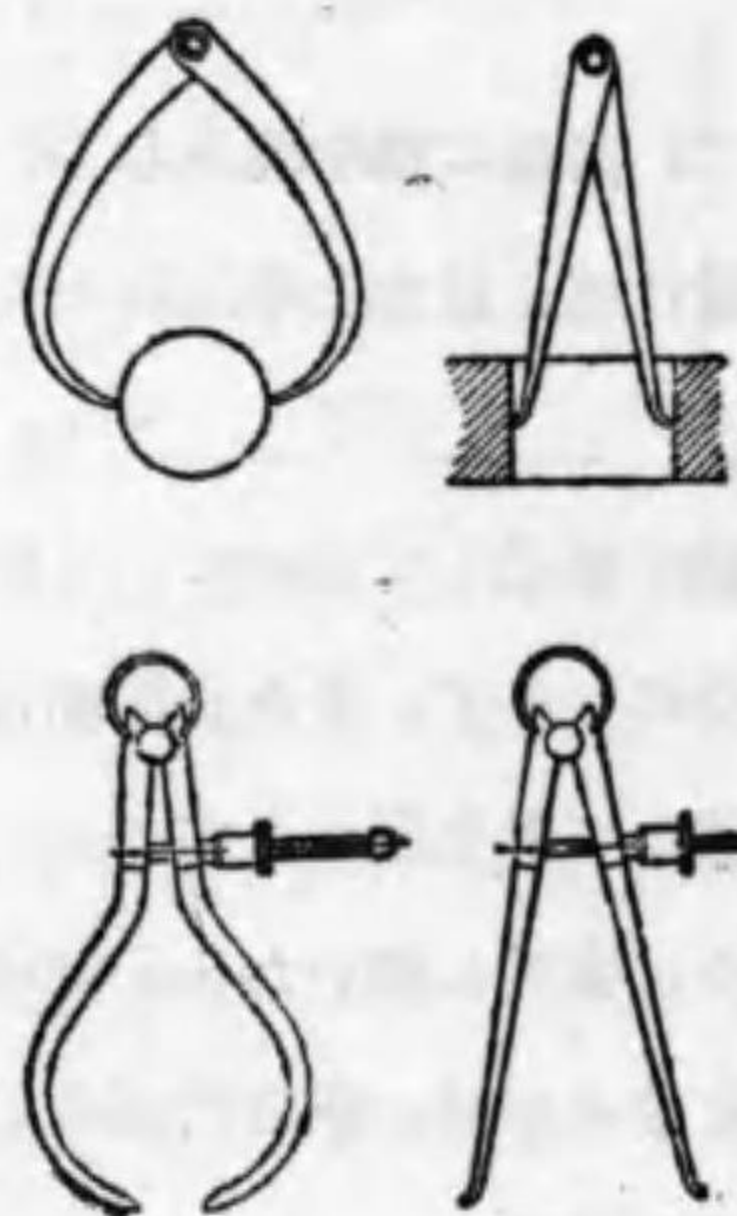
##### (1) ノギス (Vernier caliper)

本尺とそれより少し目を違へて作った副尺との間の1目の差を利用して、迅速に細かい寸法を測定する事ができます。即本尺の9目盛を10等分し之を副尺の目盛としたものであります。



上圖に於て副尺の零が示す本尺の目盛(1目以下の端数を除き)を読み、次に本尺と副尺の目盛の合致した所の副尺の目盛で1目以下を読みます。上圖では本尺の目盛は2で副尺と本尺の合致する目盛は6です。

第49圖 それで2.6耗と読みます。



(2) カリバス (Callipers) 工作物の寸法を測るに用ふるもので、第49圖のごとく外バスと、内バスとがあり、またバネ付のものでネチで締め寄せるバネ付バスがあります。工作物をバスで測るには、必ず測るべき位置に正しくその兩脚を置き、バスがいつれの方向にも傾くことなく、且つ工作物に脚の尖端が軽く觸れることが肝要です。

##### (3) マイクロメーター (Micrometer)

第50圖



ノギスよりも一層精密に測定が出来るもので、精密測定には最も廣く使用されます。マイクロメーターの容量は、凡そ1インチ (25.4 mm) 飛びと考へられるから、1インチ以上を測定することの出来るマイクロメーターには、標準環 (Standard) が附屬して、その狂ひを修正するやうになつてゐます。マイクロメーターは精密な工具ですから、第50圖の

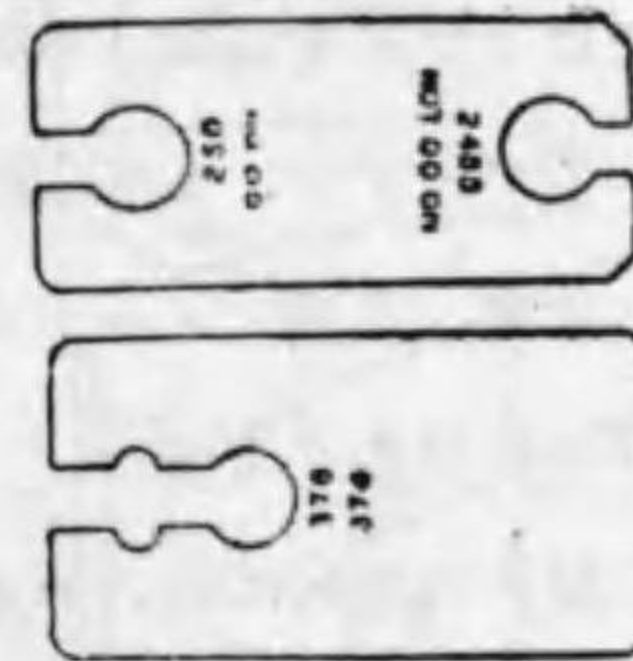
やうに臺附のものが多いが、作業臺に置く時は、他の工具と重ねないやうに注意しなければなりません。

#### 2. ゲージ類

ゲージ (Gauge) は、非常に廣い意味に用ひられてゐて、汽罐室でゲージといへば壓力計、工場でゲージは規範のことで、すべて工作上寸法、形状の基本となるものです。

##### (1) リミット・ゲージ (Limit gauge) 機械部分品といふものは、規定寸法より多少大きくても小さくても、實際十分使用に耐へるものです。

第51圖 (a)



第51圖 (a) は軸の工作に用ひる板形限界ゲージで、他は板の兩端に最大、最小のゲージを作つたもの、一つは口元に最大のゲージを、奥の方に最小のゲージを組合せて作つたもの。大きい方は入つてもよいゲージ (Go in gauge), 小さい方は入つてはならぬゲージ (No go in gauge) と

(b)

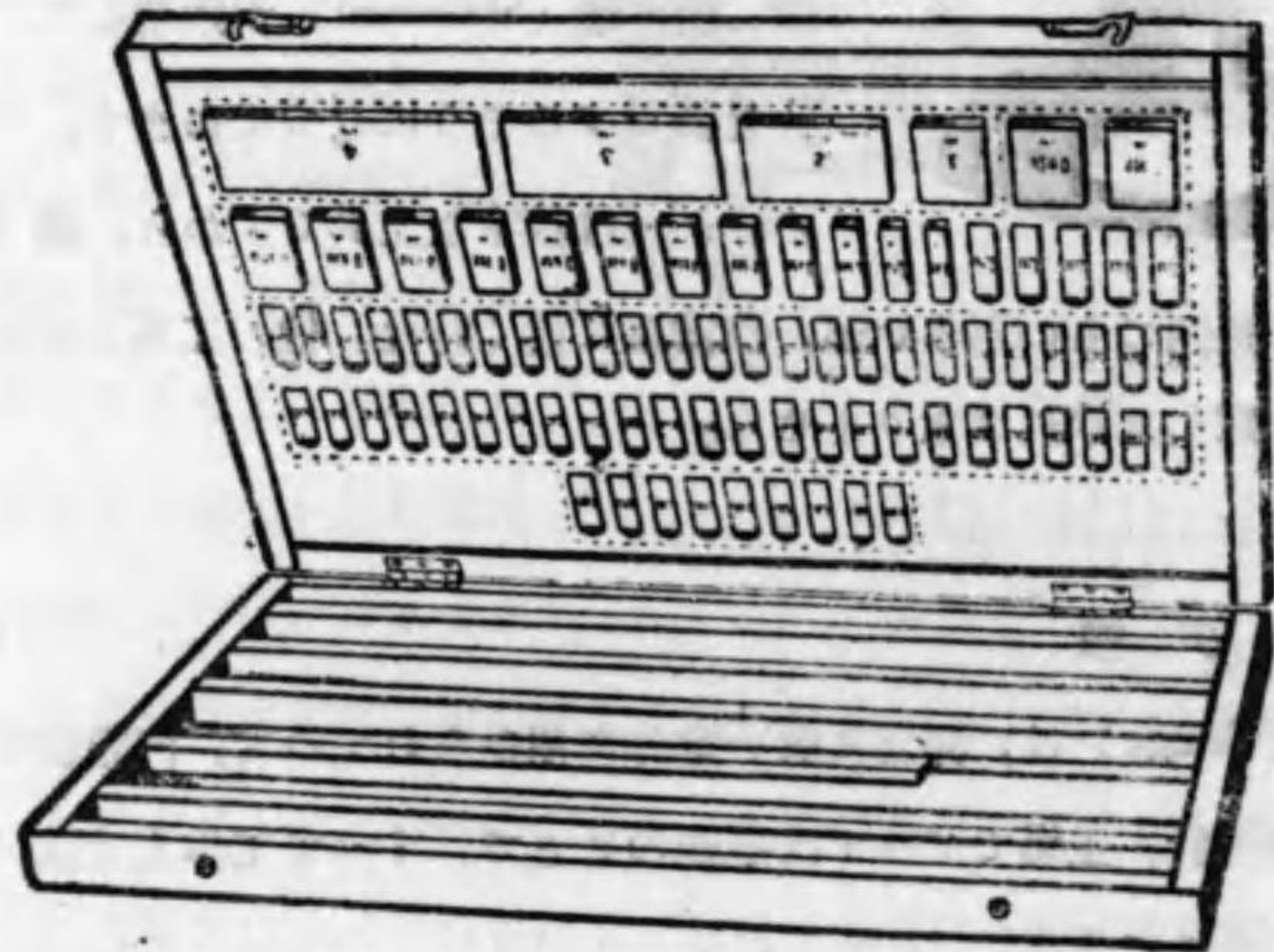


いつてゐます。同圖 (b) は孔径を測定するもので、+の側は入つてはな

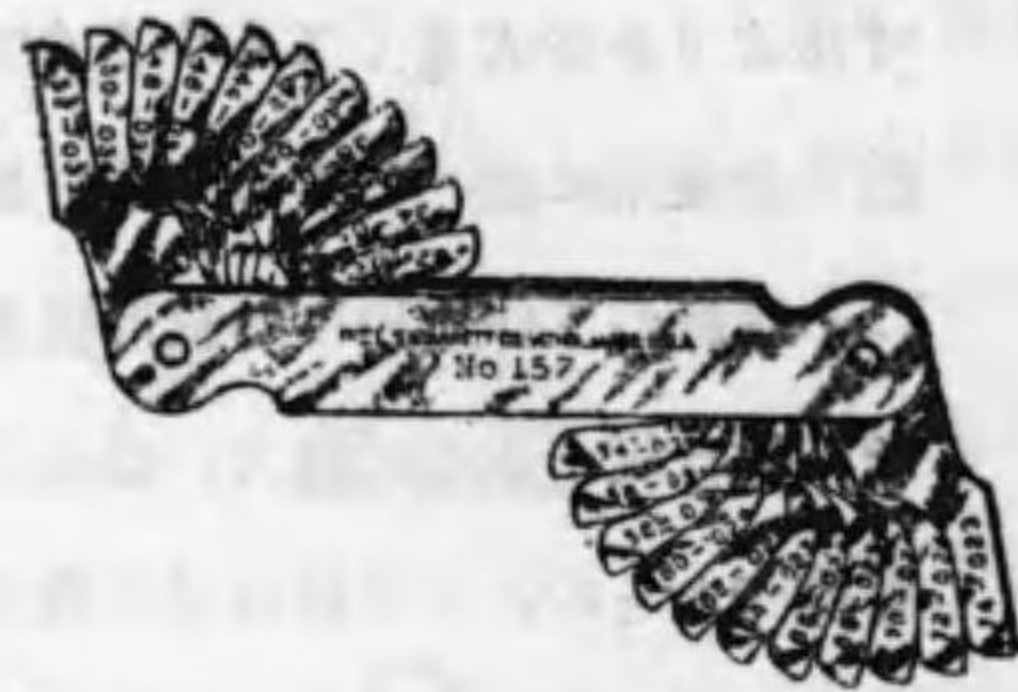


らぬゲージ、一は入らなくてはならない方のゲージです。  
 (2) **ブロック・ゲージ (Block gauge)** これは板形の小さいゲージを澤山一つの箱に納めたものであつて、ゲージを製作したり、計器類を調節したりする基準ともなるので、規範ともいはれてゐます。

第 52 圖



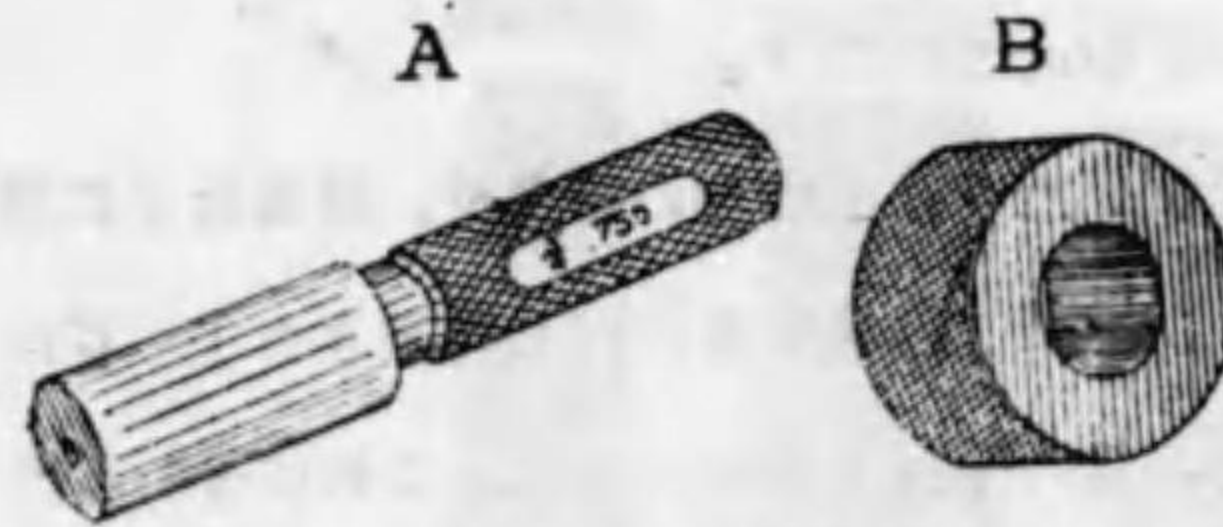
第 53 圖



(3) **ピッチ・ゲージ (Pitch gauge)** これはネジの山数またはピッチを測定するのに用ひるゲージで、ネジ山の形から米式、英式、メートル式の3種類があります。

以上のほかにも、**ハイト・ゲージ (Height gauge)** といつて、ノギスを直立させたやうな形のもので、罫畫や精密作業に必要です。**デプス・ゲージ (Depth gauge)** は溝孔の深さを測定するのに用ひ、**ラヂアス・ゲージ (Radius gauge)** は丸みの半径を測定するのに使用し、ドリルの太さを測る**ドリル・ゲージ**

第 54 圖

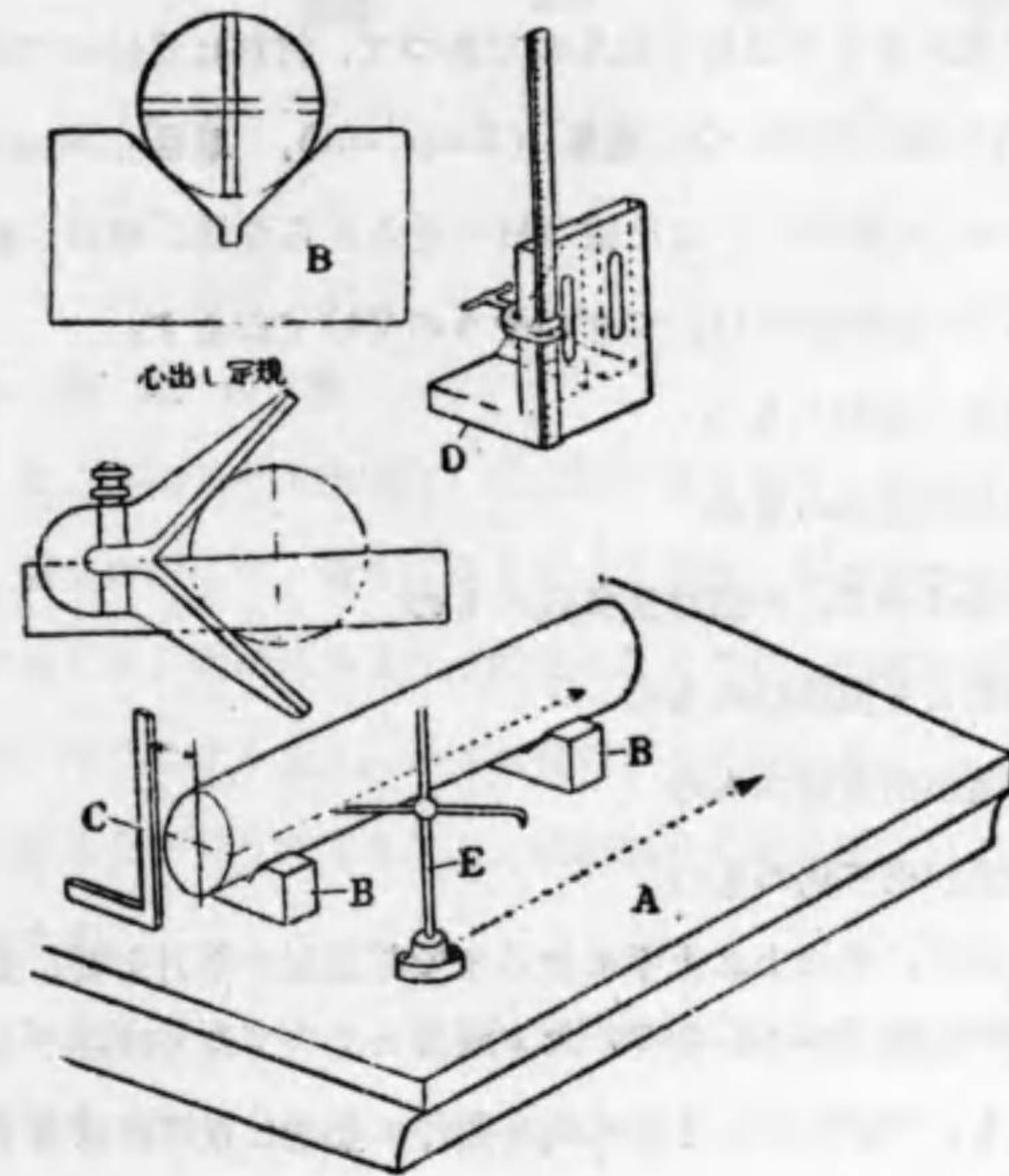


(Drill gauge), 針金の直径または薄板の厚さを測定する**ワイヤー・ゲージ (Wire gauge)**, さては旋盤工作の時、孔徑や軸徑の測定に用ひる**スタンダード・ジリンドリカル・ゲージ (Standard cylindrical gauge)** など、その種類は多い。第 54 圖はスタンダード・シリンドリカル・ゲージで、A と B とが一組です。

3. 罫畫用工具

正確な仕事をする第一要素は、圖面の寸法に従つて、必要な線を正確に罫畫

第 55 圖



畫くことです。罫畫が正しく出来てゐなければ、仕上がった品物の寸法も正確には出来ません。

これに用ふる工具は、第 55 圖にその一部を示した通りです。即ち、A は鑄鐵製の罫畫用定盤で、その表面は正しく平面に仕上げられ、床の上に水平に据ゑ付けられます。B は薬研臺といひ、正確に



仕上げた四角形の臺で、二個以上を一組とし、その面に 90° の V 字形溝を設けてあります。こゝに工作物を載せるのです。

C は鋼製直角定規で、中心線を引いたり、工作物の据りや、検査などに用ひます。D は横定盤といひ、これに小形工作物を取付けて罫畫きます。E はトースカンと呼び、定盤またはその他の平面上を滑らせて、これに平行線を引くのに用ひます。

以上のほか、小型ジャツキ、コンパス、目打、水準器、筆コンパス等を用ひるが、また罫畫をするには、工作物の表面に胡粉と、膠を水に溶かした白色塗料を塗つて、罫畫線を明かにし、仕上げた面には青色塗料を塗ると、罫畫線が見易くなります。

#### 4 鋸 作 業

鋸 (File) は仕上作業になくはならぬものであつて、材料は良質の工具鋼で作つたもので、目の切り方によつて鬼目 (Rasp cut)、單目 (Single cut)、複目 (Double cut) に區別し、また鋸の目の荒さから荒目、中目、細目、油目に分け、更にその形状からは、つぎのやうに分けてゐます。

平 鋸……断面が矩形のもの

丸 鋸……断面が圓形のもの

甲丸鋸……一面は平で、一面は圓弧状のもの

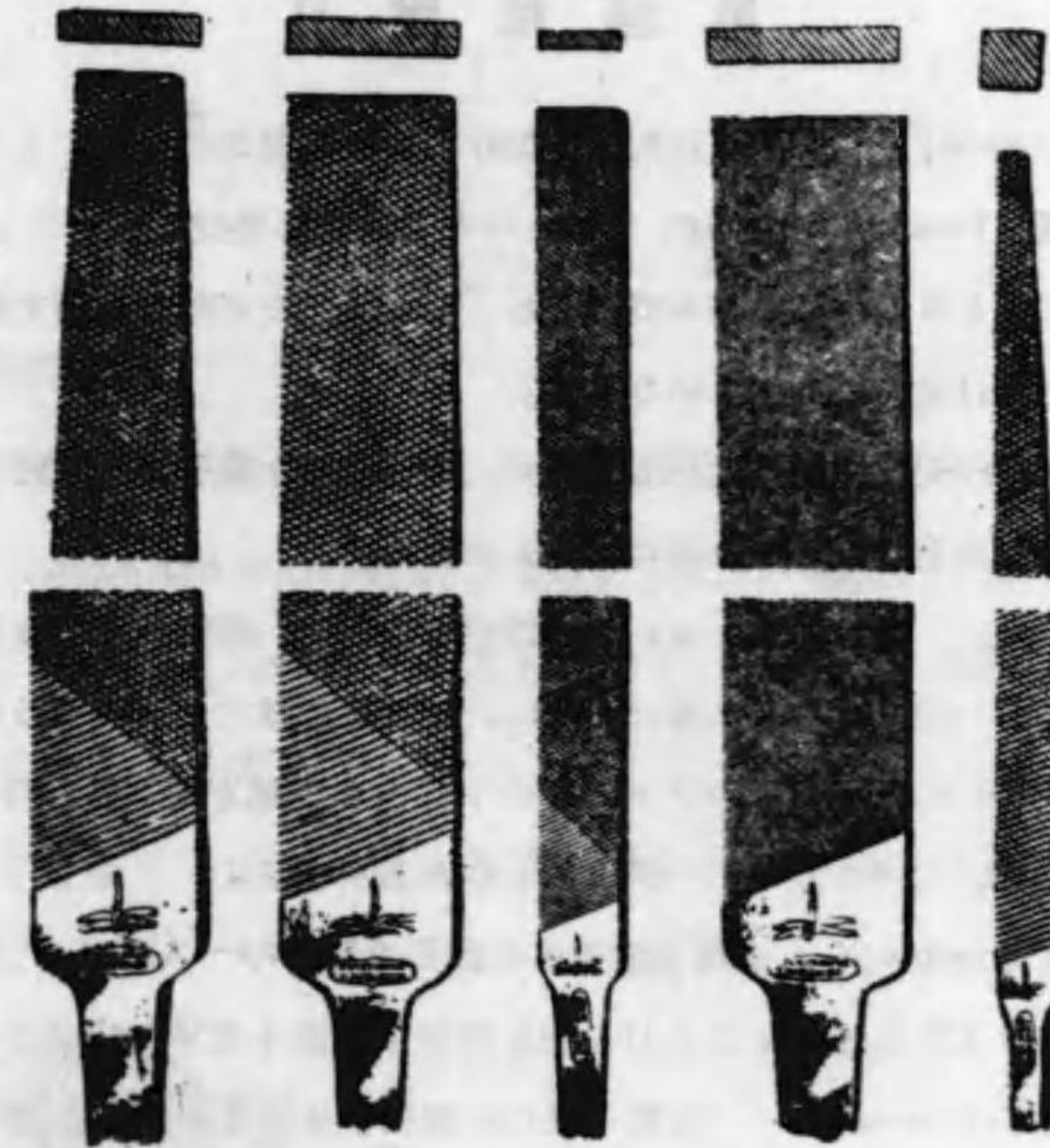
兩甲丸鋸……兩面とも圓弧状のもの

角 鋸……断面が正方形のもの

三角鋸……断面が正三角のもの

さて、鋸作業法であるが、手仕上は上手になるまで相當長い年月を要します。これは鋸の使用法が面倒であるからで、たゞ漫然とやつてゐては却々上達しません。どうしても、つぎのごとき基本的な動作に熟達しなければなりません。

第 56 圖



イ、鋸の持ち方

ロ、足の位置

ハ、姿勢と動作

#### 5. 組立作業

仕上が済んだ工作物は、組立場に移されて、組立てられます。

組立に際して、最も注意を要する點は、各部分の中心をよく合せて取り付けること。回轉部分及び滑動部分などには、適當な隙間をこしらへて無理のないやうにすること。各締付部のボルト類はよく締めて、機械の運轉によつて緩まないやうにすること。運動部分の給油装置が完全であることなどあります。

かくて組立が完了して、試運轉が終つたならば、試験結果を精しく記録して置くべきです。



## 用語解説 VI

- (1) **製圖 (Drawing)** 所要の目的物を設計しこれを圖面にすることです。
- (2) **組立圖面 (General drawing)** 完成された目的物の構成を畫いたものが組立圖で、機械の一部でも多くの部分から成つてゐるものは、その部分を組立圖に作る事が出来る、これは部分組立圖といひます。
- (3) **水器 (Level)** 水平を定める装置で、稍彎曲した硝子管に液體を入れ、氣泡をわづかに残して閉ぢ、これを臺に固定したもの。
- (4) **中子 (Core)** 鑄物作業において、鑄型を造る時、鑄物の中空の部分を作るため入れる砂型一種で、これは特に丈夫に、また瓦斯抜けのよいやうに作ります。
- (5) **羽口 (Vane orifice)** キューボラの下部から空氣を送り込む口をいひ、これには一列のもの、二列のもの、一列半のものがあります。
- (6) **るつぼ (Crucible)** 金屬を熔解する容器で爐の中へ入れて、瓦斯又はコークスを燃焼させて熱します。これは金屬を熔解する最も簡単な方法の一つです。
- (7) **變壓器 (Transformer)** 電壓の強さを變化させるもので、捲数を異にする2組のコイルが、絶縁體を隔てて相對立させたものです。
- (8) **焼鈍 (Anneal)** 第149頁参照
- (9) **水壓鉚機 (Water-pressure rivetting machine)** 鉚の締結で人力を以て出来ない場合に用ひるもので、移動式のもの、定置式のものがあります。
- (10) **直流電氣 (Direct current electricity)** 電流には直流と交流の別がある。直流は電流の方向の常に一定したもので、交流は瞬間に方向の相反する電流が、交互に流れるものことです。
- (11) **投影圖 (Projection drawing)** 用器畫法の一で、空間にある物體の位置と形狀を、一平面上に正確にあらはす圖法のことです。

## 第七篇 工作機械

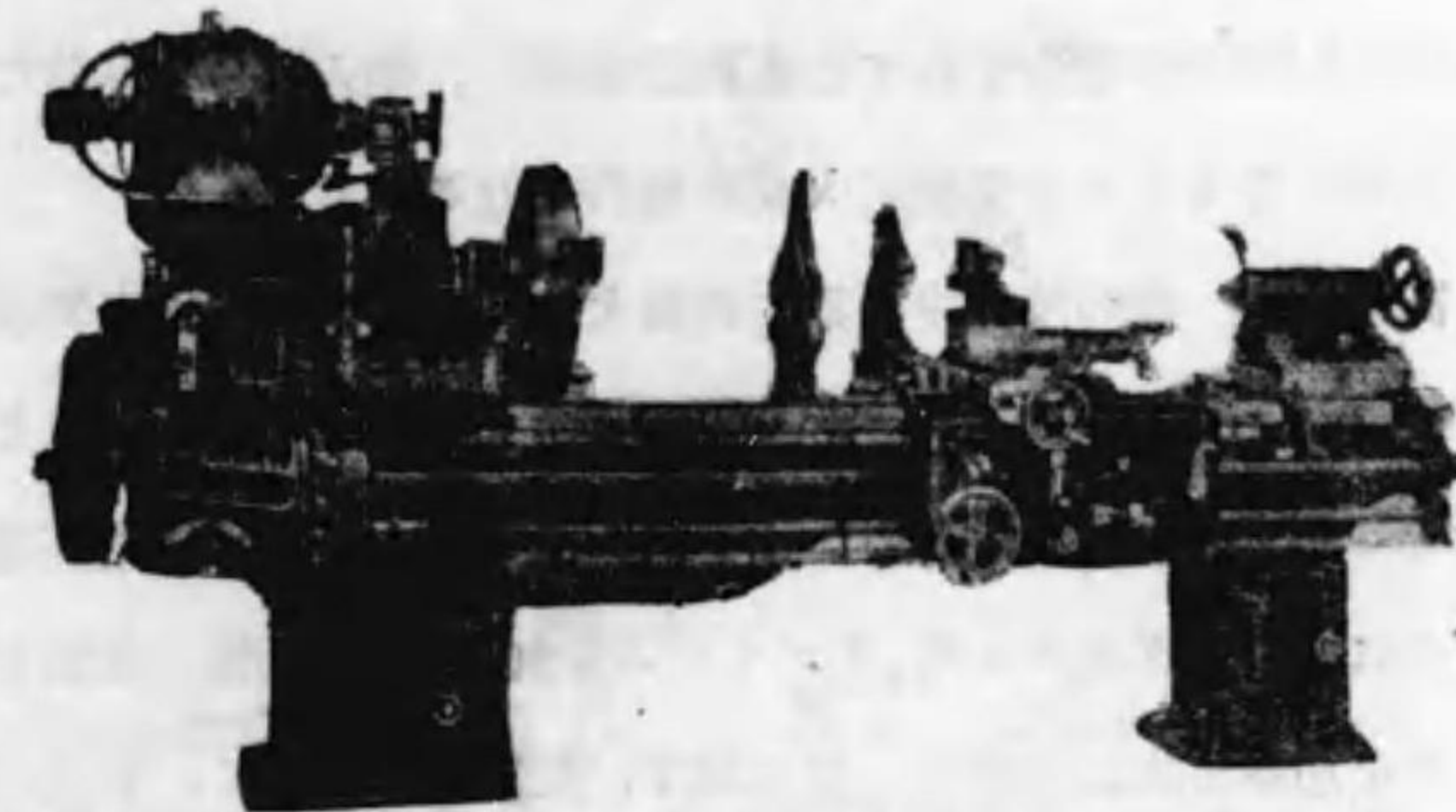
## 第一章 一般

## 1. 工作機械の分類

機械工作に必要な工作機械の中、特に金屬の加工に用ひる諸機械を總稱して**工作機械 (Machine tool)**といひます。主として鐵その他の金屬の截斷、穿孔、切削、研磨などの作用をするものです。即ち、工作物の仕上に使用する機械のことです。

工作機械を分類するには、種々な方法がありますが、いまこれに使用する

第 1 圖



工具の種類によつて分類すれば、づきの通りです。(第1圖は旋盤)

- (1) **切削工作機械** これは金屬切削用の双物 (Bite) で材料を切削するもので、**旋盤 (Lathe)**、**ボール盤 (Drilling machine)**、**中ぐり盤 (Boring machine)**、**形削盤 (Shaper)**、**平削盤 (Planer)** などがこれです。
- (2) **轉削工作機械** これは多くの双先をもつ双物を回轉させて、材料を切削するものであつて、**フライス盤 (Milling machine)** とか、**鋸機械 (Sawing machine)** などです。
- (3) **壓縮工作機械** 金屬に壓縮力を加へて製品を作るもので、**プレス**



(Press), **ロール機械** (Rolling mill) はこれに属します。

(4) **剪断工作機械** 金属板を剪み切るもので、**シヤリング・マシン** (Shearing machine) や、**パンチング・マシン** (Punching machine) がある。

(5) **研削工作機械** (1) と (2) の機械において、金属製工具の代りに高速度に回転する砥石を用ひる機械のことで、**研磨機械** (Grinding machine) とか、**精磨機械** (Polishing machine) のことです。

## 2. 工具用材料

工具材料で、現在使用されてゐるものには、金属製と、非金属製の二種あるが、簡単に説明すると、つぎの通りです。

(1) **炭素鋼** 工具用の炭素鋼は、これを工具鋼ともいつて、その成分中炭素が1.0~1.5%位含まれてゐる高炭素鋼で、焼入すると非常に硬くなりこの硬くなるのが切削に大切な条件となるのです。

(2) **高速度鋼** 鋼の成分中に鋼の性質を改善する目的で、炭素以外のタングステン、コバルト、ニッケル、クロミウム、バナヂウムなどの元素を含ませたものを特殊鋼といひますが、工具用としては所謂高速度鋼と稱せられるタングステンに、クロミウムを加へ、それに他の元素を添加したものを用ひます。けだし、この鋼は、炭素鋼に比べて、切削に際し、高速度を出せるからです。

(3) **特殊合金** タングステン、タンタラム、チタニウムなどを主成分として、これにコバルト、ニッケル、鐵などを加へた材料が、工具用として盛んに使用されてゐます。これはウイデイヤ、カーボロイ、タンガロイ、トリデイヤ、ステライトなどの名稱で販賣されてゐます。

(4) **非金属製** 研磨砥石と、金剛石<sup>(1)</sup>があります。前者は研磨盤のところで詳述しますが、後者は現在地上に産する最硬の材料であるといはれ、切削工具には最適です。

## 第二章 旋 盤

### 1. 旋盤の用途

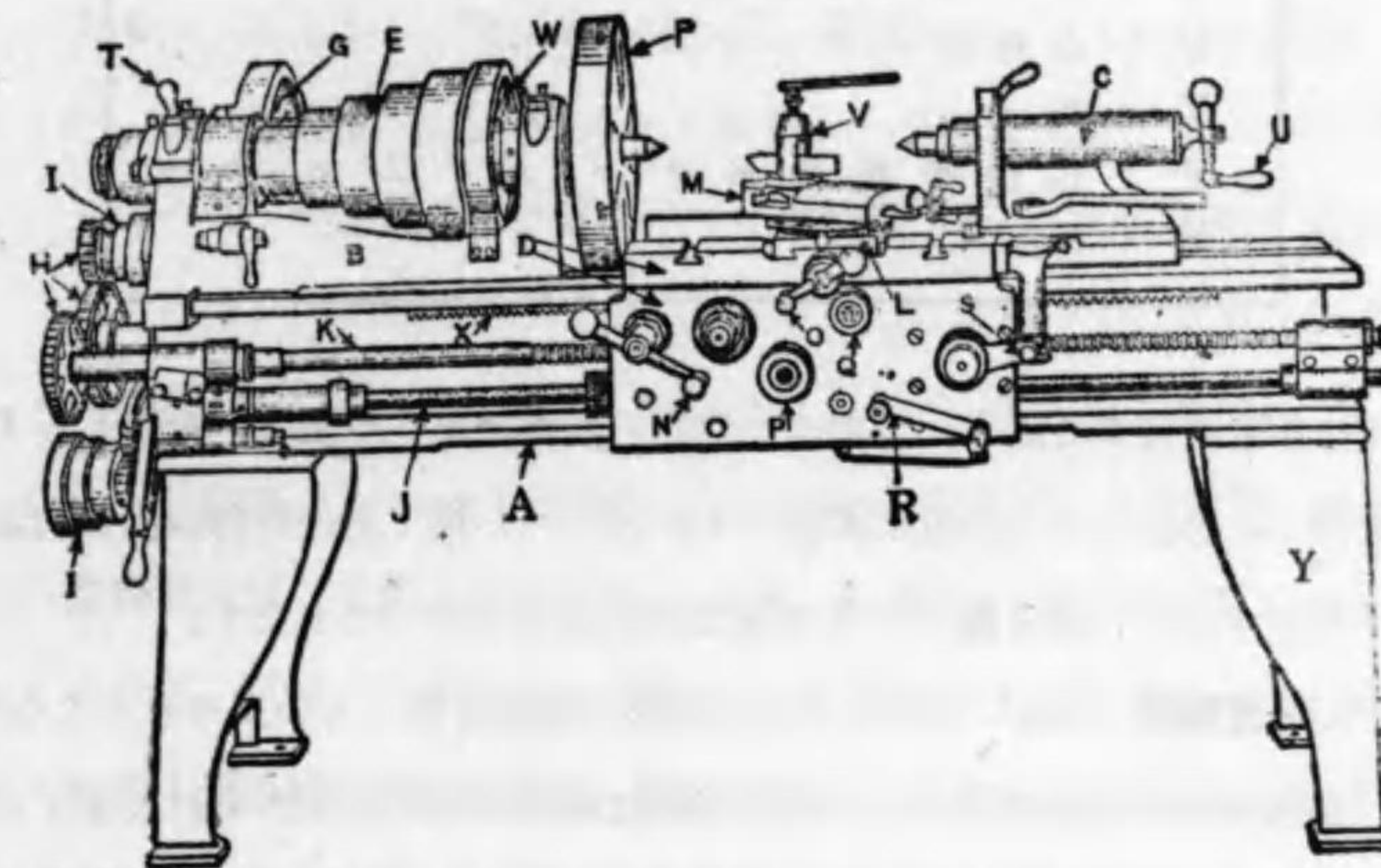
**旋盤** (Lathe) は、俗に**ドライバン**とか、**バンコ**などの名で呼ばれるもので、その用途からいへば、元來品物の外周を圓筒形に削る工作機械です。即ち品物を適当な方法で支持し、これに回転を與へたものに工具を押しつけ、移動させて品物を削り、所要の寸法に仕上げるのです。

製品の出来上りは、必ずしも圓筒形ではなく、圓錐形も出来れば楕圓形も出来、扁平の面を削ることも出来るし、二つに切断することも出来、また砥石車をつけて研磨作業さへも可能です。旋盤は工作機械の中で、最も作業範圍の廣いもので、機械工場にはなくてはならぬ工作機械であります。

### 2. 各部の構成

旋盤は、回転する工作物に、双物を當てがつて加工する機械ですから、ま

第 2 圖





第 1 表

符號	邦	語	名	俗	語	名
A	ベ	ツ	ド	ハラ	ム	テ
B	主	軸	臺	ハン	コツ	ブ
C	心	押	臺	オン	コツ	ブ
D	往	復	臺	シ	レ	ー
E	段		車			
F	面		板	プラ	ス	
G	バ	ツ	ク	ギ	デ	ベ
H	換		齒			
I	送	リ	段			
J	送	リ	棒			
K	親	ね	ぢ	親	ね	ぢ
L	横	送	リ	下	ス	ポ
M	複	式	双	物	臺	ス
N	往	復	臺	移	動	用
O	横	送	リ	臺	用	把
P	縦	送	リ	用	押	釦
Q	横	送	リ	用	押	釦
R	送	リ	戻	し	用	桿
S	親	ね	ぢ	用	把	手
T	バ	ツ	ク	ギ	掛	外
U	心	押	臺	ス	ピ	ン
V	鉋		臺			
X	往	復	臺	移	動	用
Y	脚			ラ	ツ	ク
				ジ	ヤ	バ
				ラ		

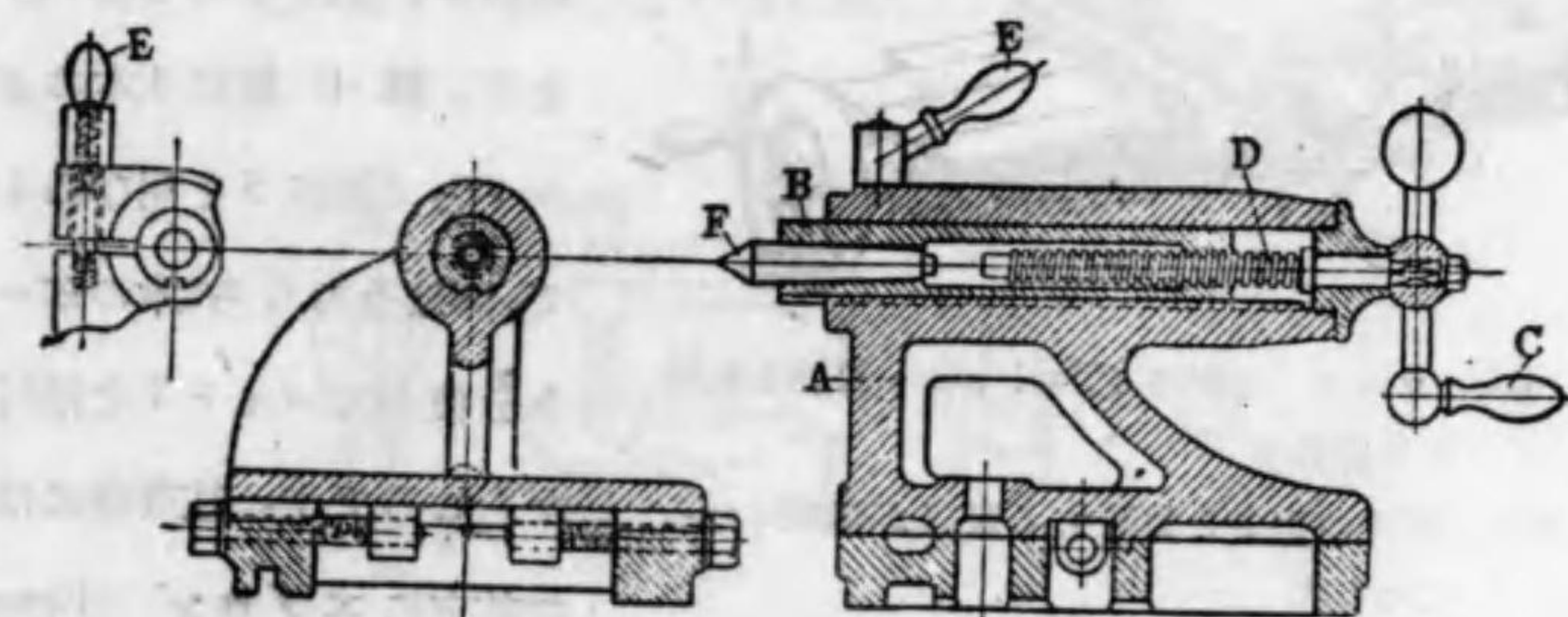
づ工作物を支持する装置、つぎに工作物に回轉を與へる装置、それから工作物を支持し、移動させる装置が必要です。だから、第1表の各部装置を適當に連結配置すれば、第2圖のやうな旋盤が出来上るのであります。

- (1) **主軸臺 (Head stock)** これは旋盤の運動中樞ともいふべきところで、主軸は良質の鋼で作られ、前後兩端は機枠の軸受に支へられてゐる。工作物に應じて切削速度に變化を與へるためには段車があり、これを補ふ

のにバツクギヤがあります。またセンターといつて、工作物を支へる役目をもつ装置が施されてゐます。

- (2) **心押臺 (Tail stock)** 俗にオシコツブといつて、その構造は第3圖のやうに A は鑄鐵製の本體、B はセンターを支へる圓筒、C のハンド

第 3 圖

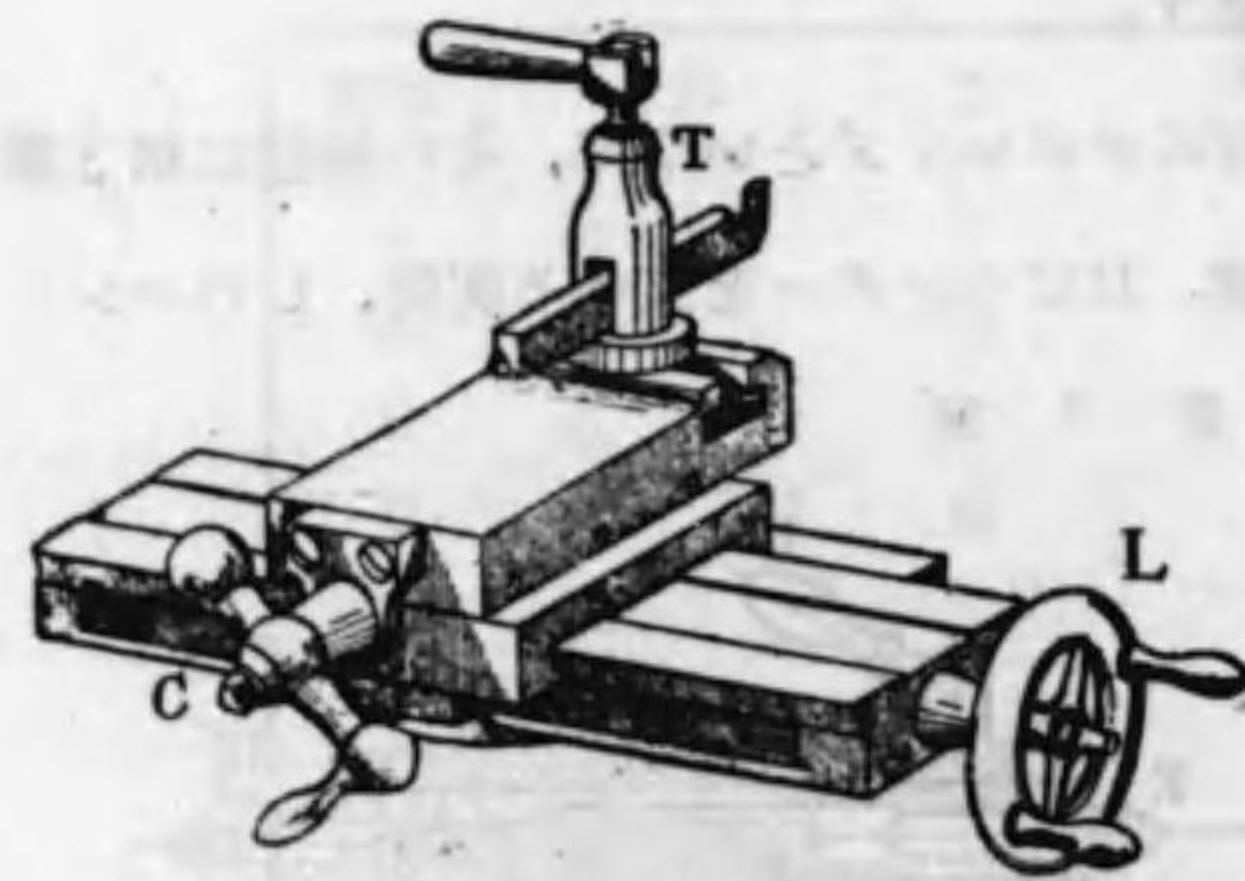


ルの回轉によつて、ネジ棒Dを廻してBを出入させるEはセンターFを固定させるハンドルです。

- (3) **ベッド (Bed)** これは主軸臺、心押臺及び鉋臺などをその上に載せ、切削によつて生ずる強い壓力に耐へると共に、正しく案内する役目をもつてゐるから、案内面は確かで、磨滅が少ないことが必要です。
- (4) **脚 (Legs)** 床を受け支へる臺で、小型旋盤ではベッドの兩端に各一個づつ、大型旋盤には更に中間に數個設けられてゐる。脚を箱形にしたものは、内部に附屬品を入れて置けるから便利です。日本人の成年工に適當なセンターの高さは、床板面より1メートル内外です。
- (5) **往復臺 (Carriage)** 双物に送りを與へる装置で、これは鞍、双物臺、双物取付部の3部から成つてゐます。双物臺には單式と複式の2種があつて、單式では縦送りと、横送りの装置が各1組あるが、複式には中間に1個の旋回圓盤を有し、任意の角度に傾けて、勾配面を仕上げることが出来ます。第4圖は單式双物臺 (Plain slide rest) で、第5圖

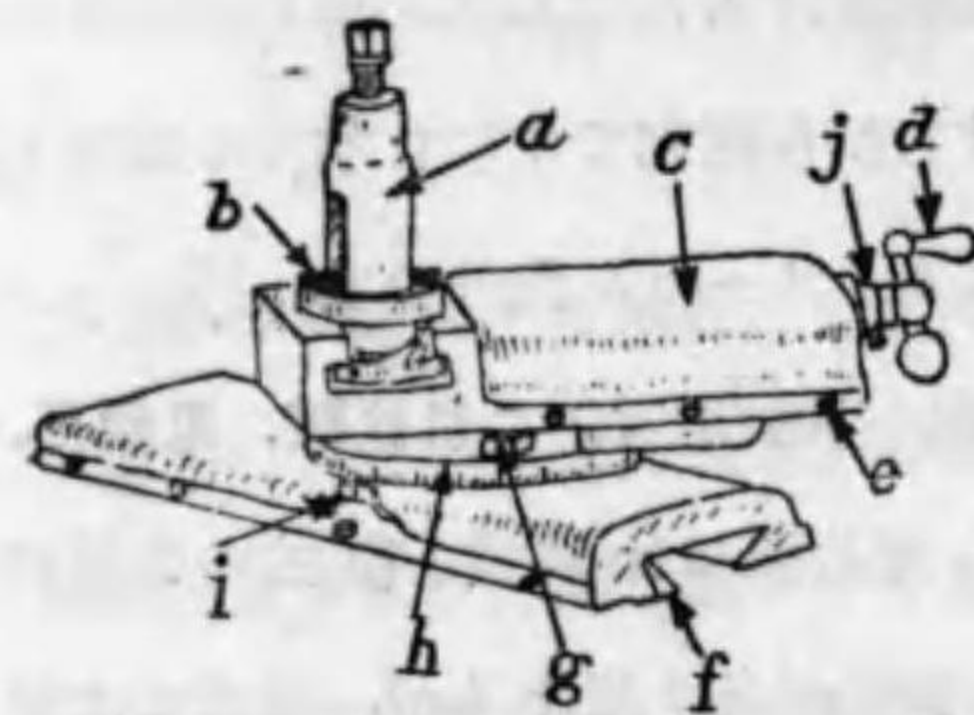


第 4 圖



- a.....ツールポスト (Tool post—双物を取付ける部分)
- b.....双先の高さを加減する底部が圓形になつてゐる楔
- c.....コンパウンド・レスト
- d.....俗に手送りハンドルといふ
- e.....コンパウンド・レストの摺動部の固さを調節する押ネジ
- f.....ライナー、俗に剃刀といはれる
- g.....回転部固定用ナット
- h.....角度の目盛を施した回転部分
- i.....角度を指示する指針
- j.....目盛環

第 5 圖

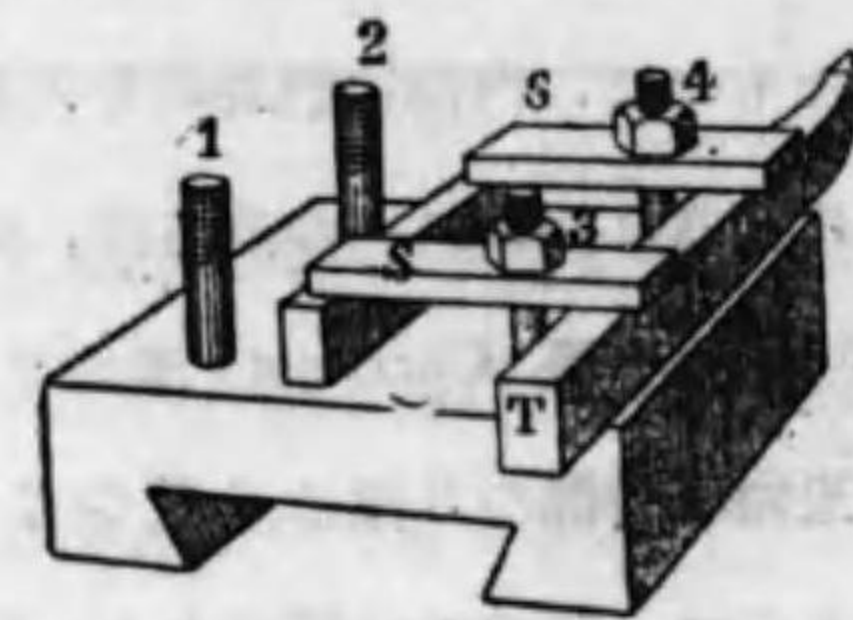


軸の運動を送り棒に傳へるもので、これには (1)主軸側と送り棒との両方に各組の小さい段車を取付け、ベルトを掛け渡したもの (2)主軸と送

は複式双物臺 (Compound slide rest) を示したものです。つぎに双物を取り付ける部分を双物支持部 (Tool rest) といひ、様々な形式があります。第 6 圖は 4 本のボールトと、締板 S を用ひるもので、圖はそのうち 2 本のボールトを使つてバイト T を締付けたところです。往復臺には鞍の前方にエプロン (Epron) といふ長方形の箱があり、その中を親ネジ (Lead screw) と送り棒 (Feed red) が通り、自動装置と、ネジ切り装置を備へてゐます。

(6) 送變装置 これは主

第 6 圖

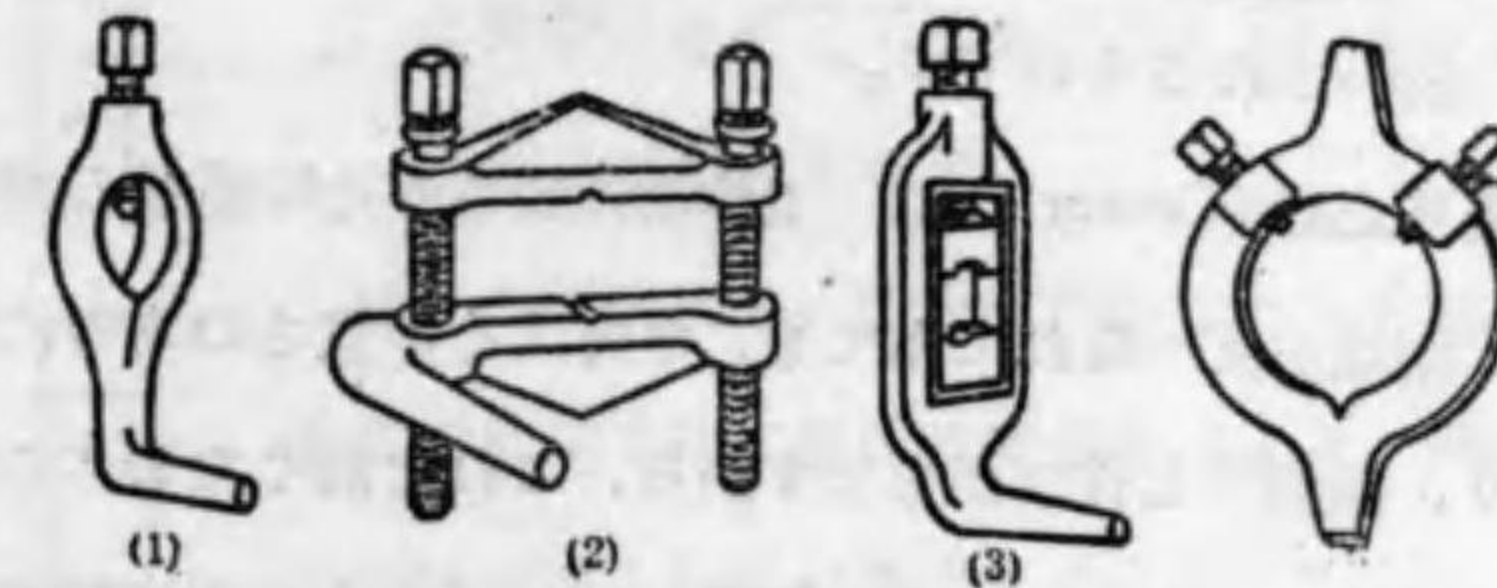


り棒との間を數個の齒車で連絡したものと 2 種があります。

3. 工作物保持具

(1) ケレ (Dog, Carries) ケレーとも呼ばれるが、これは旋盤で、センター仕事をする時に、工作物を挟んで回転を與へる道具で、普通使用

第 7 圖

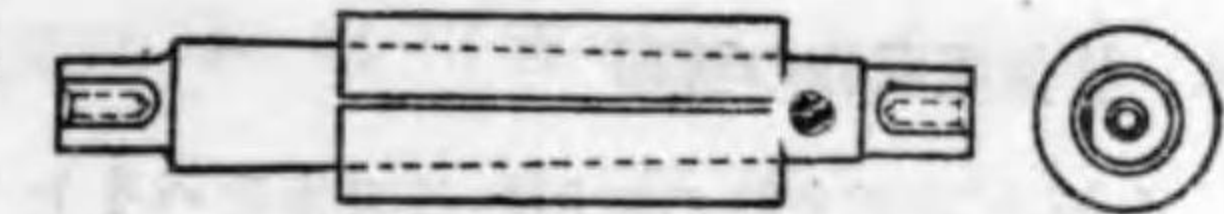


されるものは輪状で、ボールトを通してあるが、その他用途の各場合によつて形状が異つてゐます。第 7 圖はその 1 種です。

(2) 心棒 (Mandrel) これ

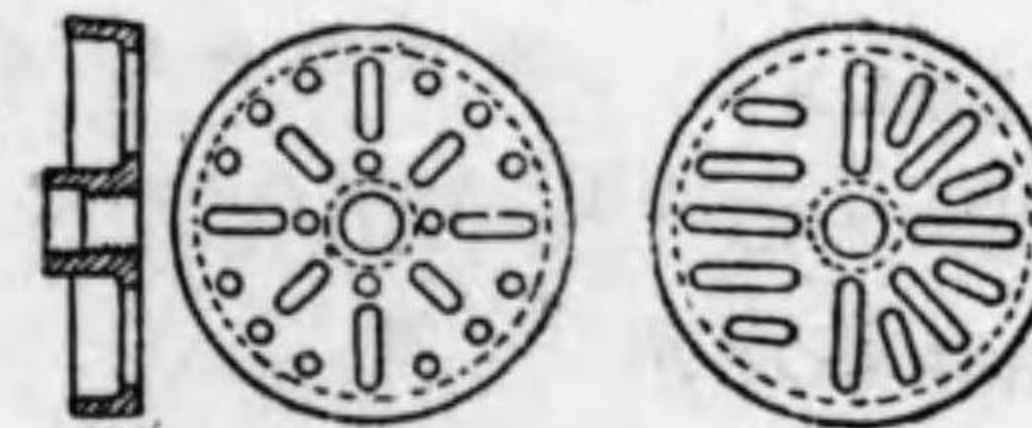
第 8 圖

は齒車または調車のやうな形状の工作物を削るには、



工作物の仕上げた中心孔を利用してこれに心棒を通し、この心棒をセンター間に支へて加工すれば便利です。(第 8 圖)。

第 9 圖

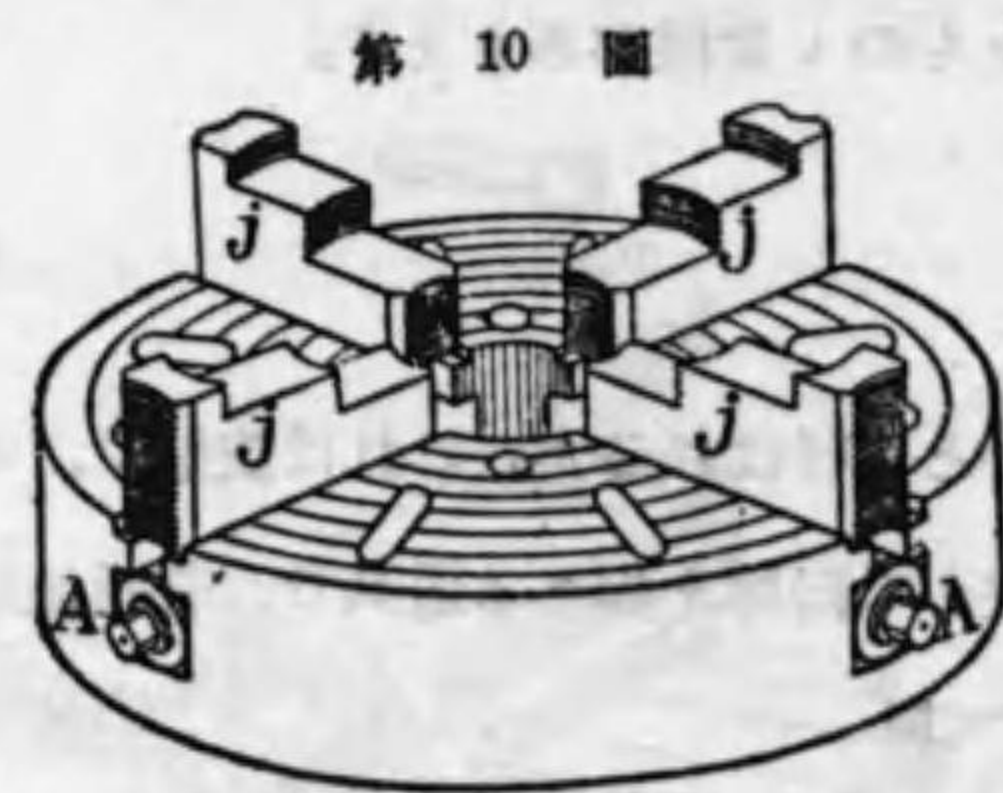


(3) 面板 (Face plate) 俗にフラットといつて、旋盤または錐採機に取り付けられる工具で、鑄物製圓板に取付け穴を有する物です。(第 9 圖)

(4) チャツク (Chuck) 旋盤作業の際、工作物を掴むもので、俗に掴みともいふ。面板のやう複雑なもので、普通 4 個の爪をもつてゐて、それにはつぎの種類があります。

イ、インデペンデント・チャツク (Independent chuck)





第 10 圖

ロ, ユニバーサル・チャック (Universal chuck)

ハ, コンビネーション・チャック (Combination chuck)

第 10 圖はインデペンデント・チャックで、爪 *j* が、夫々別なネジ *A* によつて動かされるものです。

(5) 振り止め (Center rest) 工作物の長さがその直径の割合に甚だ長い時は、両端が支へられてゐても、中央はその重さのものに幾分垂れ氣味となり、振動の伴ひがちですから、これを防ぐためにこの振り止めを使用します。振り止めの中、旋盤のベッドの上に固定して取付けるものを固定振り止めといひ、また鞍の上に双物に相對して取付け双物と共に移動するものを移動振り止めと呼びます。

4. 旋盤用双物の種類

金属を切削するのに用ひる双物をバイト (Bite) といひ、良質の炭素鋼或は高速度鋼で作リ、焼入して使用してゐます。バイトはつぎのやうな條件を備へることが必要です。

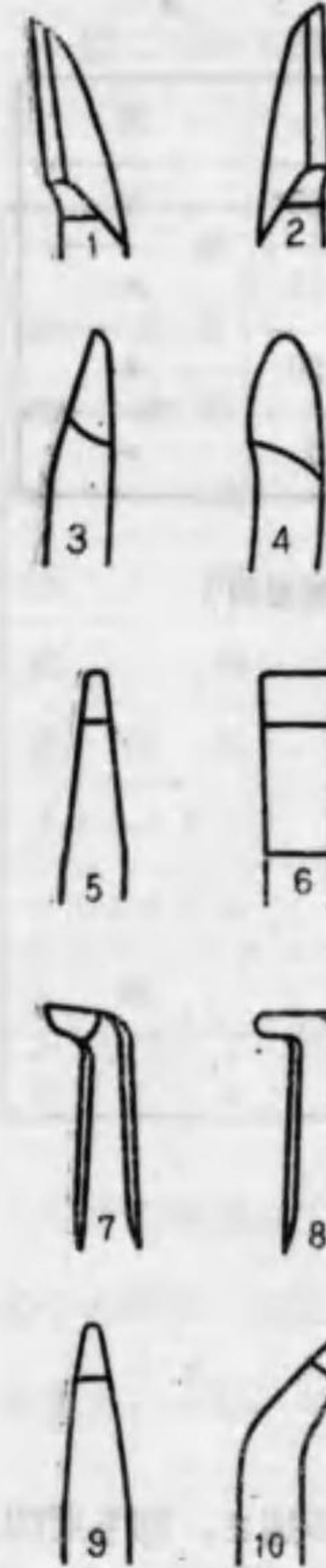
- イ、双先は 1 回の研磨で長時間使用に堪へること
- ロ、双先の形状は簡單で火造の容易なこと
- ニ、正確な仕上面を得られること
- ホ、焼入が容易で適當な硬度と靱性をもつこと

而してバイトには、その用途によつて、つぎのやうな種類があります。

- (1) 片双バイト (第 11 圖 1, 2) これは工作物の左右の側面を削るのに用ひ、双先は小刀のやうに鋭い。
- (2) 荒削りバイト (同上 3, 4) 材料の餘分な肉をすばやく削り取る

第 11 圖

のですから、構造もごく簡単です。



(3) 仕上バイト (同上 5, 6) 荒削りのすんだ材料を規定寸法に仕上げる時に用ふ。

(4) 孔用バイト (同上 7, 8) これは孔を仕上げるのに用ひます。

(5) ネチ切りバイト (同上 9, 10) これには丸棒の外周にネチを切るものと、孔にネチを切るものと 2 種があります。

以上のほかにも、仕上に用ひるへールバイト、材料を 2 つに切る時に用ひる突切りバイト、輪廓を形づくる成形バイトなどがあります。

なほこのバイトは高價ですから、柄を炭素鋼で作り、これに高級バイトを取り付けて用ひることもあります。この柄をバイトもたせ (Tool Holder) といひ、その様式は多いが、第 12 圖に珍らしい形状を示して置きます。

第 12 圖



5. 双先の角度

バイトの切味の良否は、双先の角度と、焼入の適否によるものですが、双

第 13 圖



先の角度は一定のものでなく、種々な條件によつて多少の差異が出來ます。

即ち、バイトの地金の種類、工作材料の材質、切削の速度、送りと切込みの

多少及び黒皮の有無、仕上の程度などが考慮されなければなりません。従



來の経験によれば、工作物の材質と刃先角度の関係は、つぎの通りです。

第 2 表

材 質	A	B	C	D	E
軟 鋼	10°~20°	65°~75°	5°~10°	15°~25°	5°
鑄 鋼	5~10	75~80	♠	10~15	♠
鑄 鐵	5~12	70~80	♠	10~20	♠
砲 金, 黄 銅	0~5	80~85	3~6	0~5	♠

なほ刃先の各部にはつぎのやうな名稱があります。(第13圖参照)

- A クリヤランス (Clearance)
- B ツール・アングル (Tool angle)
- C サイド・レーキ (Side rake)
- D ボットム・クリヤランス (Bottom clearance)
- E トップ・レーキ (Top rake)
- F サイド・ツール・アングル (Side tool angle)
- G カutting・アングル (Cutting angle)

## 6. 切削速度及び潤滑油

材料切削に當つて、注意しなければならないのは切削する速さ、即ち所謂切削速度 (Cutting Speed) と、潤滑油であります。

旋盤その他の工作機械で、刃物が工作物を切削する速さは、普通1分間に何メートル、または何フィートで表はします。その速度は工作物の材質、切削の種類及び刃物の材質によつて、適當に定めなければなりません。即ち

いま  $V$ =切削速度 ( $m/mn$ )、 $D$ =工作物の直径 ( $mm$ )、 $N$ =工作物の毎分回転数とすれば

$$V = \frac{\pi DN}{1000}$$

$$\therefore N = \frac{1000 V}{\pi D}$$

一般に用ひられる切削速度を表示すれば、つぎのごとくです。

第 3 表

単位= $m/mn$ 

材 質	荒 削 り	仕 上	ネチ切り	孔 あ け	リ ー マ ー
鑄 鐵(軟)	13~20	8~13	10~12	20	7
鑄 鐵(硬)	8~13	3.5~10	3.5~10	8	7
軟 鋼	20~40	13~23	12~17	30	7
硬 鋼	7~12	3.5~8	3.5~5	12	3
眞 鍮	50~65	33~50	びらぬ限り出 来るだけ早く	65~100	13~17
燐 青 銅	10~26	8~20	7~12	17	7
モネルメタル	17~20	8~9	7~9	17~20	5~7
アルミニウム	40~50	27~50	びらぬ限り出 来るだけ早く	40~50	9
銅	20~27	17~20	10~17	27	7
バ ビ ッ ト メ タ ル	33~50	25~40	びらぬ限り出 来るだけ早く	5)	13~17

つぎに潤滑油ですが、工作物を切削する場合に、潤滑油を用ひると、熱を去ると共に、仕上面を美しくし、その上刃物の耐久力を増すなどの利益があります。一般にヒマシ油、種油、石油、曹達水などを用ひます。

## 7. ネチ切歯車の原理

旋盤でネチを切るには、まづネチの部の直径を正確に仕上げ、つぎにネチ切バイトを真直に鉋臺に取付け、旋盤を運轉して親ネチによつて、往復臺を動かし、バイトに送りを與へるのです。

ネチ切りの原理は、親ネチで刃物を動かし、そのピッチを工作物に寫すことです。即ち、旋盤の主軸が親ネチ(第2圖K参照)と同じ回転速度ならば、工作物には親ネチと同じネチが切られ、主軸がネチの2倍の回転速度ならば親ネチのピッチの $\frac{1}{2}$ のネチが切られ、また主軸が親ネチの $\frac{1}{2}$ の回転ならば、2



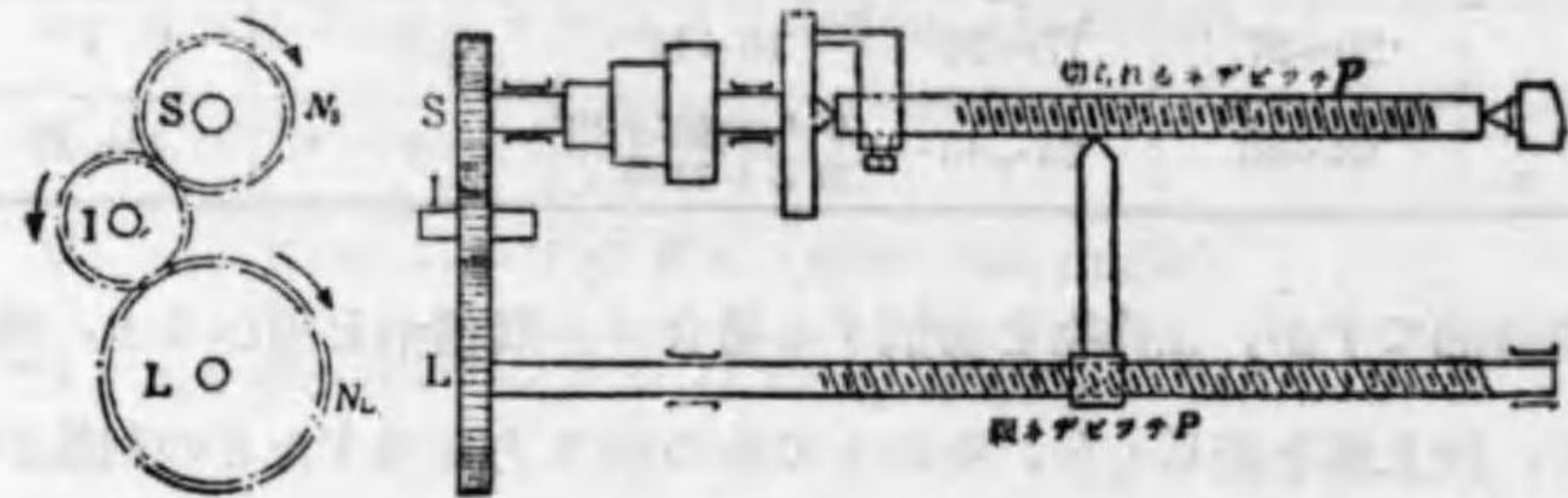
倍のピッチのネチが切られます。

主軸の運動を確実に親ネチに傳へるために、齒車装置を用ひます。様々のピッチのネチを切るには、夫々齒車の組合せを換へねばなりません。この齒車の組合せ法には、つぎの二方法があります。

〔註〕我が國では度量衡法にはメートル法を使用して居るが、ネチに対してはメートル式とインチ式とを併用してゐます。而して現在ではインチ式のネチが一般に用ゐられ、メートル式は直径9耗以下のネチの全部と自動車及飛行機の部分品全部とに限られてゐます。又旋盤の親ネチは殆ど全部インチ式で切られたアクメネチ又は角ネチを使用してゐます。

(1) 單式組合せ Single gearing

第 14 圖



p……切るべきネチのピッチ

N<sub>s</sub>……主軸に取付けた齒車 S の齒數

P……親ネチのピッチ

N<sub>L</sub>……親ネチに取付けた齒車 L の齒數

とすれば、つぎの公式を得ることが出来ます。

p/P = N<sub>s</sub>/N<sub>L</sub> .....(1)

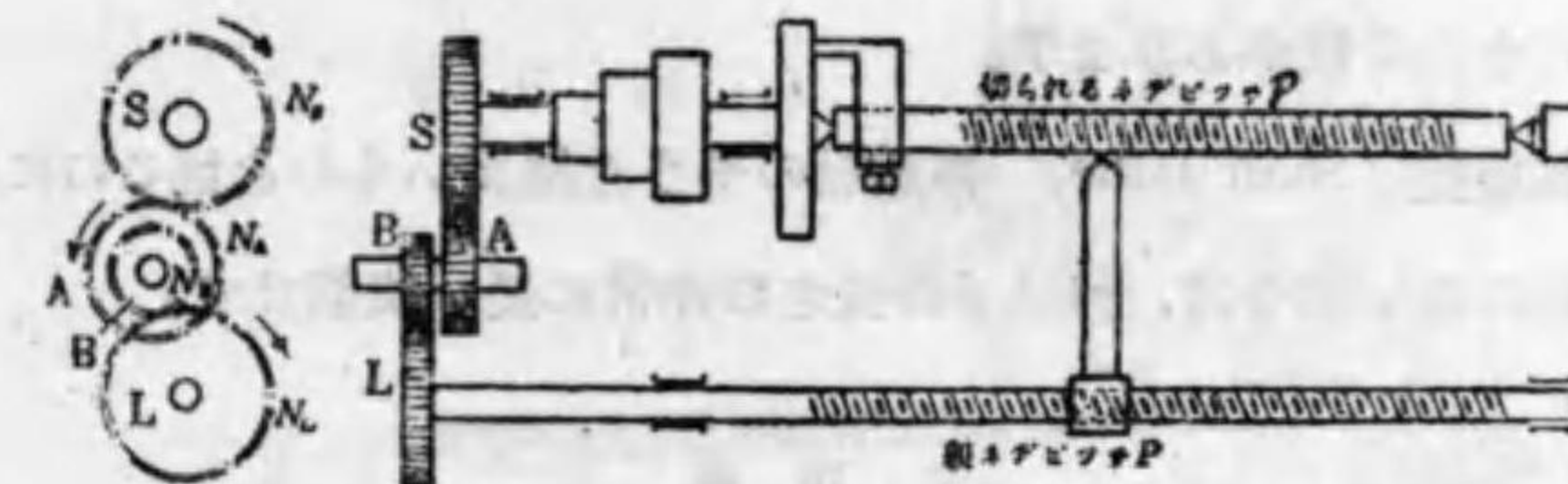
即ち、S と L との中間齒車 I には關係はない。だが、これがなければ親ネチの回轉方向は反對となり、左勝手ノネチが切られます。單式組合せをまた一段掛組合せともいひます。(第14圖)

(2) 換齒車 (Change gear) ネチを切るには、種々の異つた齒數の齒車が必要です。英國式旋盤では齒數が 20 枚より 5 枚増に 120 枚までの換齒車を、米國式旋盤で齒數が 20 枚より 4 枚増に 64 枚までの換齒車を備へてゐるのが普通です。

(3) 複式組合せ (Double gearing) 單式で工具が悪い時は二段掛の複式組合せを用ひます。第 15 圖において、中間軸上の齒車 A 及び B の齒數を夫々 N<sub>A</sub>, N<sub>B</sub>, とすれば、つぎの公式(2)を得ることが出来ます。

p/P = (N<sub>s</sub> × N<sub>B</sub>) / (N<sub>A</sub> × N<sub>L</sub>) .....(2)

第 15 圖



8. 旋盤の種類

旋盤の分類は、最初に述べましたが、もうすこし詳しくいへば、つぎのやうなものがあります。

(1) 機力旋盤 (Engine lathe) 一般の作業やネチ切りに使ふもので、これが一番多く用ひられて居り、普通に旋盤またはエンヂン・レースといはれてゐるものはこれでありませう。

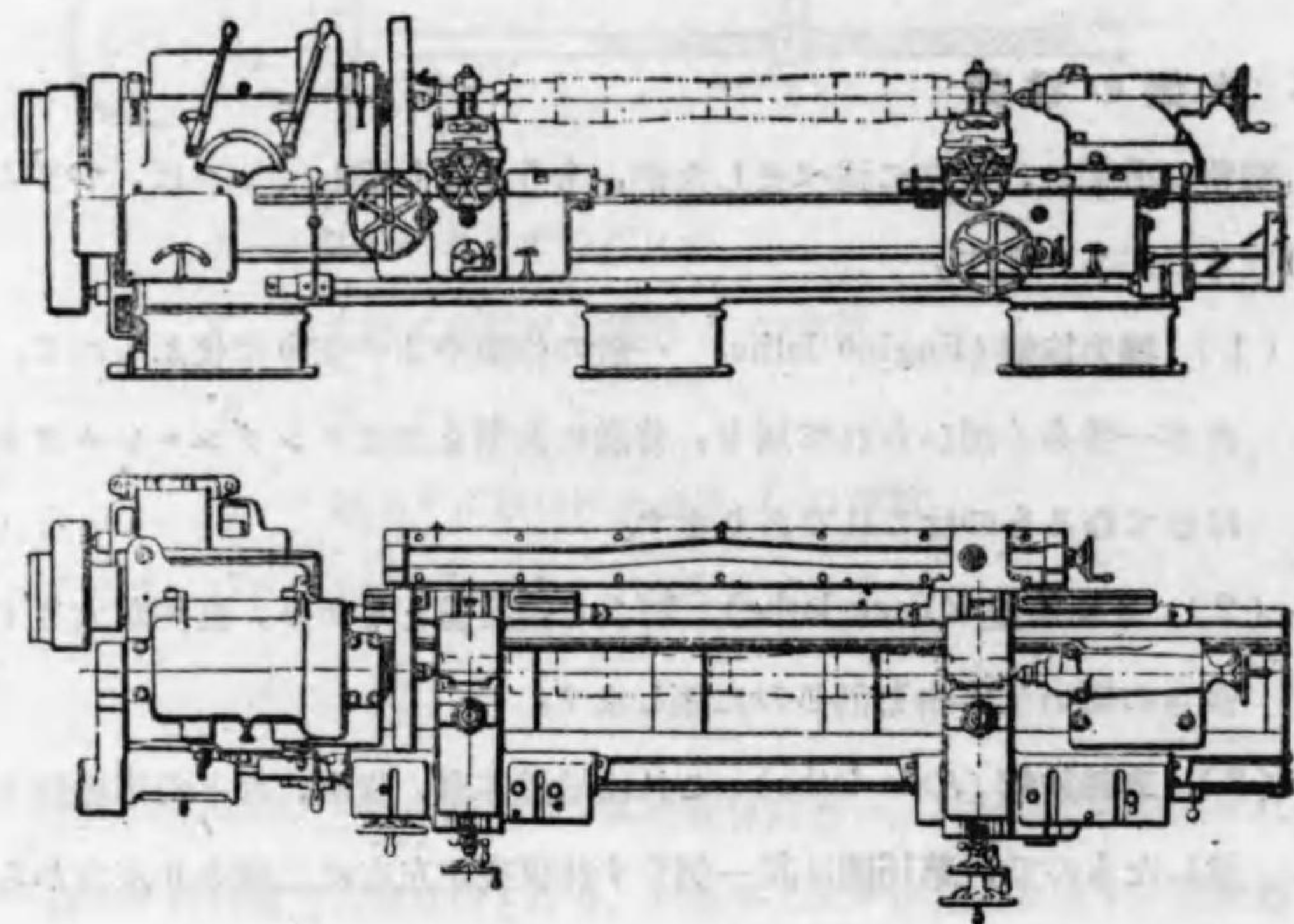
(2) 正面旋盤 (Face lathe) 別名を鏡旋盤ともいひ、直徑が大きく、長さの短い工作物を削るのに適します。

(3) 車軸旋盤 (Axle lathe) これは鐵道客車、貨車、などの車軸仕上に適したもので、第16圖は其一例です往復臺が左右に二個あり左右から同時に切削り出来る様になつてゐます。



- (4) **卓上旋盤 (Bench lathe)** 卓上に据えつけて使用する小形の旋盤で、細密の仕事をするのに適してゐます。
- (5) **自動旋盤 (Automatic lathe)** 人力の操作を少くして、ただ機械の動作を監視し、双物の摩耗などに注意してゐればよいのがこの旋盤で、すべての動作が自動的に行はれる旋盤であります。ネジやボルトのやうなものを加工するのに適します。
- (6) **ターレット旋盤 (Turret lathe)** これは1個の回転し得る双物臺に色々の双物を取付けて、順々にこれを使用して工作を終るやうにしたもので、普通旋盤のやうに一々双物を取り代へる面倒がない。この旋盤には、棒材から成品を削り出すに適したものと、更にチャック仕事に適したものと2種があります。
- (7) **軸旋盤 (Shaft lathe)** 傳動軸のやうな細長いものを削るのに適し、取付軸の低い割合に、ベッドの長さの非常に長い旋盤です。

第 16 圖



## 第三章 平削盤

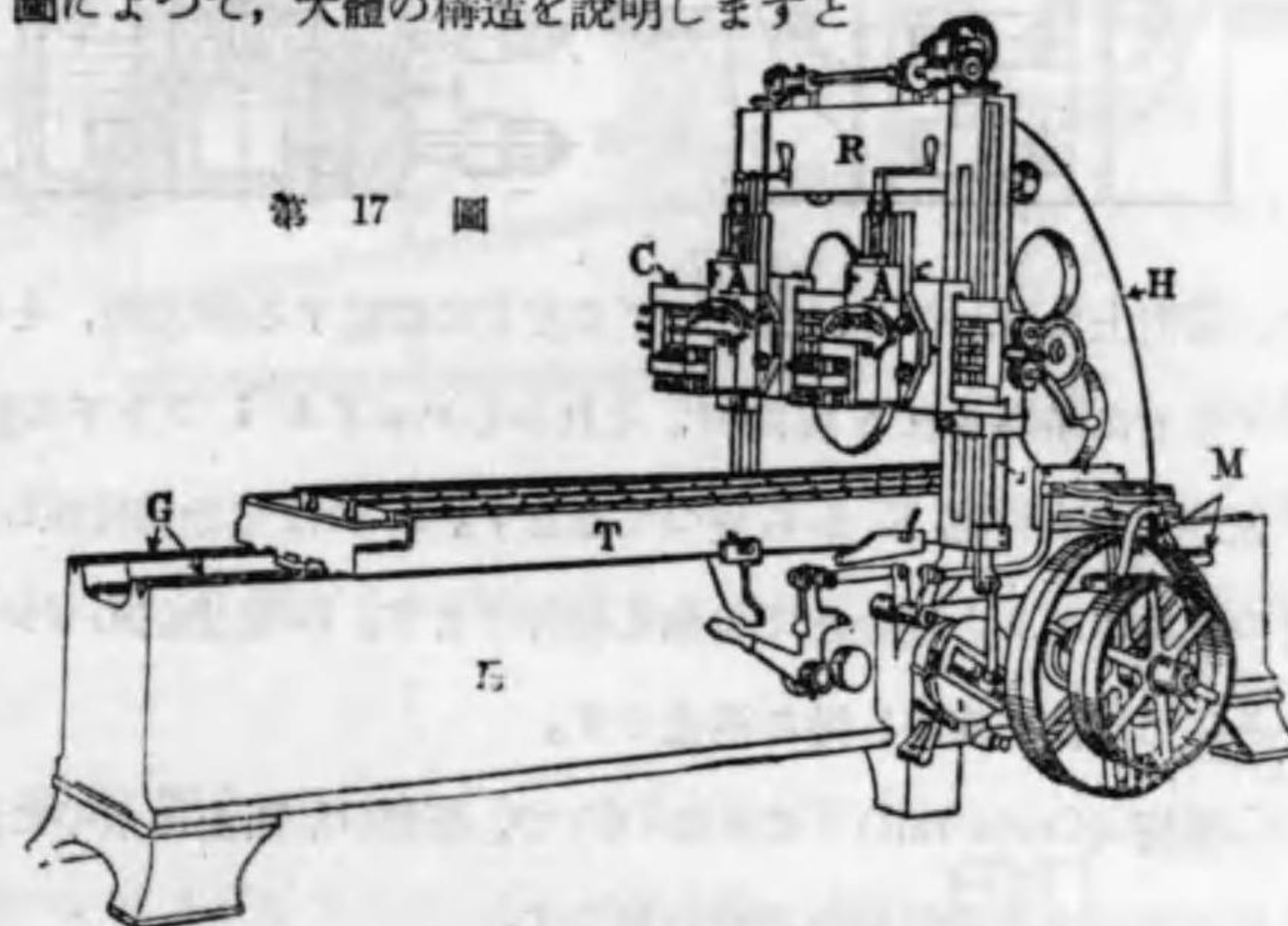
### 1. 平削盤の構造

平削盤 (Planing machine, Planer) は、俗にヒカル盤と呼ばれるもので、細長いテーブルの上に工作物を取付けて、平面を削る機械です。

平削盤の大體の恰好は、堅型中ぐり盤に似てゐますが、後者のテーブルは圓形で回轉をなし、前者は長方形で往復運動をするところが違います。

第 17 圖によつて、大體の構造を説明しますと

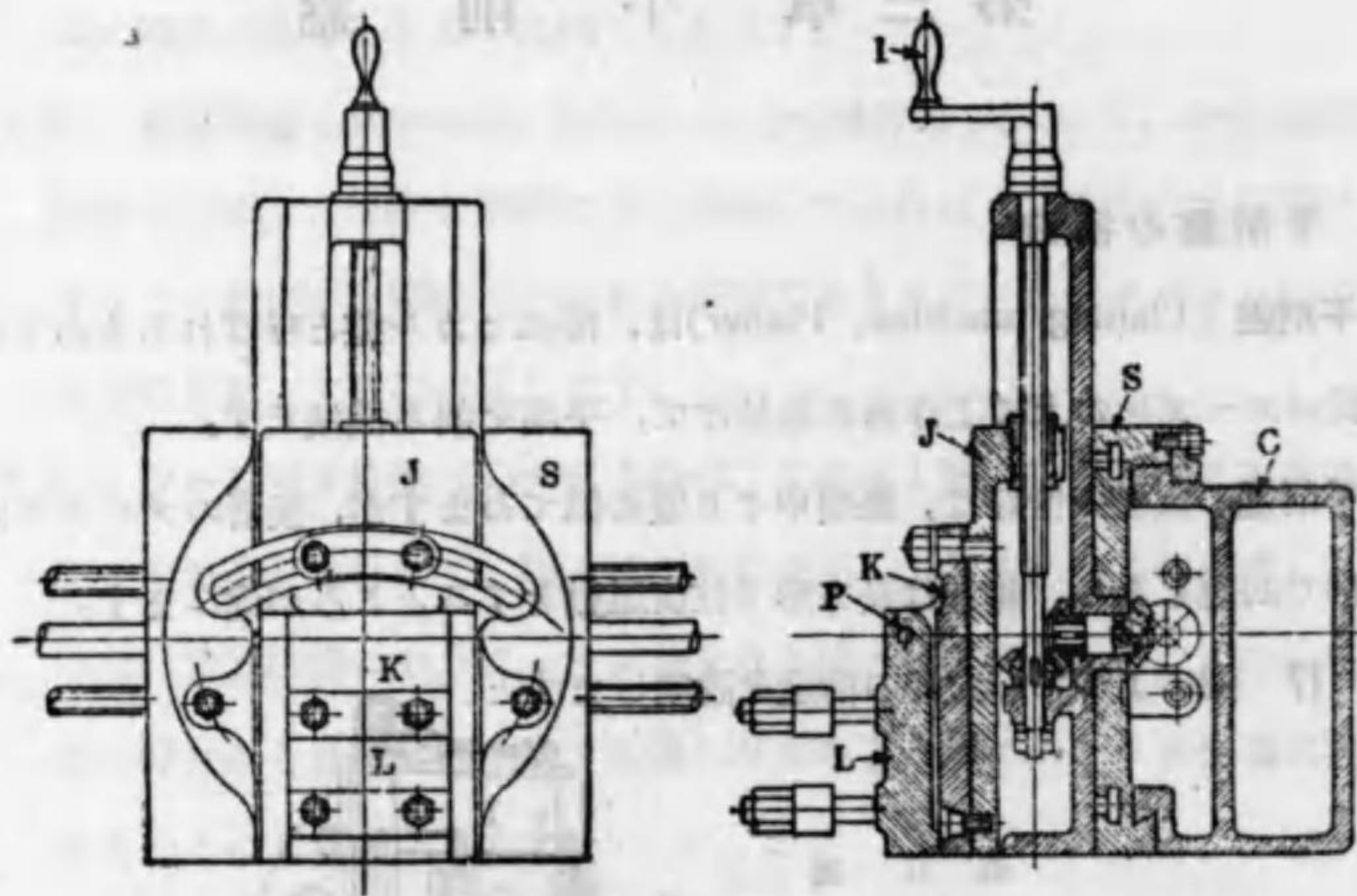
第 17 圖



- (1) **ベッド (Bed)** これは機械全體を支へ、テーブル(T)を載せて案内する。その上面にある2條のV字形溝(G)はテーブルを案内するところで、溝には油溜を設け、中へローラーを浸して、摺動面に給油します。
- (2) **テーブル (Table)** 第 17 圖の(T)で、工作物を載せる長方形の盤で、その下面にはV字形の長い案内があり、下面中央のラック<sup>(6)</sup> (Rack) で往復運動をします。
- (3) **双物臺 (Tool head)** (A)がこれで、俗に鉋臺ともいひ、こゝに双物を取付けて左右に摺動する部分で、これを分解すれば第 18 圖のやう



第 18 圖



に、横桁上にまたがり、送りネジで左右に摺動する鞍 (S)、その上にあつて左右に傾斜される旋回板、それからハンドル I で上下に動く送臺 T 及び双物支持部 K から成つてゐます。K には双物締付座 L があり、その上にボルトと締金とで双物を締付けます。L は上部のピン (P) を中心として前後に旋回し得る構造です。

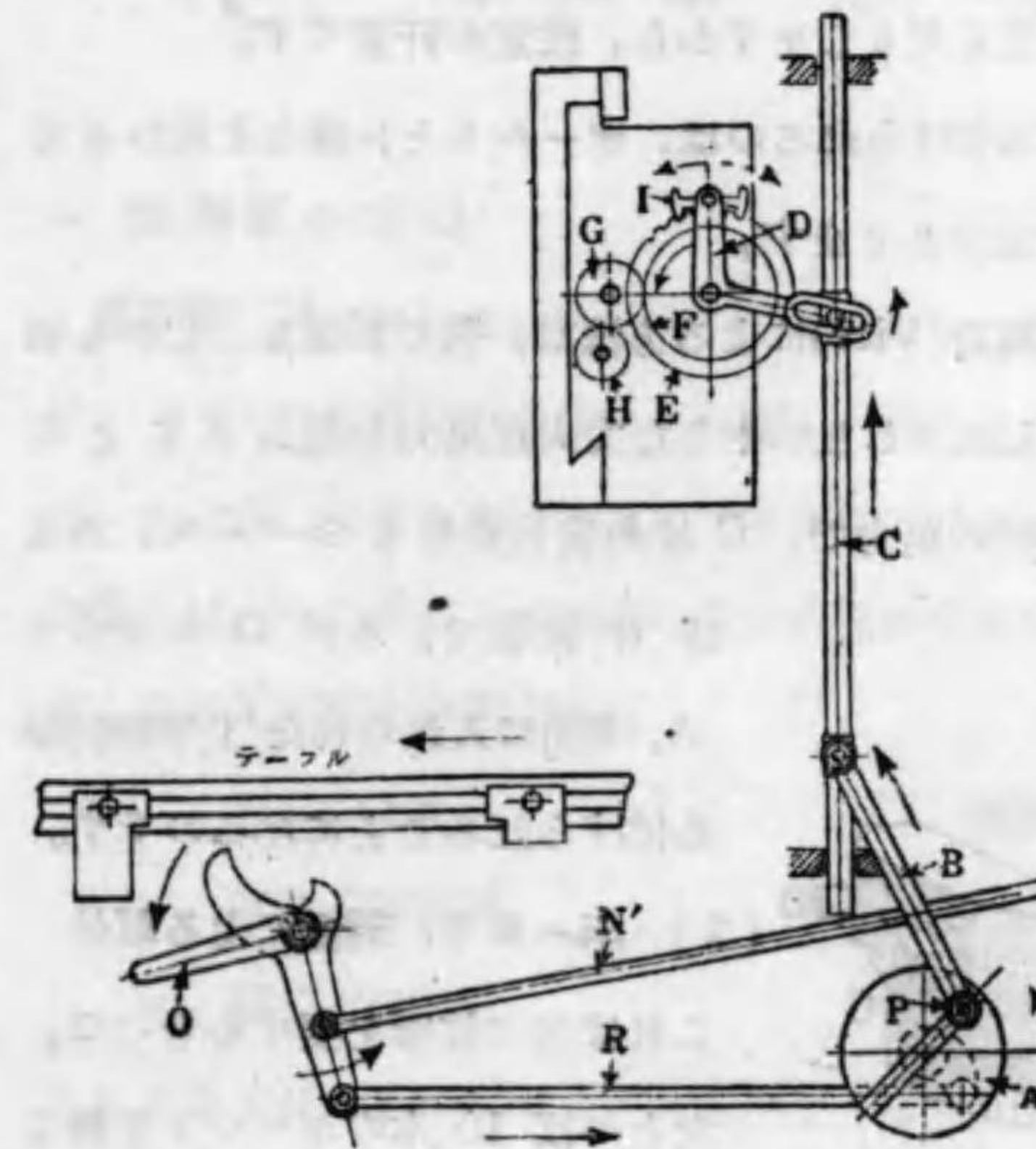
(4) 横桁 (Cross rail) これは (C) で、堅棒 (H) 面上に水平に横はり、上下に摺動する鑄鐵製の箱形の梁です。

## 2. 双物の送り装置

平削盤の双物の自動送り装置の中で、最も簡単なものが第 19 圖に示したものです。

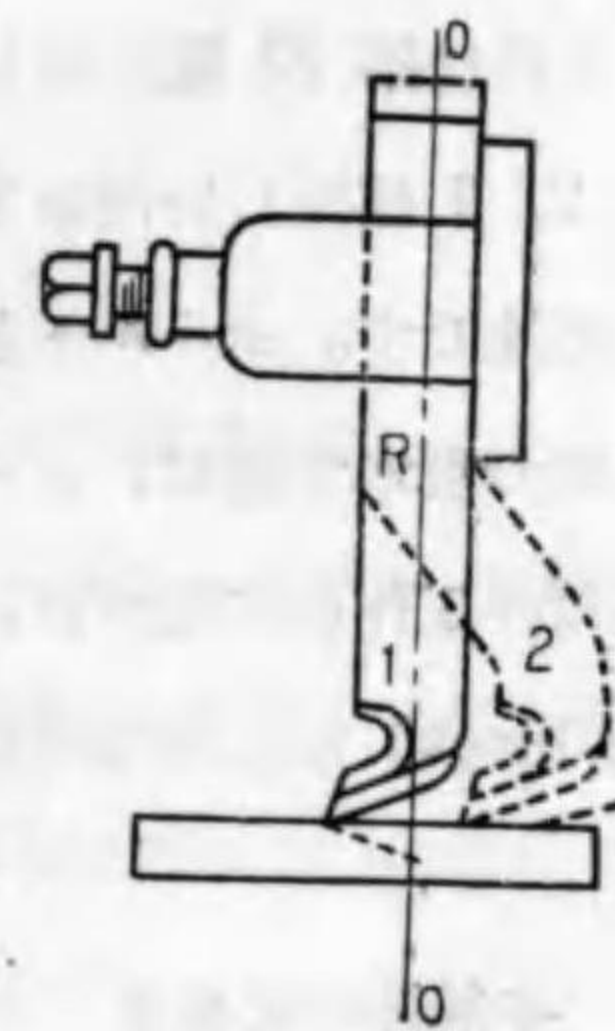
まづ革寄せ装置に連結した棒 (K) で、クランク圓盤 (A) を一定角度だけ回轉させ、その運動を A 上のピン (P) に依り、リンク (B)、棒 (C) を經て横桁側面の腕 (D) に傳へ、爪車装置により、爪 I で爪車 (E) を矢の方向に回轉し、齒車 (F) を經て送り軸上の齒車 (G), (H) を回轉するものです。

第 19 圖



あり、つねに第 20 圖の 2 のやうに作らなければなりません。

即ち、第 20 圖 1 は、正しくない双先を示したもので、柄の上部より双先が高いから切削の時、必ず双先は材料中に喰ひ込みます。従つて平削盤用のバイトは、まづ双先を柄の中心線 OO より後に來るやうに作ればよいのです。2 は極端な例ですが、このやうな双先のバイトは、けつして材料に喰込む心配はありません。



送りの方向を變へるには、爪 I を點線のやうに反轉します。また送りの大きさは、A 上の溝に添ひ、ピン (P) の位置を移動させて加減します。

## 3. 双物及び切削速度

平削盤用のバイト (Bite) の双先は、旋盤バイトの双先と大體同じですが、異なるところは双先と柄との關係で

第 20 圖

## 4. 平削盤の作業

平削盤では、平面は勿論斜面、溝なども仕上げることも出来ます。テーブ

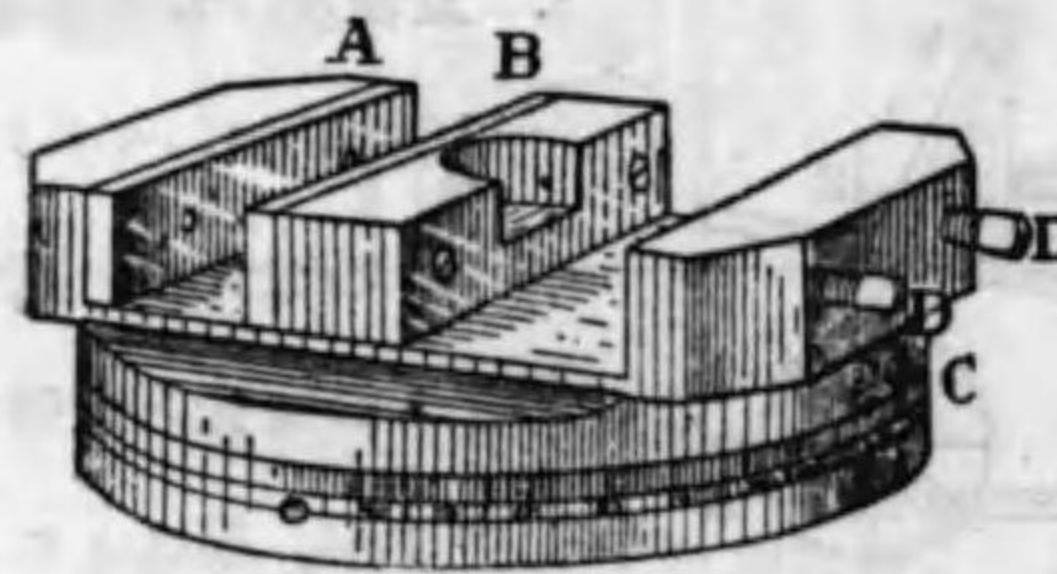


ルの上に、工作物を取付ける方法には種々あるが、取付方法が悪いと、切削中に工作物が移動したり、歪んだりしますから、注意が肝要です。

最も確實に、且つ容易に取付けられるのは、ボルトと、締金を用いる方法、及び萬力<sup>(6)</sup>による取付法であります。

(1) 萬力による取付 萬力(Vice)による方法は、顎の正確な、しかも切削力で變形したり破損したりしないやうな丈夫な萬力を用ふることです。第 21 圖は平削盤用の萬力で、C は角度目盛をもつベース、A 及び B は顎で、ネジ D によつて

第 21 圖



A, B 間に入れられた工作物が締め付けられることになるのです。

(2) ボルト、締金による取付

これは共に技術を要するもので、たとへば 10 本のボルトを抽く

使用するより、5 本のボルトを正しく使用した方が有効であるやうなものです。

それは第 22 圖に示した通りで、

第 22 圖

1, 2, 3 は正しい用ひ方、他は誤つた用法です。ボルトを以て締付ける時の根本常識は、ボルトを出来るだけ工作物に近づけ、支臺(Packing block)は出来るだけボルトから遠ざけるのがよいのです。



## 5. 平削盤の大きさ

平削盤の大きさは、テーブルの長さで表されますが、詳しく表す場合には左右の堅柱間の距離及び横桁が一番上に昇つた時、その下面からテーブルまでの寸法を加へて表はせばよい。

## 第四章 形削盤

### 1. 形削盤の分類

形削盤(Shaper)は、小平面の仕上に適し、工作物をテーブルの上に取付け、バイトに往復運動を與へて切削し、送りにはテーブルを移動して行ひます。大きさは、普通双物臺の最大行程を以て表はします。たとへば 600 mm 形削盤とは、その機械の双物臺の最大行程が 600 mm であることを示すものです。この形削盤を分類すれば

(1) 形式の上から

イ、直柱式形削盤

ロ、横行式形削盤

(2) 機構の上から

イ、クランク式形削盤

ロ、齒車式形削盤

となりますが、この直柱式といふのは、双物臺が箱形の機體の上部で、單に往復運動をするのみですが、横行式では双物臺が往復運動をなす以外に、更に、これを直角方向、つまり横にも移動し得るものです。しかし、普通には直柱式の方が廣く使用されてゐます。

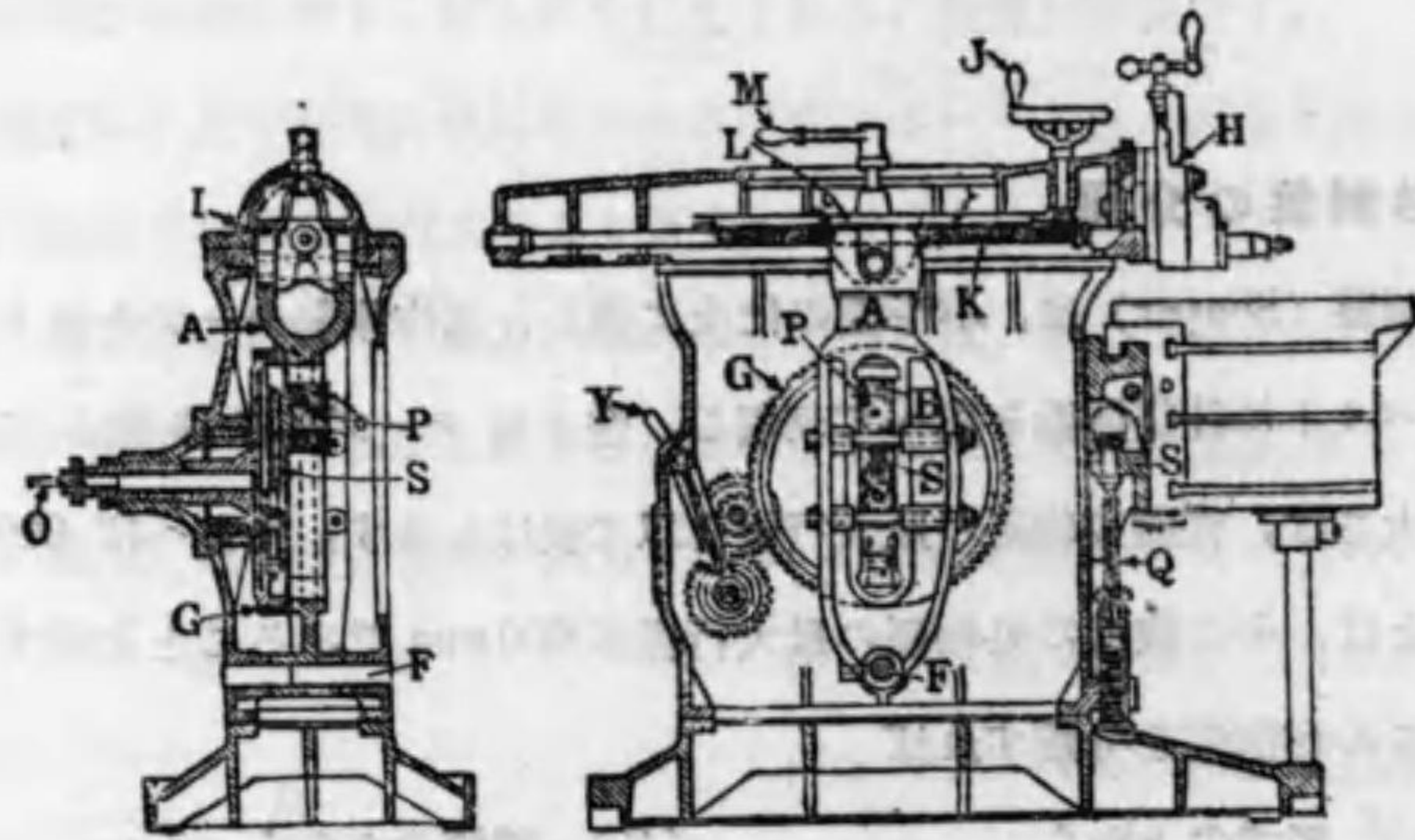
### 2. 直柱式形削盤の構造

第 23 圖は直柱式形削盤の断面です。動力はベルトで段車に傳へられ、それより齒車装置で大なるクランク齒車(G)を回轉します。クランク齒車には、1 個のクランクピン(P)を有し、齒車の回轉につれて、クランク圓を描きます。別に 1 個の直立せる腕 A があつて、その下端はピン(F)によつて支へられ上端は金具 L を媒介としてラムに連繫してゐます。

また腕 A の中央には上下に長い溝があつて、この中にクランクピンの受金(B)がはまつてゐます。故に、クランク齒車が回轉すれば、クランクピンで腕の上端に左右往復運動を與へ、ラムを往復させるのです。



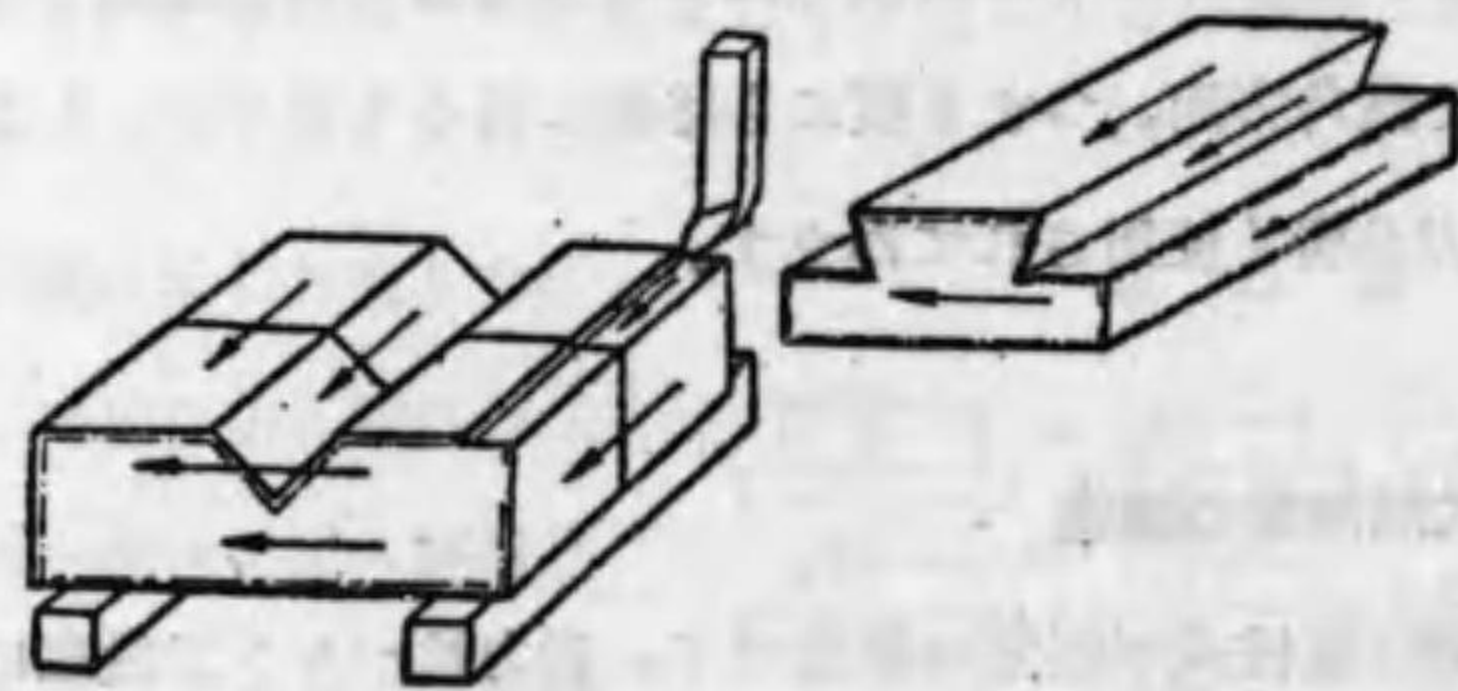
第 23 圖



## 3. 双物及び作業

形削盤に用ひられるバイトは、平削盤に使用されるものと大體同じです。

第 24 圖



第 24 圖は形削盤でする仕事の 1 例ですが、これらの工作物は、通常萬力に取付けて切削しますが、特に大きなものは直接テーブルに取付けます。また正確に直角に仕上げたものを取付けるには、萬力の顎の内面をよく掃除して挟み、黒皮物などは、工作物と顎との間に、適當な「かひもの」を挟んで締めつけます。

なほ工作物が、顎の高さよりも低い場合には、適當な厚さの平行定規を並べて、その上に載せ、工作する方がよいのです。

## 第五章 中ぐり盤

直徑の大なる孔の内面を削ると、正面削りに使用されるのが、中ぐり盤 (Boring machine) です。重要な工作機械で、これは形態上から、つぎの 2 つに大別されます。

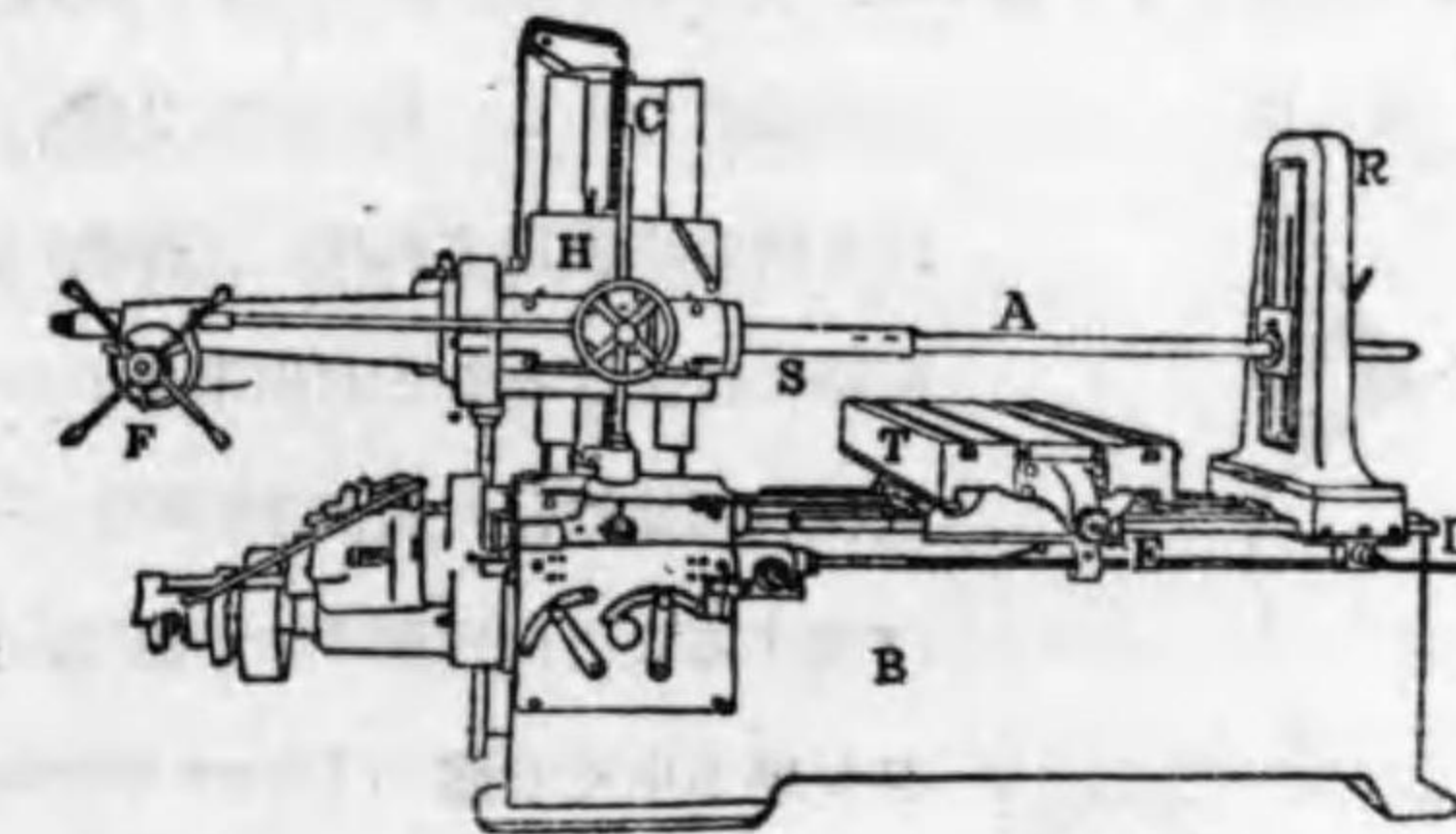
イ、横型中ぐり盤 (Horizontal boring machine)

ロ、豎型中ぐり盤 (Vertical boring machine)

## 1 横型中ぐり盤

この機械は、回轉して切削するに適しない形状の工作物には便利で、即ち、工作物をテーブル上に水平に固定し、その中に双物を取付けた中ぐり棒 (Boring bar) を通し、これを回轉して切削するのです。

第 25 圖



第 25 圖は、主軸頭 (Spindle head) を上下し得る中ぐり盤の 1 例で、主軸頭 (H) は、豎柱 (C) の面を上下に摺動し、工作物の中心の高さに應じて任意の高さに固定することが出来ます。中ぐり棒 (A) は、主軸 (S) に勾配柄で挿入され、他端は先受臺 (Back rest) R の軸受に支へられます。先受臺は床 (B) の面上の任意の個所に固定することが出来ます。



バイトは、直接中ぐり棒に取付けるか、またはバイト支持器を中ぐり棒に取付けて、これに取付けます。主軸は自動送りで繰出すことも出来るし、ハンドル(F)を廻して急速に出し入れすることも出来ます。

また工作物を載せるテーブル(T)は、ネジ(D)及び(E)により、縦及び横に移動させることが出来ます。

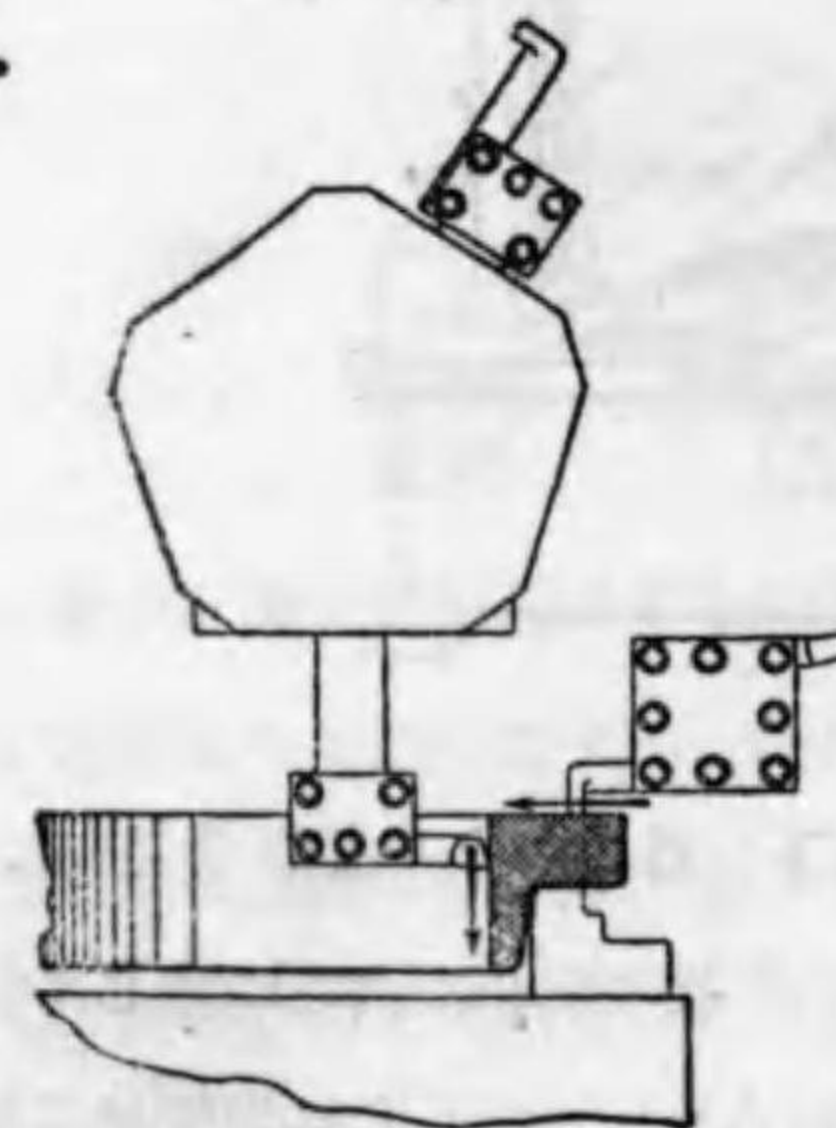
## 2. 堅型中ぐり盤

この機械は、水平に回転するテーブル上に工作物を載せて、旋盤で使ふやうな双物で切削するもので、丁度旋盤で主軸臺を下にして直立させたやうなものですから、一名**堅型旋盤**(Vertical lathe)ともいわれています。

正面削の作業は、仲々多いものですが、これを旋盤で行ふとすれば、工作物を吊り下げて面板に取付けなければならないし、工作物が大きく且つ重いと、この取付作業は仲々容易なことではありません。

しかるに、この堅型中ぐり盤では、工作物の取付はテーブルに載せて行ふ

第 26 圖



から造作ないし、且つ左右2個の双物取付棒を同時に使用すれば、工作物の内外面を同時に仕上げる事が出来ますから、この機械の用途は甚だ廣汎なので、一々これを説明することは困難です。第 26 圖では、**タレット中ぐり盤**(Turret vertical machine)のフランジ仕上作業を示しました。

## 3. 中ぐり頭の使ひ方

中ぐり頭(Boring head)は、直径の大きな孔ぐりをする時に用ひます。

第 27 圖はこの機械の一種で、B は C を取付けた**トラヴェリング・ヘッド**

(Traversing head) であ

つて、中ぐり棒(R)にはまる。D は中ぐり棒に取付けられた長いネジで、B に切つたネジと噛合ひ、

一端に星形歯車(E)がある。

中ぐり棒が1回転すると、星形は心押臺側に取付けられたピンFの爲に歯一枚丈を廻されネジD

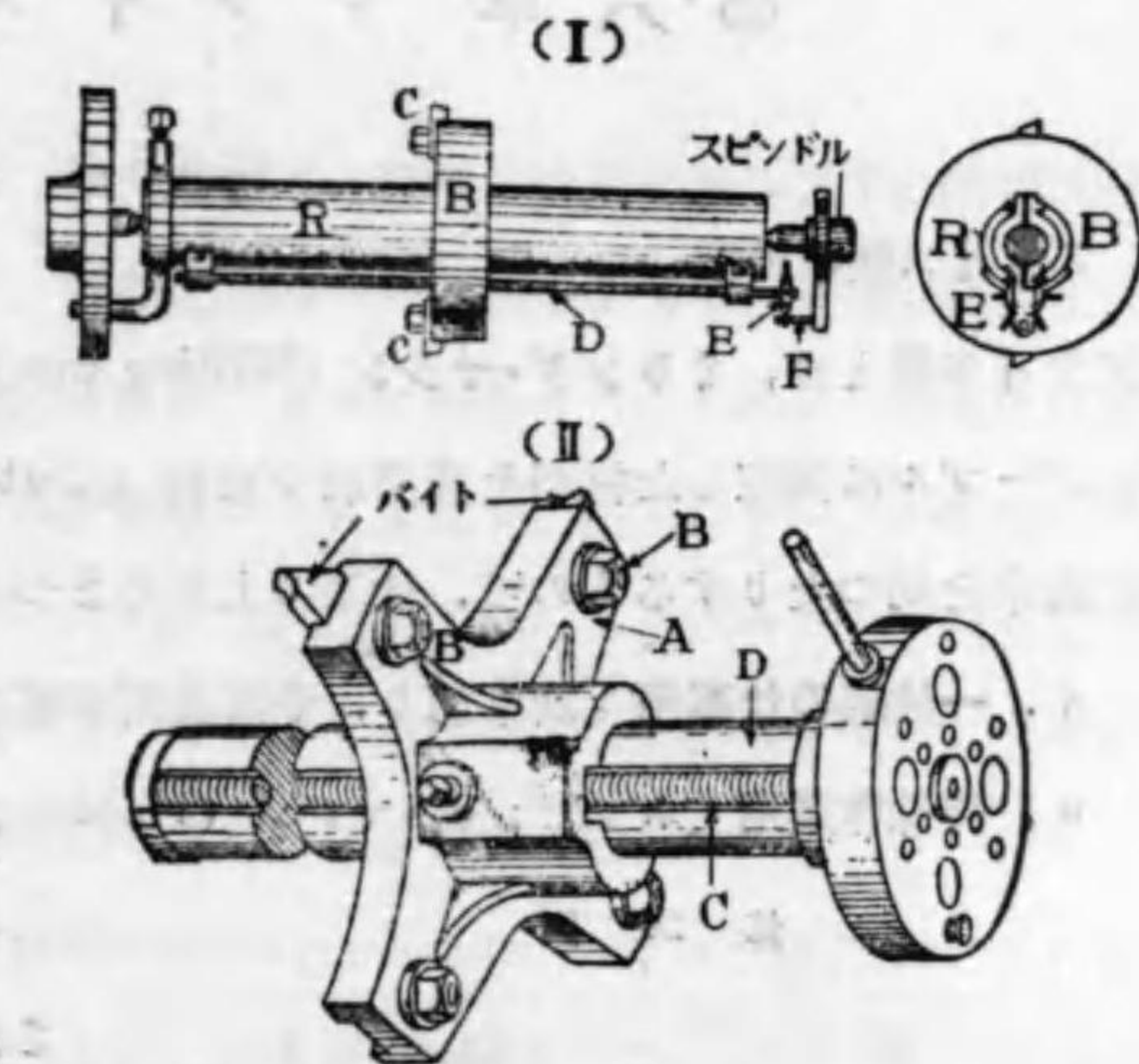
を回転します。従つて B は中ぐり棒が1回転するごとに少しづつ送られ、B に取付けられたバイトは孔ぐりをします。圖の(II)も、中ぐり頭の一つで、A にバイトを固定し、A はネジ(C)によつて摺動します。この式の中ぐり棒の最も特長とするところは、心押臺の死心の位置を變へる事によつて勾配のある孔を自由に削ることが出来ることです。

## 4. チグ中ぐり盤

この機械は精密な機械工作に使用されるものであるから、機械そのものが精巧に出来て居り、従つて普通の工作機械のやうに粗く使用すべきものでなく、据付ける場所も塵埃の少いところで、使用しない時は覆ひをかけて、丁寧に取扱はなければなりません。

この機械には、テーブルと横桁に、精密に物差と副尺と、更にダイヤル・インジケータとが附いて居り、そのために罫書ではどんな熟練な人でも0.02~0.04mmの誤差は免れないが、この機械では普通の熟練工で、0.01mm以内の誤差で位置をきめることが出来ます。

第 27 圖





## 第六章 フライス盤

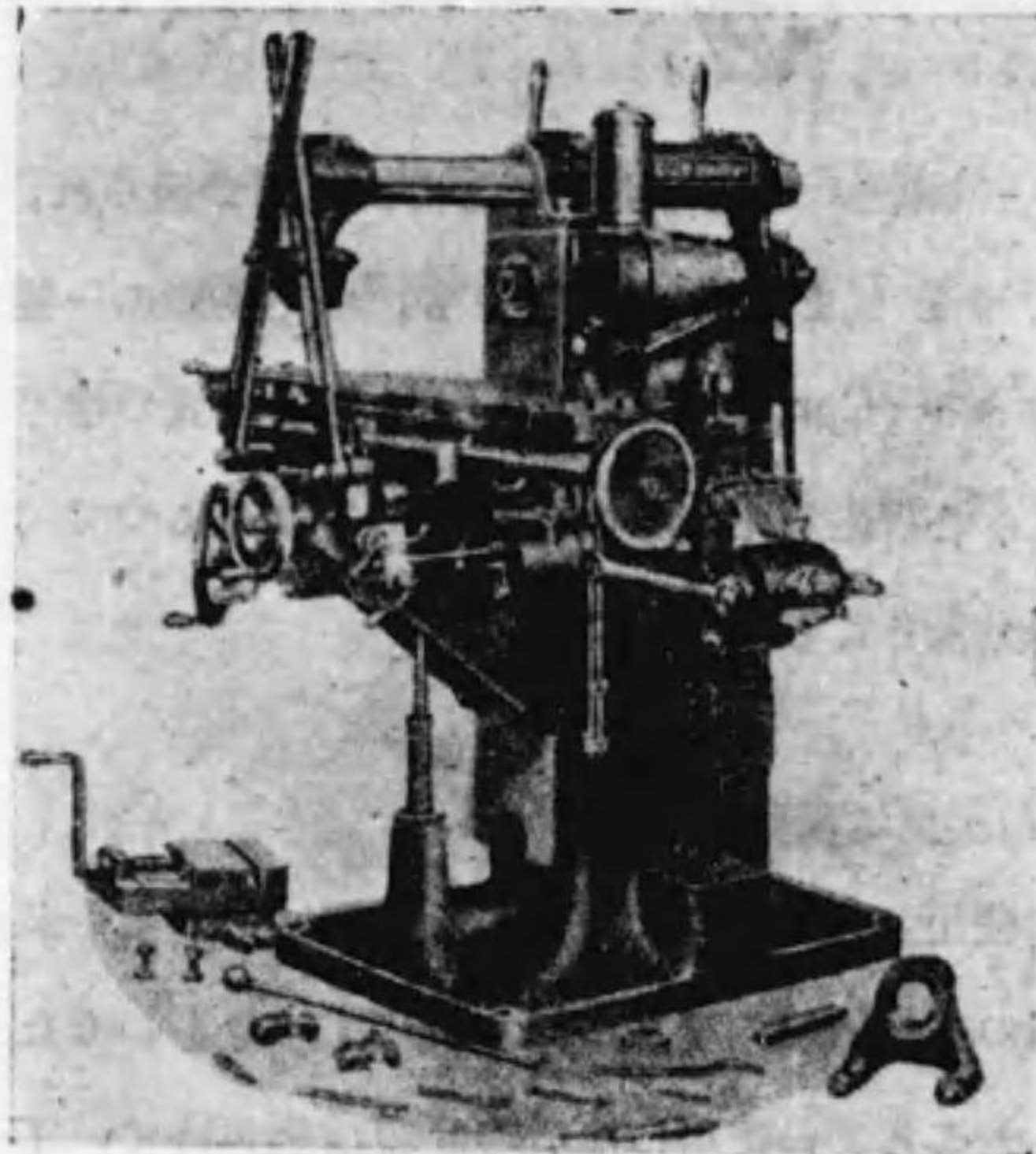
## 1. フライス盤の特徴

フライス盤とは、ミリング・マシン (Milling machine) のことで、この機械はテーブルに固定した材料を圓筒状の双物 (Cutter) で、切削したり、または齒車を切つたりするもので、仕事の上から2つに大別されます。

イ、一般的の仕事用〔齒車切り、平面曲面切削など〕

ロ、特殊作業用〔ホッピング・マシン (Hobbing machine など)〕

第 28 圖



この中、前者が広く使用され、その種類も甚だ多いが、主なるものを挙げるとつぎのやうなものです。

(第 28 圖は、プレーン・ミリング・マシン)

1. コラムニー型 (Column and knee type)

2. リンコルン型 (Lincoln type)

3. プレーナー型 (Planer type)

而してフライス盤が、他の工作機械と比べると、つぎの特徴があります。

イ、多数の双が順次連続的に作用するから、仕事が速く、その上削つた面が割合に美しく正確です。

ロ、輪廓を仕上面の形に合せて、複雑な仕上面を切削します。

ハ、自動装置のものは能率の高いものとして広く使用されてゐます。

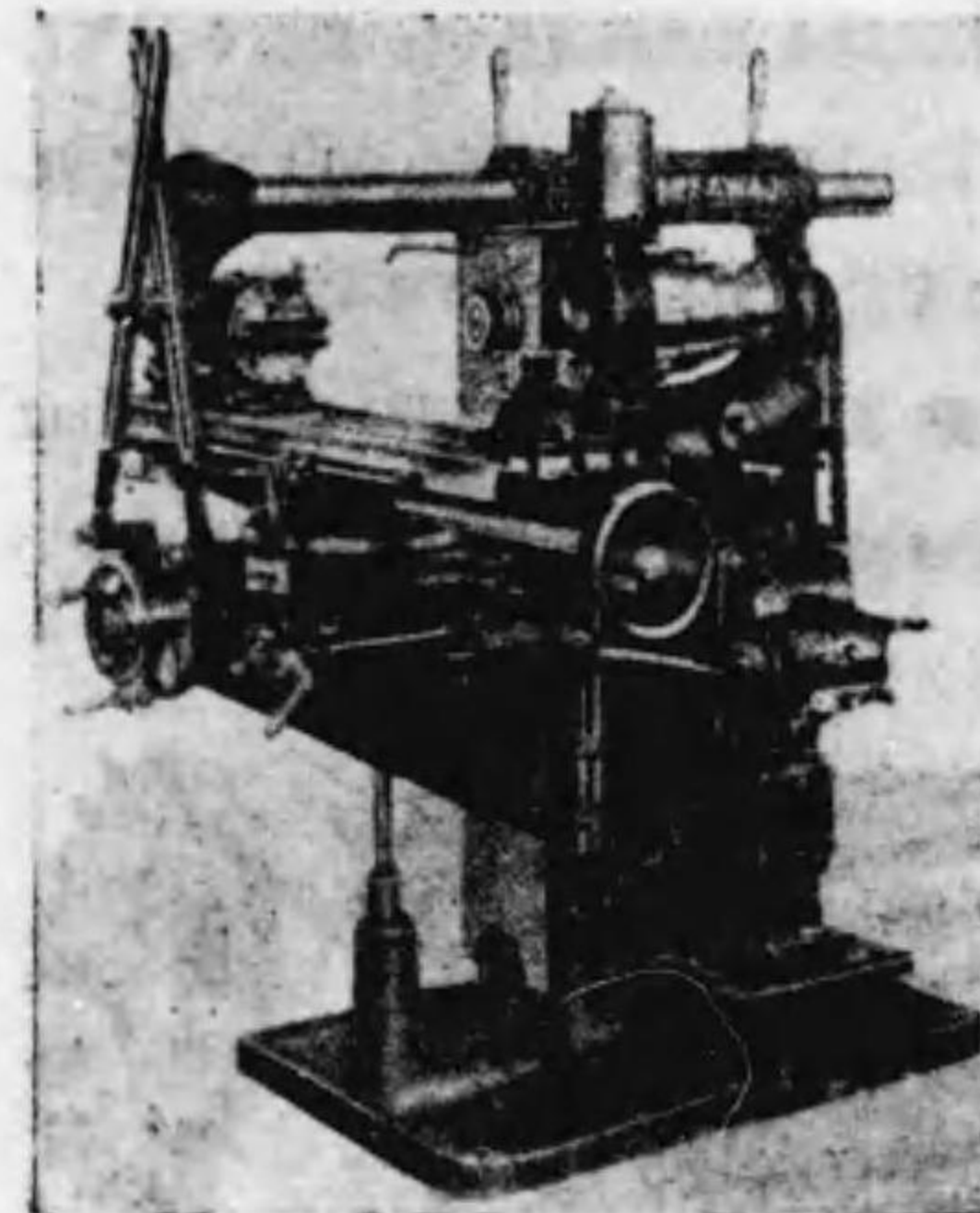
## 2. コラムニー型

この型に属する機械は、最も高級で、複雑な仕事に適しません。機體は鑄鐵製箱型の柱 (Column) で、旋盤と同様の内部機構をもち、機體の前面にはテーブル受 (Knee) が取付けられて、上下に摺動する。このニーの上には鞍があつて、この上にテーブルが取付けてあります。送りはテーブルに対して長手の方向の送りと、鞍がニーの上で横に動く送り、ニーがコラムの側面を上下に動く送りの3種が自動でも、手動でも掛けることが出来ます。この形式の機械は、構造の上からつぎのやうに分類されます。

(1) 横フライス盤 (Plain milling machine) これは第 28 圖に示したもので、ごく簡単な構造だから任意の角度に廻せない式で、従つて齒車切削の時、ねぢれた齒を切ることが出来ないけれども、全體が丈夫であるから、一般作業に適します。

(2) 萬能フライス盤 (Universal milling machine) 構造は横フライス盤

第 29 圖



と同じですが、テーブルを任意の角度に廻すことが出来ますから、一層広い範囲の仕事に適してゐます。しかし、それだけ横フライス盤より弱いといふ缺點もあります。

(第 29 圖)

(3) 豎フライス盤 (Vertical milling machine) テーブル廻の構造は、横フライス盤と大差はないが、主軸が車體に垂直に取付けてある。このフライス盤のテーブル

上に、回轉盤と稱する附屬品を取付けると、複雑な形状の面を仕上げる



ことが出来るので、近來盛んに使用されてゐます。

### 3. リンコルン型

これは構造が極めて丈夫に出来てゐるので、ミシン機械や、タイプライターなどの部分品のやうな、同一寸法のものを多數つくる時に用ひられます。この機械は、テーブルの縦の方向の送りだけしかかかりません。

### 4. プレーナー型

この機械は、プレーナーに特殊な装置を付け加へ、これに大きいカッターを取付けたもので、大きい作業をするのに適してゐます。

### 5. カッターの種類

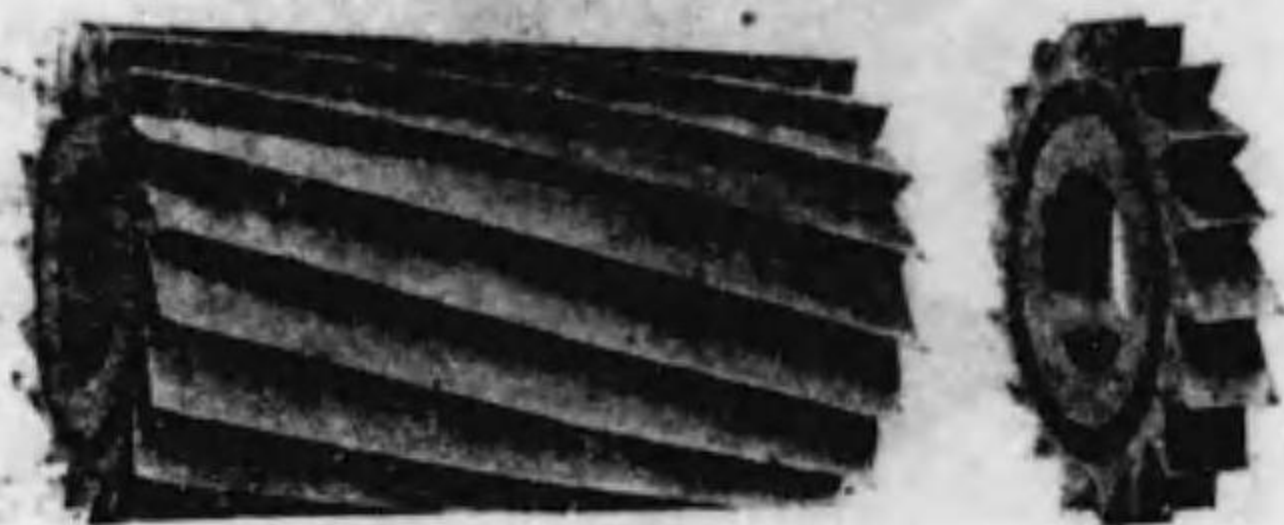
カッター (Cutter) は、一つの軸を有する筒形、圓錐形、圓板あるひはなほ複雑な形状の本體の周圍、または周圍と端面に數個の刃を設けたもので、その用途及び形状によつて、種々の名稱が與へられてゐます。

●カッターの材料は、バイトと同様、炭素鋼または高速度鋼が用ひられてゐるが、近來ウイデア<sup>(W)</sup>(Widia)またはこれと類似の材料が用ひられてゐます。カッターは、切削の種類によつて、これを分類すると、つぎの通りです。

(1) 平削カッター (Plain Cutter) 第30圖はこの1例ですが、これは双物軸に平行な平面を切削するカッターで、刃は圓筒の周圍のみについてゐます。圓筒の直径と

幅は、その目的に応じて適宜定めるのであつて、極端なものには薄い圓板の周邊に刃を付けた鋸が

あります。幅の狭いものは、刃が軸と平行に眞直に付いてゐるが、普通



第30圖

はネチ形についてゐます。これは切削に際して、齒に加はる力が一樣になるのと、振動を少くする効能があるためです。

(2) 側刃カッター (Side cutter) これは平削カッターの側面にも切れ刃をつけたものですから、平面の切削も出来るし、側面の切削も出来て

第31圖

便利です。このカッターの幅は非常に正確に作られてゐます。第31圖は特殊な側刃カッターの1例で、エンド・ミル (End mill) といはれるもの。軸の兩端



につけられた切刃で切削するのが主ですが、軸と平行な面も切削出来ます。圖は、柄附の變形ものです。

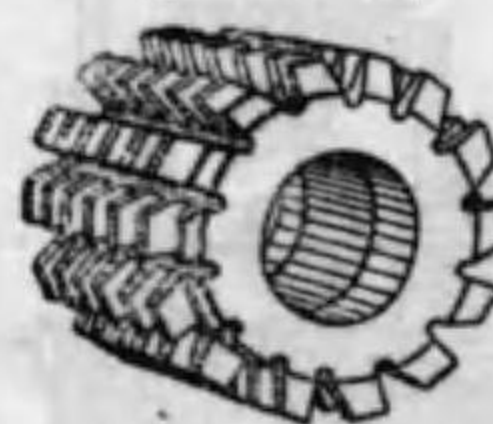
(3) 山形カッター (Anguler cutter) 多くのカッターは、刃が軸心に平行か、直角の面に付けられてゐるが、この山形カッターは軸心と或る角度をなした面上に付けられてゐます。これは工作品の端を適當な角度に仕上げるのに用ひられるものです。(第32圖)

第32圖



(4) 總形カッター (Formed cutter) これは複雑な面を一回で切削するため、所要の形状に合せてフライスの形を

第33圖



つくり、その周面に刃をつけたものです。第33圖はその形状を示したものです。なほこの刃は所謂二番がとつてあつて、研磨しても始めに與へた形が變らないやうになつてゐるのが普通です。



### 6. 割附法

齒車の切削や、角度の割附に用ひる装置を、ユニヴァーサル・デヴァイディング・ヘッド (Universal dividing head) といひます。これを分類しますと、

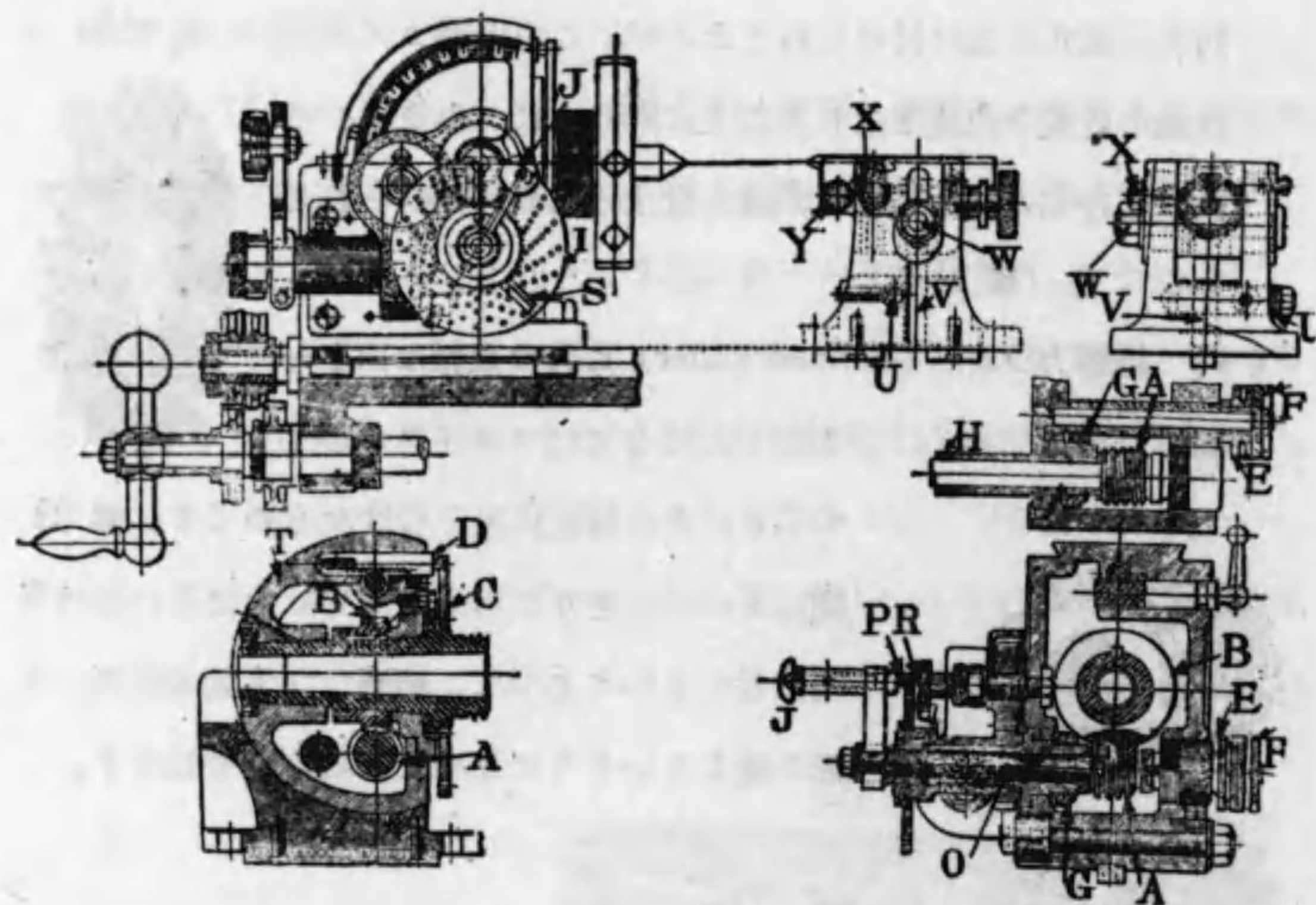
ng head) といひます。これを分類しますと、



割附法 { 直接法  
          { 単式割附法  
          { 複式割附法  
          { 間接法 { 差動式割附法

(1) 直接割附法 第 34 圖に示すごとく、圓周を 6 等分するとすれば、まづインデックス・クランクによつて廻はされるウォーム (A) と、デヴァイディング・ヘッドのセンターに取付けられるウォーム (B) との嚙合を外し、センターが手で自由に廻るやうにして置きます。圓板 (Rapid index plate) の C には、24 個の孔がありますから、 $24 \div 6 = 4$  即ち 4 回切削するごとにピン (D) のところで孔数を数へながらプレート (C) を 4 孔づつ廻して切削すれば 6 等分が出来ます。

第 34 圖



(2) 間接割附法 (単式割附法) インデックス・クランク J を 1 回轉させると、スピンドルは  $\frac{1}{40}$  回轉するから、工作物を n 等分するには

$$\left. \begin{array}{l} \text{クランク} \quad \text{工作物} \\ 1 \text{ 回轉} : \frac{1}{40} \text{ 回轉} \\ x : \frac{1}{n} \text{ 回轉} \end{array} \right\} \therefore x = \frac{\frac{1}{n}}{\frac{1}{40}} = \frac{40}{n}$$

つまり、インデックス・クランクは  $\frac{40}{n}$  回轉すればよいことが分ります。

そこで、いま 80 枚の齒數をもつ齒車を切削しようとする時は、インデックス・クランクの回轉は

$$x = \frac{40}{n} \text{ から } x = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$$

即ちクランクを  $\frac{1}{2}$  廻轉づつしては、齒を切れればよいわけです。しかし

實地に作業する時は、一々孔数を数へてゐるわけにゆかないので、インデックス・プレート<sup>(9)</sup> (Index plate) といふものを用ひて、仕事をしやすくします。(複式及び差動式割附法は省略)

7. ミリング仕事

フライス盤工作法の基本とすべき諸注意を述べればつぎのごとくです。

(1) 切削速度 カッターの切削速度は、その耐久力に非常に関係がありますが、その略値を示せば第 3 表の通りです。

(2) 齒車の切り方 齒車 (Gear)

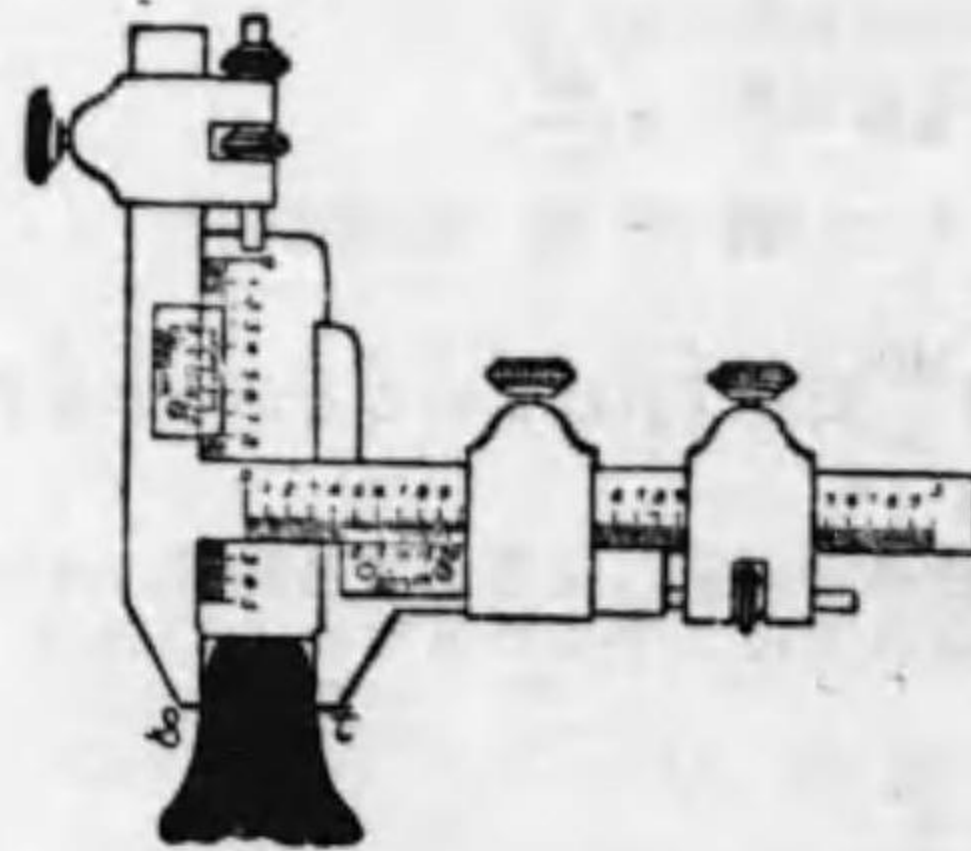
を切るには、ギア・カッター (Gear catter) を用ひます。或ビッチの齒車を切るカッターは、8 枚一組になつて、そのビッチを有するすべての齒數の齒車を切ることが出来ます。また齒が正しいかどうかを調べるにはギア・テイス・キ

第 3 表

切削材料	双物地金	炭素鋼	高速度鋼
		(m/min)	(m/min)
鋳 鐵	鐵	12~18	24~30
軟 鋼	鋼	9~12	24~30
硬 鋼	鋼	6~9	18~24
黄 銅 (真鍮)		24~30	45~60
アルミニウム		36~45	68~90



第 35 圖



ヤリパス (Gear teeth calipers)を使  
ひます。第 35 圖はこの機械で、厚  
さを測定してゐるところです。

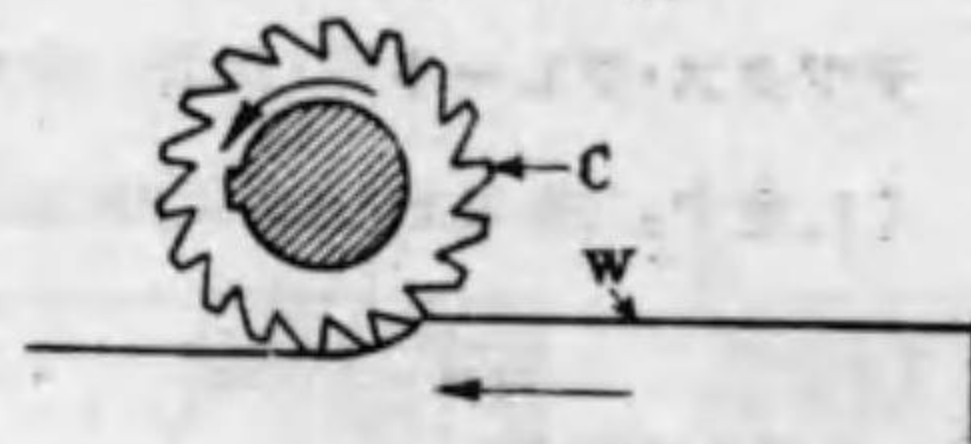
(3) 送りの方向 送りの方向は第35  
圖のやうに双先の動く方向と反対す  
るのが普通です。もし同方向に送る  
時は工作物が双先によつて引張り込  
まれる傾向を生じ、双先の摩擦も早

くなるなどの不利があります。

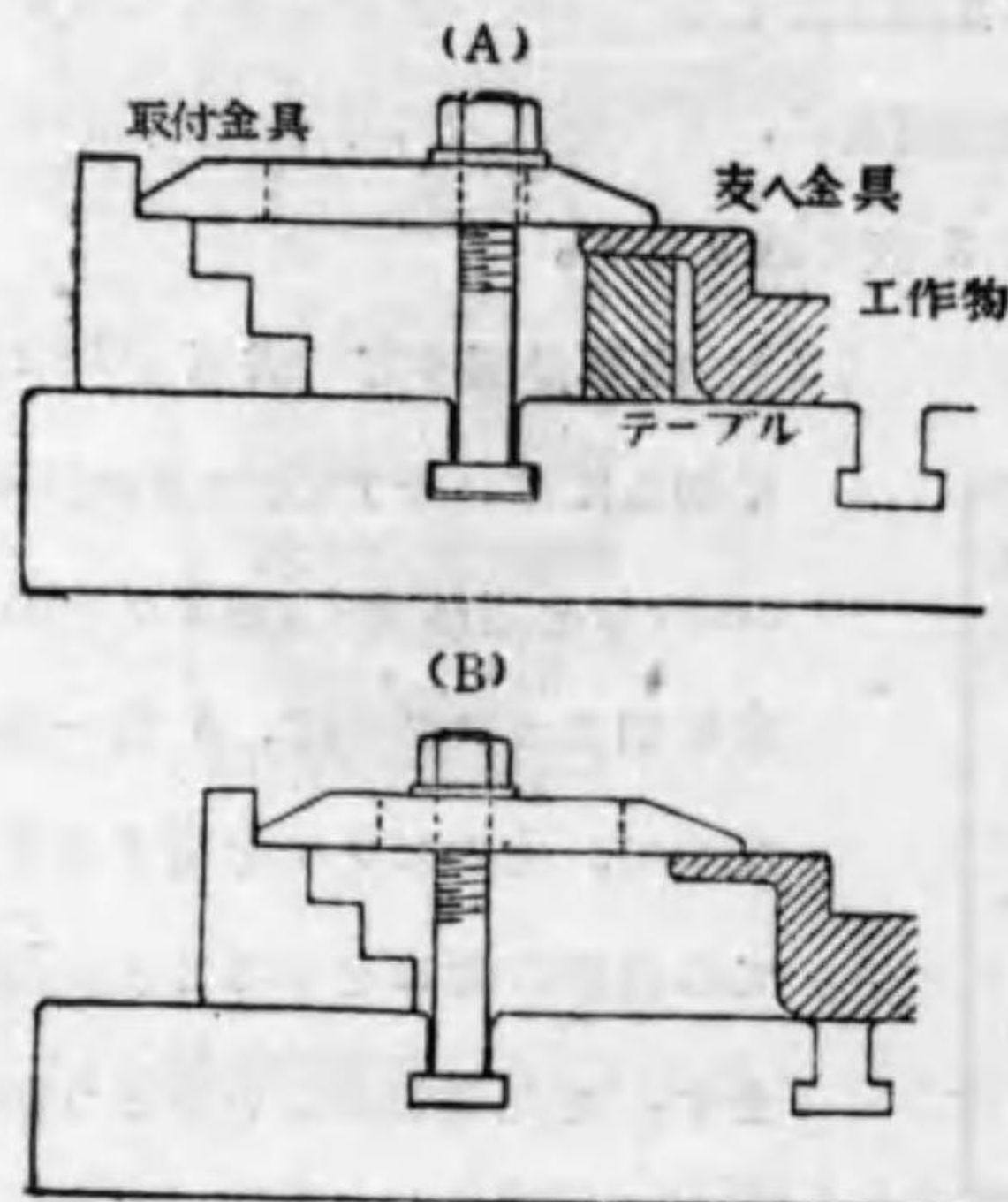
(4) 工作物の取付法 工作物をテーブルに取付ける時、締付金具で抑へ

る部分は出来るだけ工作物の下面  
がテーブルに密着するやうな部分  
を選ぶべきで、もし止むを得ず張  
出した部分を抑へる時には、その

第 36 圖



第 37 圖



下に支へ金を挿入しなけれ  
ばならない。第 37 圖の A  
はその例で、同圖 B のやう  
な取付法はいけない。また  
締付ボルトは、出来るだけ  
工作物に接近した場所を取  
付けなければなりません。  
これも同圖の良否を調べて  
下さい。

## 第七章 ボール盤

### 1. ボール盤の種類

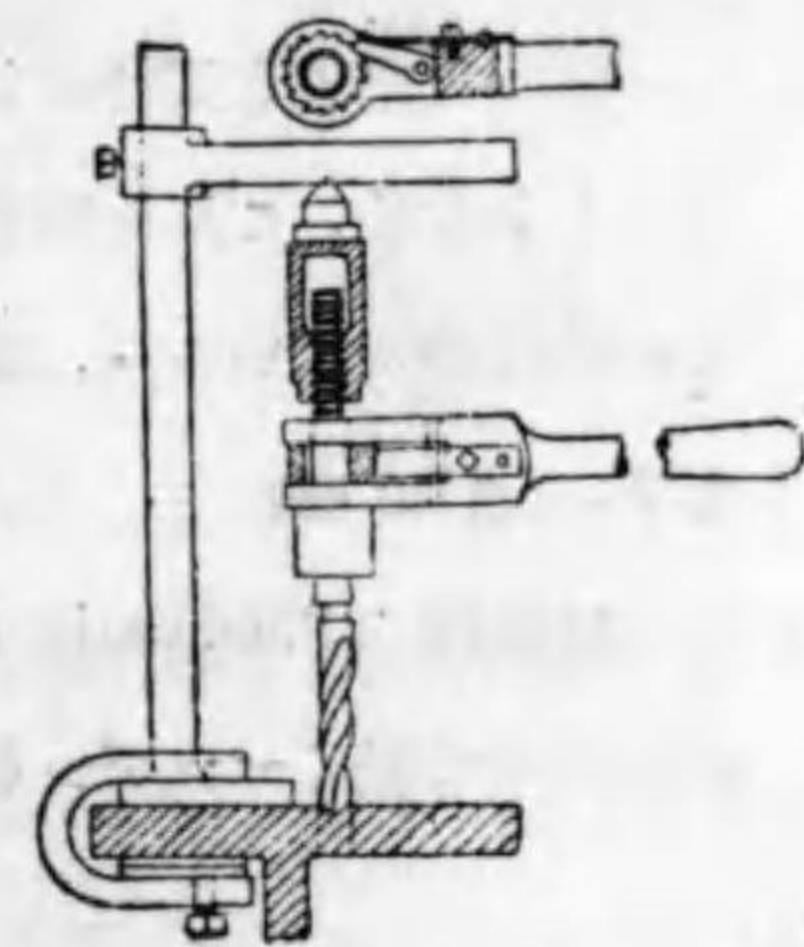
ボール盤とは、ドリリング・マシン (Drilling machine) といひ、孔を穿ける機械の事です。薄い板金には孔をポンチ<sup>(1)</sup>で押し抜くが、その他はこのボール盤を用ひ、錐を使つて採み穿けるのです。

ボール盤において、錐に回轉を與へる方法には、手動式と機動式とがあります。古くから用ひられてゐる舞錐をはじめ、追齒錐、胸當錐は前者に屬し、電気錐、空氣錐、手加減ボール盤などは後者に屬します。つぎに代表的な各種ボール盤の特徴を記します。

(1) 追齒錐 (Ratchet drill) これは錐軸に爪車を取付け、これに爪を

發條で抑へつけ、ハンドルを左右に動かすと爪が爪車を廻し、錐を回轉せしめる構造です。第 38 圖に示すやうに固定具で品物に取付け、上部の錐固定用の袋ナットを時々廻すと、錐に送りがかかるのです。この錐は、直徑 25mm 以下の孔をあけます。

第 38 圖



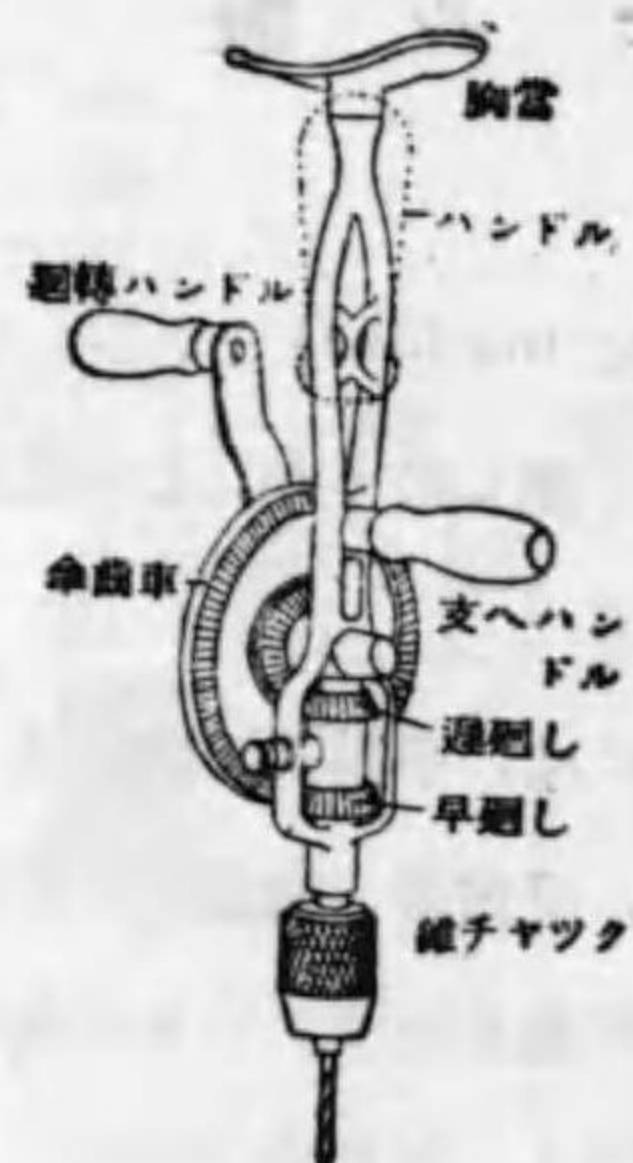
(2) 胸當錐 (Brest drill) これは品

物に直角になるやうに胸で抑へ、片方の手で支へハンドルを握り、他方の手で回轉ハンドルを廻すと、大傘齒車が廻り、錐軸上の小傘齒車を廻し、錐を回轉する構造のもので、この種類の錐には傘齒車が大小 2 對取付けてあつて、錐の回轉を早廻しと遅廻しと 2 種類與へるやうになつてゐるのが多い。普通には 10 mm 以下の錐を使つてゐます。第 39

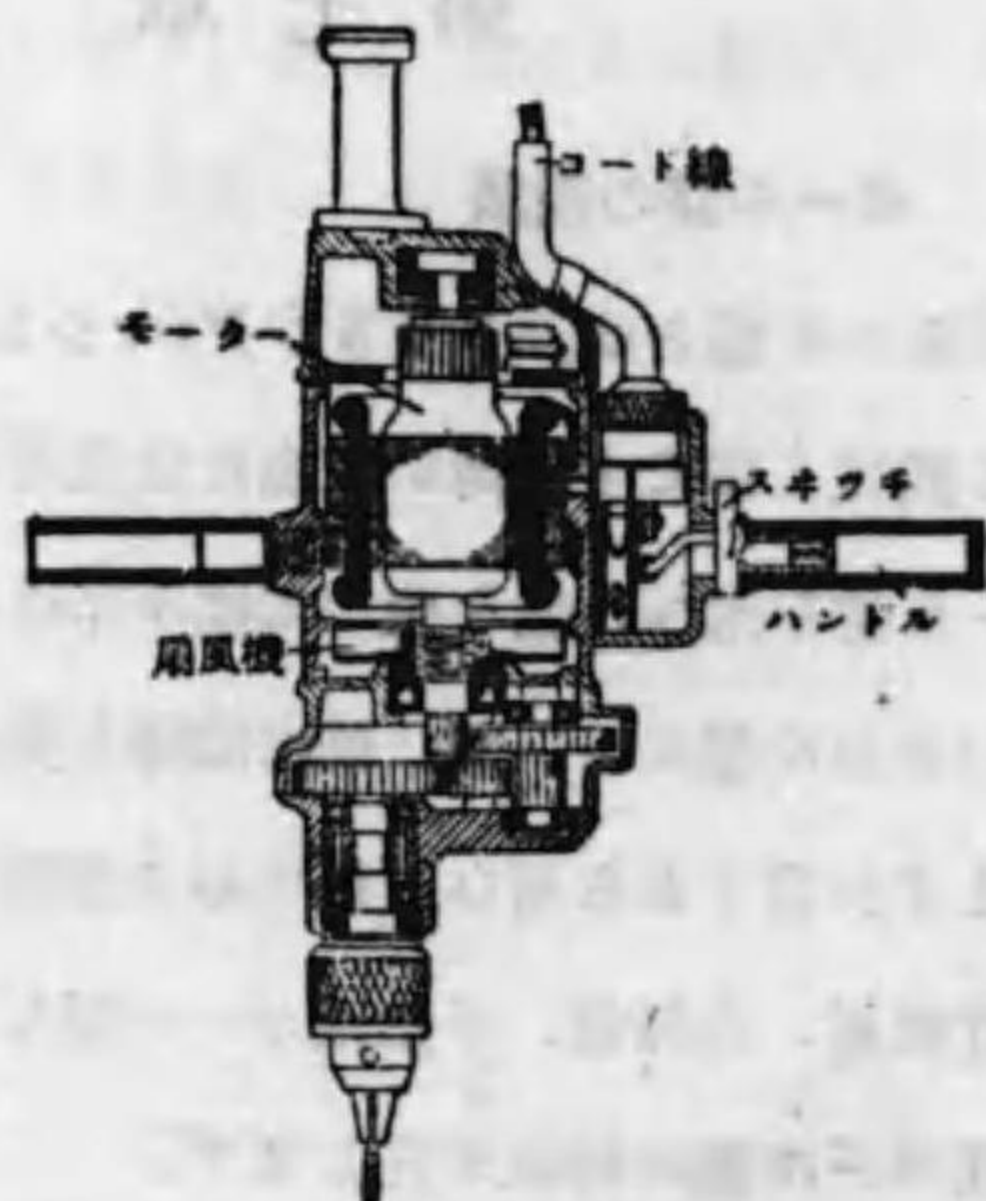
圖)



第 39 圖



第 40 圖

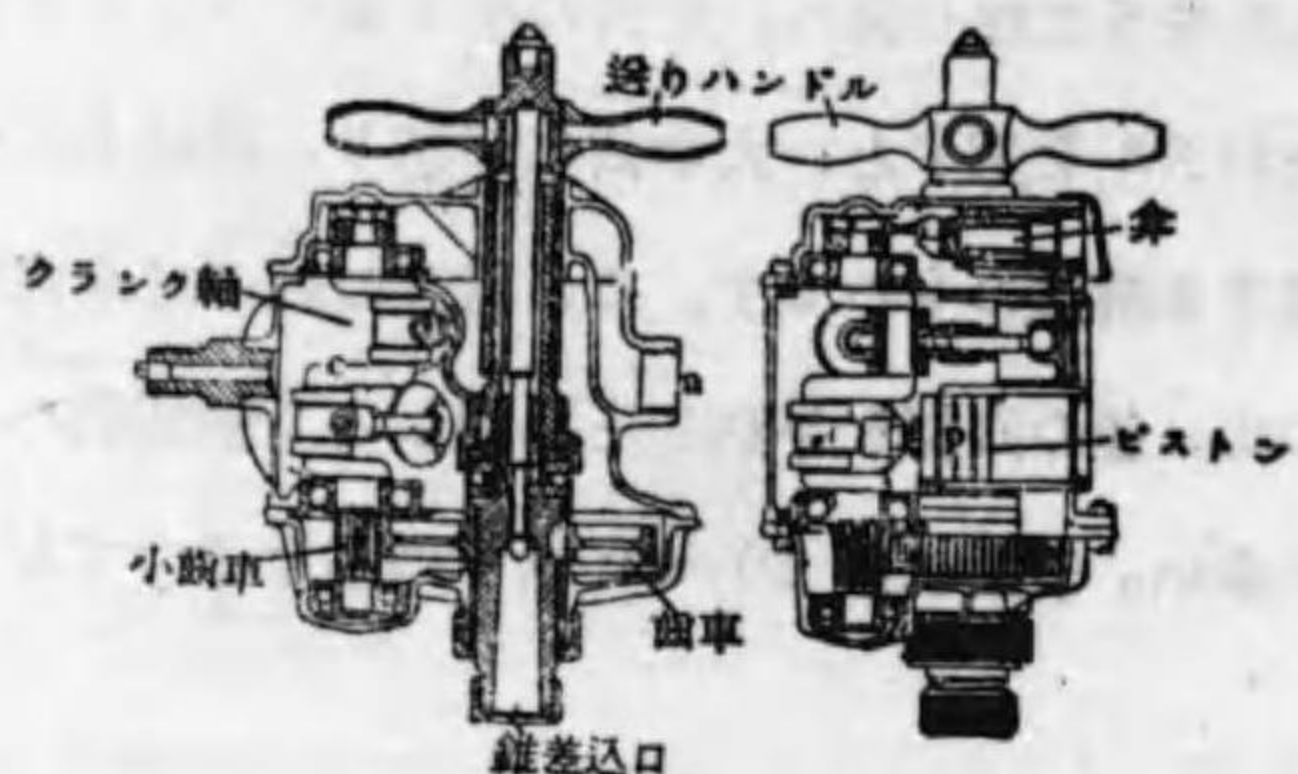


(3) 電気錐 (Electric drill) 一名これを電気ボールともいってゐます。

電動機を仕込んだ錐で、電動機の回轉は2組の齒車で、その回轉數を落し、錐チャックを回轉せしめます。電動機を仕込んだ棒には2本のハンドルを取付け、これを両手で握み錐を品物に押しつけ送りを與へます。この錐は伸々重いから、差支へない部分は、アルミニウムを使用してゐます。(第 40 圖)

(4) 空気錐 (Pneumatic drill) 空気ボールともいふ。機械の棒の中に壓縮空氣で動くエンヂンを仕掛け、その回轉を錐軸へ傳へます。棒には

第 41 圖

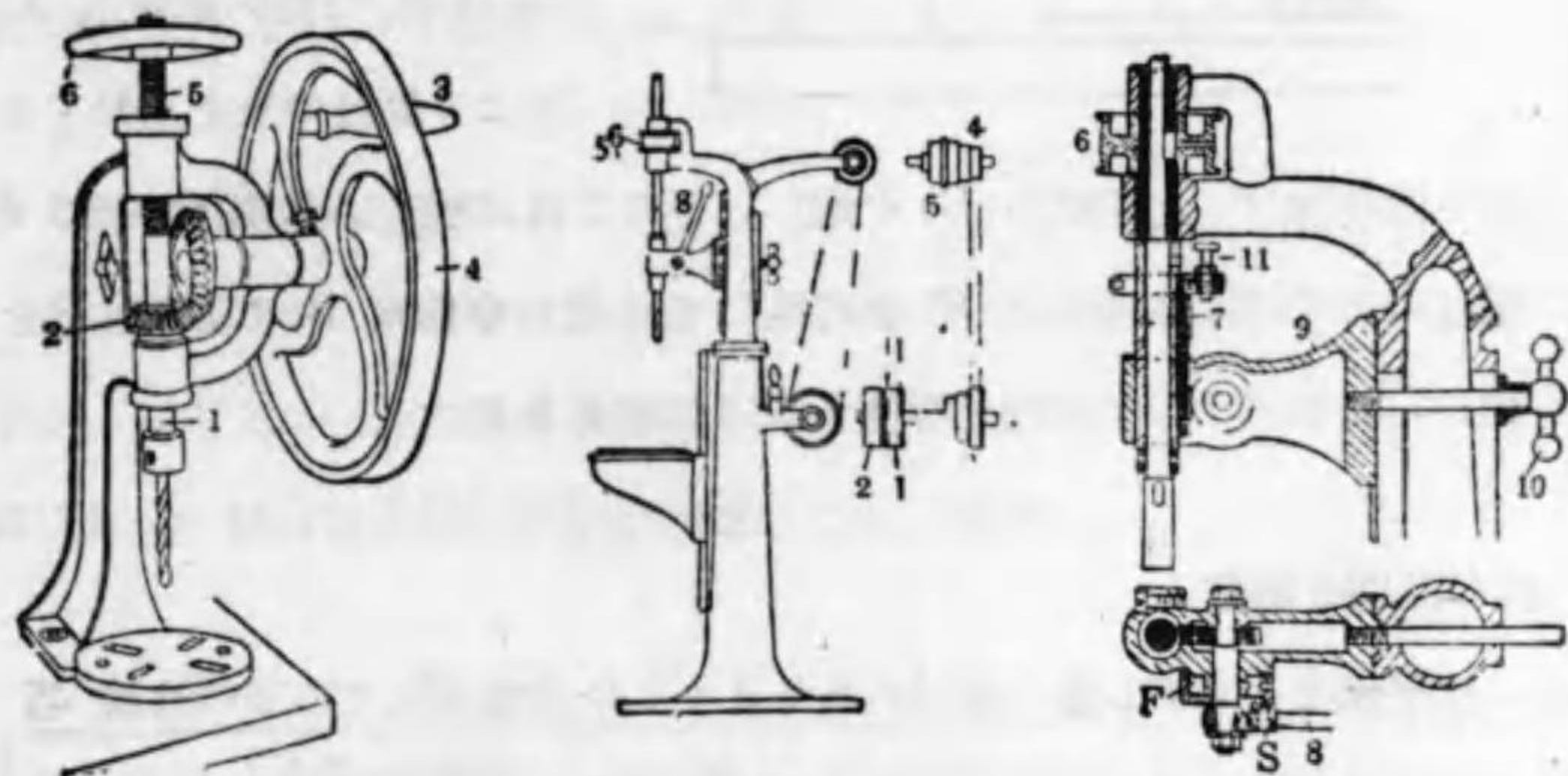


2本のハンドルを設け、錐を品物に抑へつけると共に追齒錐のごとく固定具を設け、頂端にセンターをつけ、送りハンドルを廻して送りを與へます。大體、直徑 25 mm までの孔穿けに使用します。(第 41 圖)

(5) 卓上ボール盤 (Bench drill) これは細工臺上などに据ゑつける小形の機械で小物の作業に適し、直徑 13 ミリ位までの穿孔が出来ます。手動式のもの、ベルト掛けのもの、及び電動式のものなどがあります。第 42 圖がそれです。

第 42 圖

第 43 圖

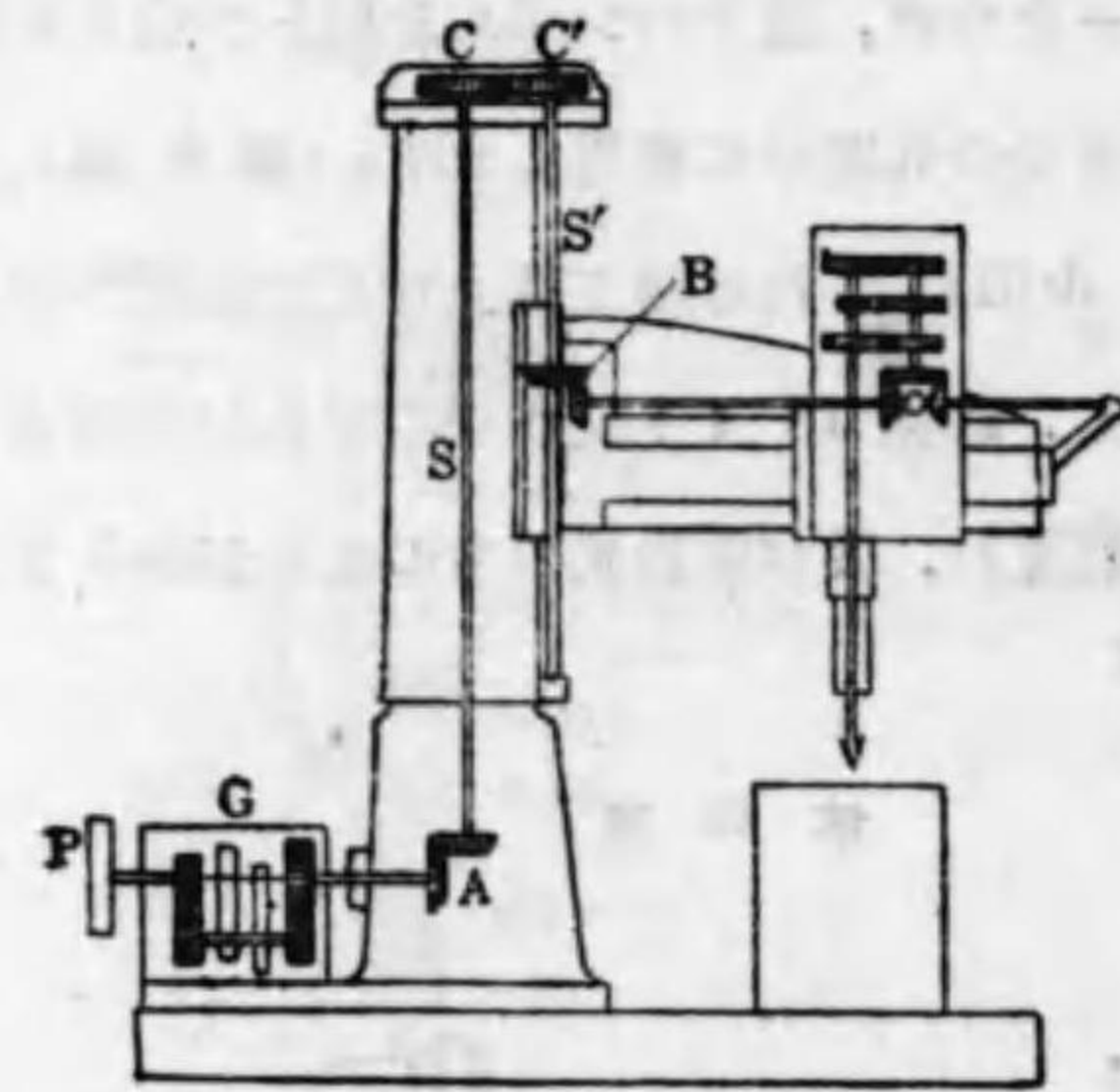


(6) 手加減ボール盤 (Sensitive drilling machine) 第 43 圖のごとく、小さな孔を穿けるのに適します。錐軸の運轉は齒車による上部回轉軸よりベルトで直接錐軸上の調帶6を回轉します。ベルトで行ふのは、錐の徑が小さいから回轉數を多くせねばならぬからであつて、手送り<sup>(1)</sup>をするのは、錐に無理を與へて折れることを防ぐためです。

(7) ラヂアル・ボール盤 (Radial drilling machine) 大型工作物の作業には必要缺くべからざるものです。第 44 圖はその1例で、ラヂアル・ボール盤には2種あつて、普通型といふのは機床の一端に直立する圓柱があり、これに添うて上下し得る腕が、圓柱を中心に旋回し、これによ



第 44 圖



つて錐軸が水平及び垂直の運動をもつのです。このほかに錐軸が腕の上で左右に傾くことが出来るものを半萬能型といつてゐます。第 44 圖では、錐軸に対する動力は中間軸によつて調車 (P) を廻し、變速齒車装置 (G) を經て 1 對の傘齒車 A により圓柱中央を上昇する

長い回轉軸 (S) 上の齒車 (C) を廻し、更にこれに嚙合ふ齒車 C' を以て圓柱の外周に沿ふ垂直軸 S' を回轉して、他の傘齒車 B により腕軸を廻し、これによつて錐軸を回轉するのであります。

2. 錐の區別と研磨

錐には平錐と、ネチレ錐の區別があります。今日使はれてゐるのは第 45 圖のネチ形に捻れてゐるもので、これは穿孔中に切屑はネチ溝に添ふて自然に排除されますから、迅速に孔穿けが出来ます。ネチの溝は 2 つが普通ですが、深い孔を穿けるには油道をもつ特殊な錐を使用します。

さて、錐は双先の研磨が間違つてゐると、正確な孔をあけることが出来ません。そこで、錐研磨機を用ひるのですが、それでも、つぎのことに注意することが肝要です。即ち

イ、2 つの切刃は、中心線に對して、全く對照的でなければならぬこと

第 45 圖



二溝 三溝 油道付

ロ、双先の角度と、間隙が適當でなければならないこと。

この正確であるかどうかを検査するには、第 46 圖のやうなゲージ (Gage) を用ひます。双先角は 100 度乃至 120 度が普通で、新しい錐は 118 度に研いであるものが多い。間隙は、逃 (1) ともいつて、長手の逃、圓周の逃、切刃の逃の三つがあります。長手の逃は 5 mm 以下の小徑には付けよいが、それ以上の錐では長さ 100 mm について 0.025 mm 乃至 0.15 mm 柄元の方を細くします。

第 46 圖



ge) を用ひます。双先角は 100 度乃至 120 度が普通で、新しい錐は 118 度に研いであるものが多い。間隙は、逃 (1) ともいつて、長手の逃、圓周の逃、切刃の逃の三つがあります。長手の逃は 5 mm 以下の小徑には付けよいが、それ以上の錐では長さ 100 mm

について 0.025 mm 乃至 0.15 mm 柄元の方を細くします。

3. 錐の切削速度と送り

錐の切削速度は、その圓周速度で表はせば、大體旋盤双物の場合と同じですが、實用上には錐の徑と回轉數との關係を示した方が便利ですから、つぎに工作物の材質別と錐の標準回轉數とを示します。

第 4 表

錐の徑 (mm)	1 分間の回轉數			錐の徑 (mm)	1 分間の回轉數		
	軟鋼及び鋁鐵	鋳鐵	眞鍮		軟鋼及び鋁鐵	鋳鐵	眞鍮
5	1250	1550	2500	25	260	320	520
6	1050	1300	2100	28	230	290	460
7	900	1100	1800	30	210	260	420
8	800	1000	1600	32	200	250	400
9	700	880	1400	35	180	230	360
10	640	800	1280	38	170	210	340
11	580	720	1160	40	160	200	320
12	530	660	1060	42	150	190	300
13	490	610	980	45	140	180	280
14	460	570	920	50	130	160	260
15	420	530	840	55	120	150	240
16	400	500	800	60	110	140	220
18	350	440	700	65	100	125	200
20	320	400	640	70	90	110	180
22	290	360	580	75	85	105	170

つぎに錐の送りは、1 回轉に採み込む深さを以て表はし、自動送りの場合には、つぎのやうにします。即ち、直徑 13 mm 以下には 1 回轉に付 0.10~0.15 mm で、13 mm 以上は 0.15~0.40 mm です。



## 第八章 縦削盤

## 1. 縦削盤の構造

縦削盤 (Slotting machine) とは、スキツキ盤とも、堅型形削盤ともいわれます。構造があだかも形削盤のラムを直立させたやうであるからです。

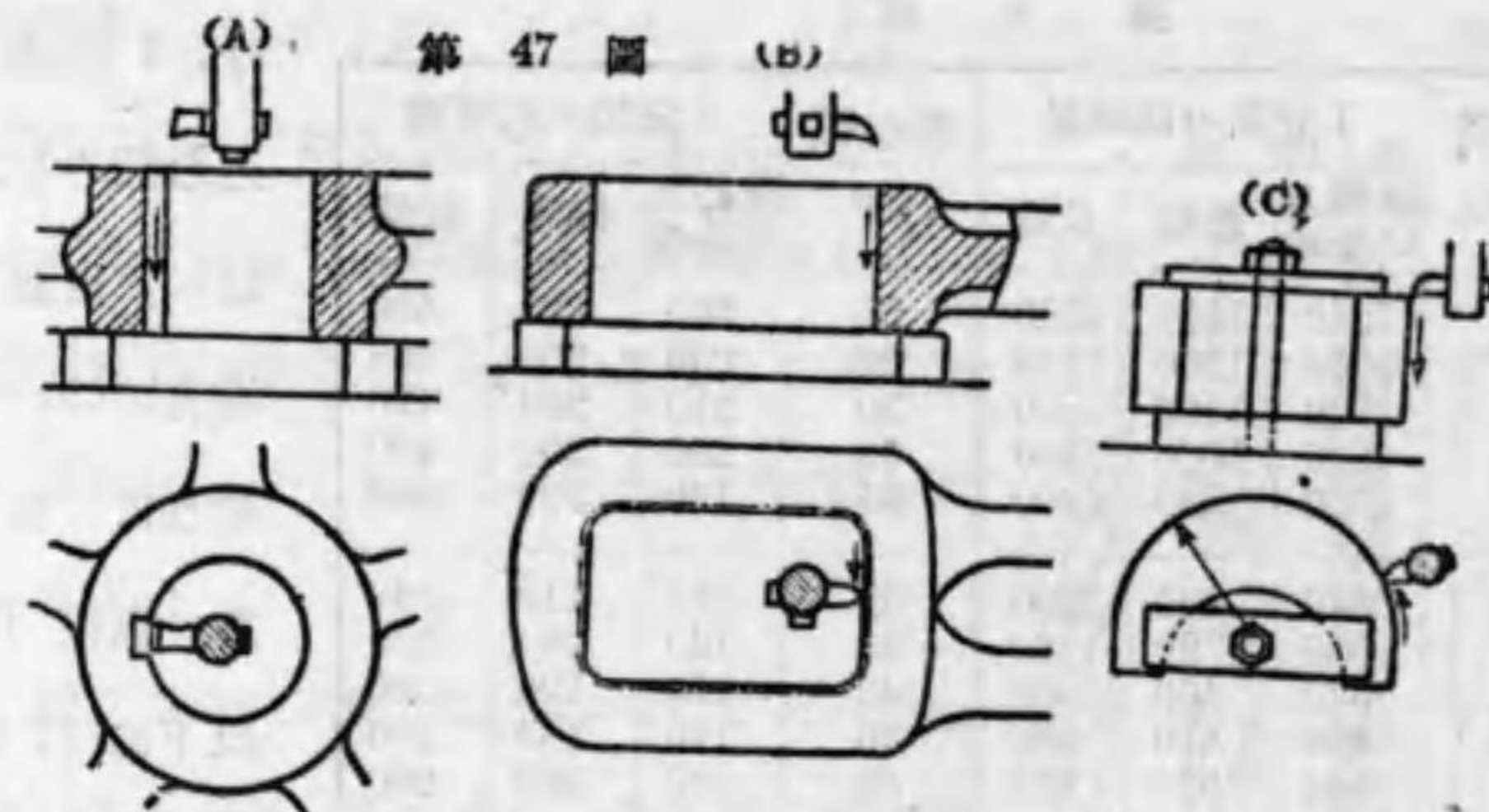
工作物は水平の圓形テーブル上に取付け、ラムはこの面に垂直行程をなして切削するもので、テーブルには前後左右の送りと、回轉運動が與へられますから、平面の他に圓形や不規則な形状のものゝ仕上も出来ます。

この機械は、下降行程で切削を行ひ、上昇行程では仕事をしませんから、多くはラムの早戻り運動装置を備へておます。

なほ機械の大きさは、双物臺即ちラムの最大行程を以て表はします。

## 2. 縦削作業

双物、即ちラムに取付けるバイトは、一般に双物保持器を用ひ、形削盤用双物と類似のものです。



双物を取付けるには、ラムを最低位置にまで下げて、テーブル面上には餘裕を残すやうに注意しなければなりません。

縦削盤は齒車、調車などの軸孔にキー溝を切る場合、その他色々の作業に使用します。第 47 圖がその例であります。

## 第九章 研磨盤

## 1. 砥石製造法

研磨盤 (Grinding machine) は、高速度に回轉する砥石車を使つて、工作物を仕上げるもので、精密仕上及び双物の研磨には必要缺くべからざるものです。

研磨盤に用ひる砥石は、すべて人造石で、天然または人造の砥粒を結合剤で固めたものです。各種砥石原料と其結合法には次の如きものがあります。

## (1) ヴイトリフアイト・プロセス (Vitrified process)

結合剤——長石<sup>(4)</sup>及び粘土の混合物

工程——砥石原料と結合剤を煉合し、3, 4 週間乾燥すると製造できます。現在使用されてゐるのは9割まではこの方法です。

## (2) エラスチック・プロセス (Elastic process)

結合剤——シエルラックを使用します。

工程——スチーム混和機でよく攪拌して型に入れ、數時間加熱します。

## (3) シリケート・プロセス (Silicate process)

結合剤——珪酸ソーダを主成分とする。

工程——(1)と同じ工程で、5 晝夜で出来上ります。

## (4) ヴアルカナイト・プロセス (Vulcanite process)

結合剤——弾性ゴム、硫黄

工程——特殊な機械で硬化作用を行ひます

## 2. 砥石盤の種類

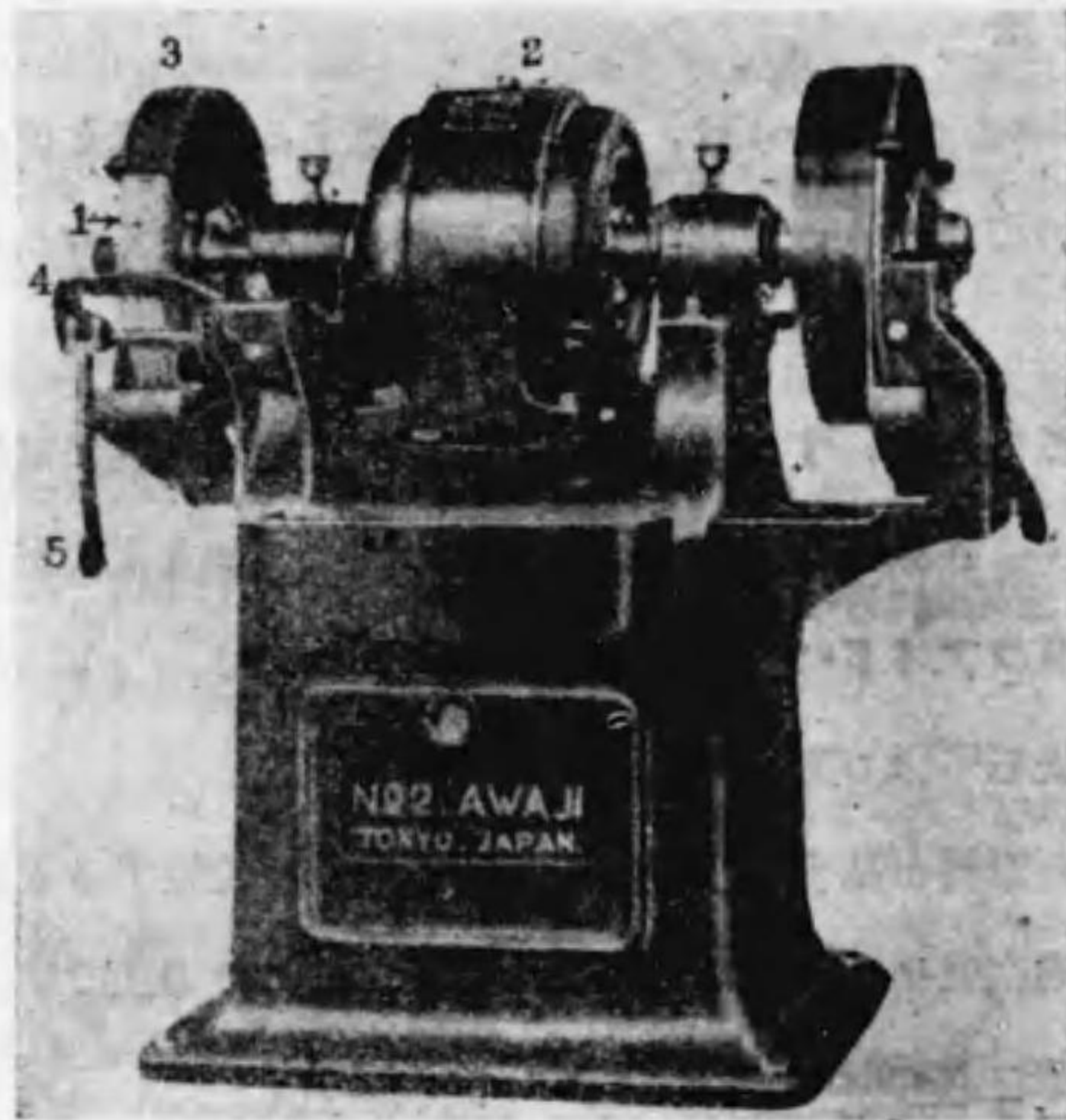
研磨盤には、色々の種類がありますが、これを大別すればつぎの通りです。

## (1) 双物研磨盤 (Tool grinder) 旋盤で用ひるバイト類を研ぐのに用ひ



る研磨盤には、注水式のもの、無水式のものがあります。第48圖は、モーター直結の双物研磨盤で、1は砥石、2はモーター、3は砥石

第48圖



粉の飛散を防ぐ覆ひで、4は双物臺、5は砥石の目立をするに用ひる道具です。

(2) 心無研磨盤 (Centerless grinder) これは2個の砥石車を互に反対の方向に回転し、その間に工作物を挟んで研磨を行ふ構造のもので、工作物の寸法は兩砥石の位置及び工作物受の位置によりて自動的に定められ、多数の同寸法の工作物の研磨も何等の熟練を要せずして、精密に仕上げられるため、盛んに用ひられてゐます。

(3) 孔研磨盤 (Internal grinder) これは長く突き出したスピンドルの先に小さい丸形の砥石車を付けて、丸孔の内面を研磨するものです。工作物が小形で、釣合の取れてゐるものには、砥石車と工作物が同時に回転する構造のものがよいし、大形で不釣合のものには砥石車のみが回転

して孔の内面に添ふて回転するものが適します。

(4) 平面研磨盤 (Surface grinder) これは工作物の表面を研磨するのに用ひる。即ち、砥石車で平面を仕上げるのですが、砥石面の使ひ方を分類すれば、

(イ) 砥石車の外面を使用するもの

(ロ) 砥石車の端面を使用するもの

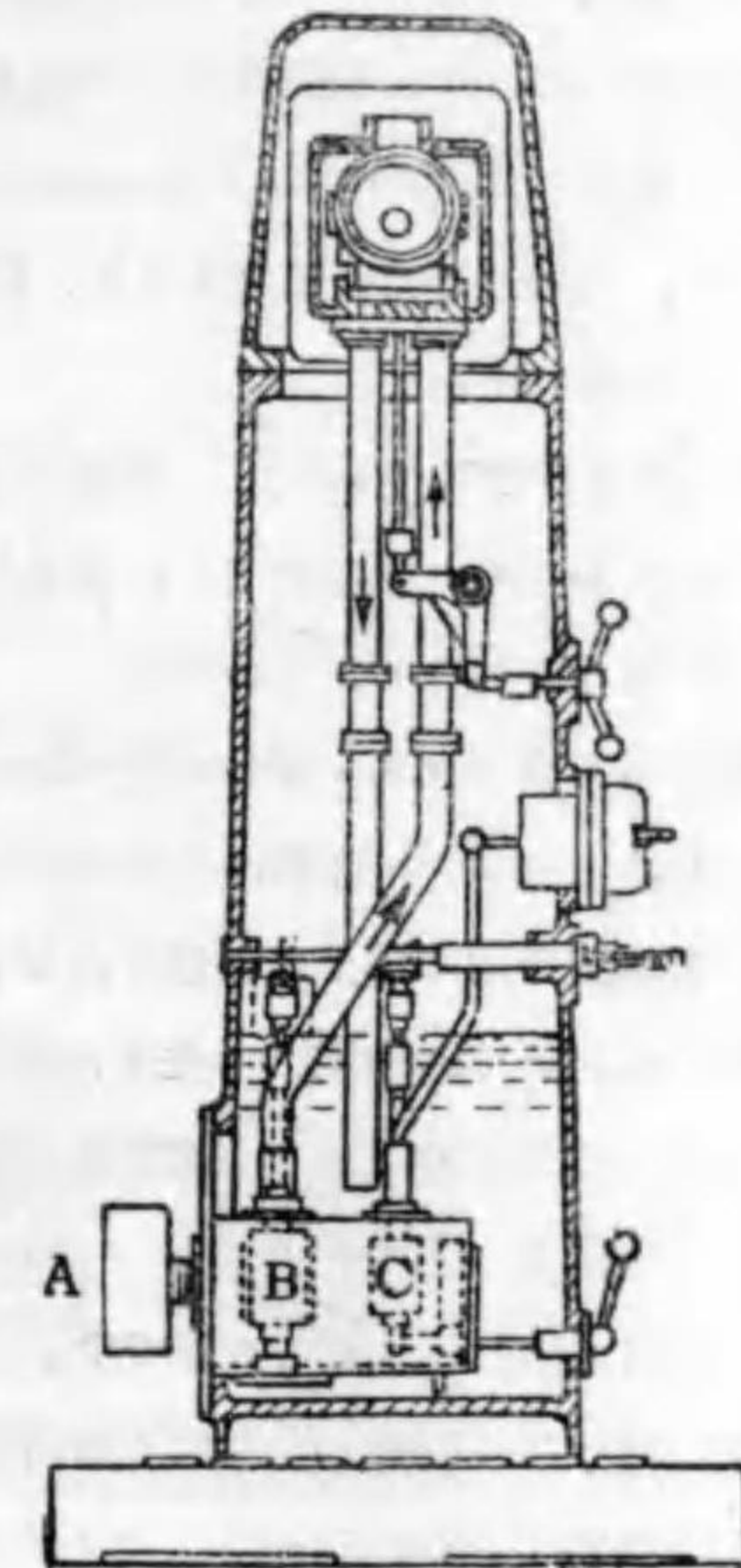
(イ)の方はスピンドルが水平であるが、(ロ)にはスピンドルが水平のものと、垂直のものがあります。

(5) 研上盤 (Honing machine) 第49圖は研上盤の構造を示すもので、普通のボール盤と同じやうなものです。これは油壓式の運転を行ふもので、砥石車は棒状の砥石を數個筒状に組合せ、磨滅した時、その直径を調整し得るやうにしてあります。

第49圖

(6) 特殊研磨盤 (Special grinder)

丸棒研磨盤の特殊なものとしてクランク軸研磨盤、カム研磨盤などがあります。これらの砥石車は丸形ですが、ネヂ研磨盤になると正確ネヂ形になつてゐます。また齒車研磨盤は周邊がラック形になつてゐます。





用語解説 VII

- (1) **金刚石 (Diamond)** 殆ど純粹の炭素から成り、その結晶は8面體、斜方12面體、16面體、正6面體などをなし、硬度は10で、鑛物中最も硬い。多くは無色透明であるが、紅、黄、綠、褐色を帯びたものもあります。
- (2) **振動** 物體が一つの中心の左右に同一變位をもつて往復する運動。たとへば振子の運動のごときものです。中心より一端までの變位を振幅といひます。
- (3) **黒皮** 鑄造のままの金屬面は焼けて黒くなつてゐます。これを黒皮といひ、黒皮の部分は内部よりも硬いのが普通です。
- (4) **公式** 數學、物理學などで、多くの數量間の一般的關係、または計算の一般法則などを書き表はしたものです。
- (5) **ラック (Rack)** 棒の上に齒車を引き延ばしたやうなもので、これに小さな齒車ピニオン (pinion) を啗合すと、ピニオンの回轉運動からラックの直線運動を導き得る。これをラック・ピニオンの機構といひます。
- (6) **萬力 (Vice)** 萬力は金屬を切削したり、或は手仕上する時材料を支持するもので、これには脚附萬力、平行萬力、手萬力などの種類があります。
- (7) **長手 (Longitudinal Stretcher)** 工作物の長い方を長手、短い方を横手といひ、現場などで長手送りとか、横手送りとかといひます。旋盤工作の場合に使用する言葉です。
- (8) **ウイデア (Widia)** 硬度が金刚石に次ぐと稱せられてゐるので、Wie diamond から來た商品名です。成分はタングステン 85~90%、炭素 5~6%、コバルト 4~5%を配合したものです。
- (9) **インデックス・プレート (Index plate)** 割出板または指示板、指數板ともいひ、ミーリング作業にインデックシング・ヘッドに取付けられる。この板は品物の周圍を任意に等分に割付けたピン孔のあるものです。
- (10) **ポンチ (Punch)** 先きの尖つた「たがね」のやうなもので、頭部をハンマーで打ち孔を打貫いたり、罫書線に點を打つたりする時に用ひる工具です。
- (11) **手送り (Hand feed)** 短い距離を、コンパウンド・レストにあるハンドルを手にて廻しつゝ送ることです。
- (12) **逃げ (Escape)** 仕上の困難なところなどを避けることを逃げるといひます。
- (13) **長石 (Orthoclass)** アルミニウム、ポツタシウム、ソヂウムなどの珪酸化合物で、雲母や石英と共に花崗石の組成分子です。

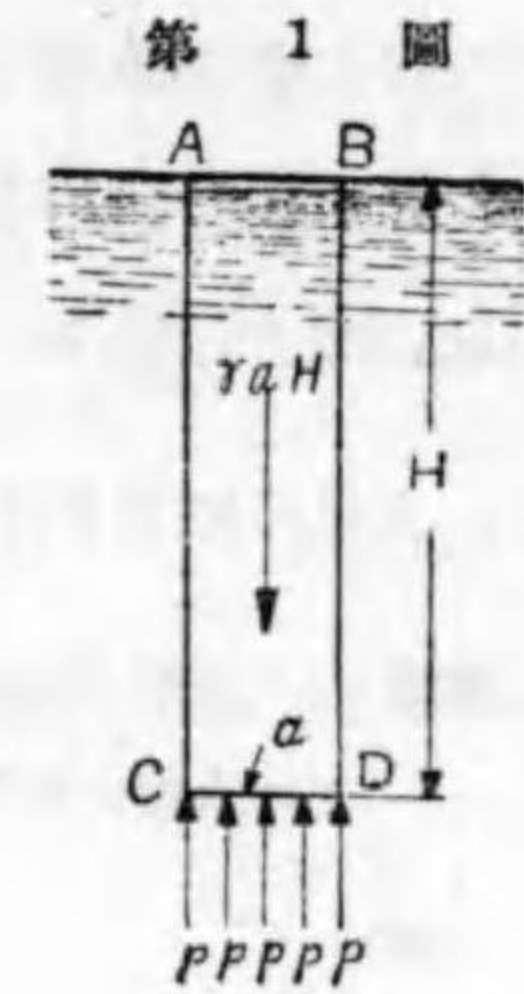
第八篇 水力機械

第一章 水力學

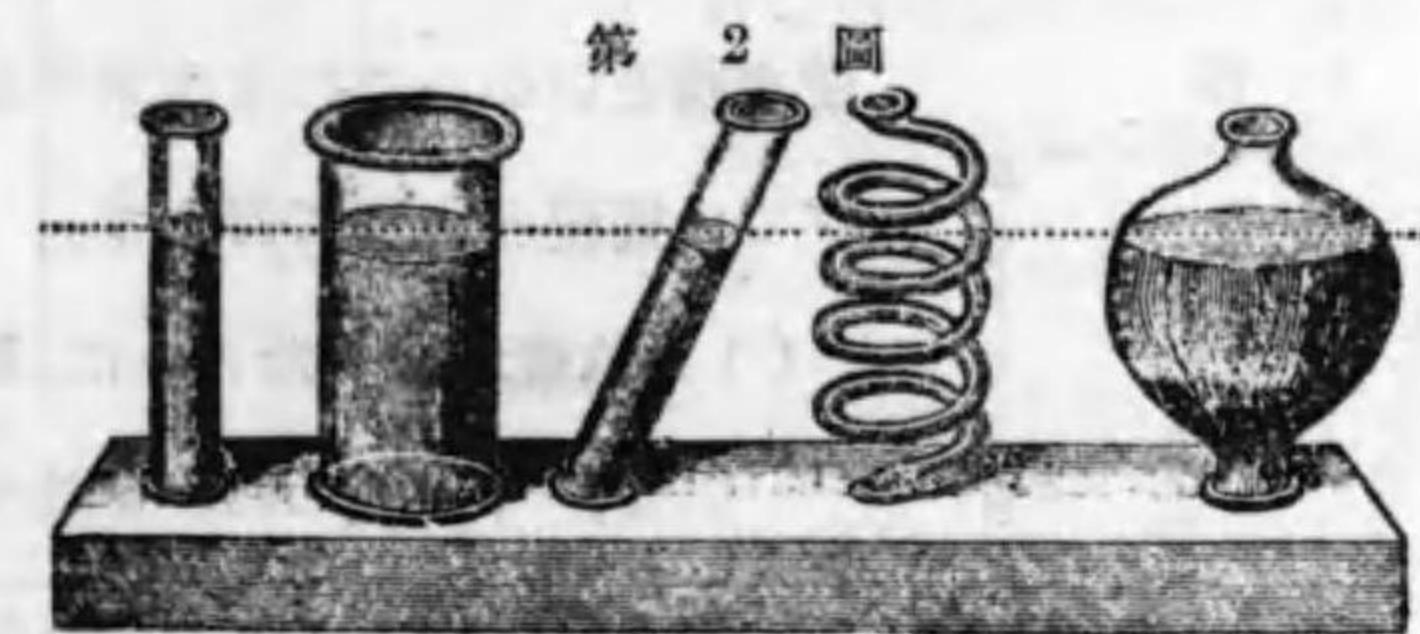
1. 深さと壓力

靜止してゐる水の働く力を靜壓力 (Static pressure), または靜水壓といつてゐます。いま第 1 圖のやうに、

$H$  = 水面から  $CD$  面までの深さ (m)  
 $a$  = 平面  $CD$  の面積 ( $m^2$ )  
 $\gamma$  =  $1 m^3$  の水の重さ ( $kg/m^3$ )  
 $p$  =  $CD$  面に作用する靜水壓の強さ ( $kg/m^2$ ) とすれば  
 $pa = \gamma aH$   
 $\therefore p = \gamma H$   
 或は  $H = \frac{p}{\gamma}$  ..... (1)



即ち靜壓力は水の單位重量と、水面からの深さとの相乗積によつて定まり、その容量の形には無關係です。だから第 2 圖のやうな下部の連絡した容器に水を満たすと各容器の水面の高さが一致したところで、水が靜止します。



また  $\frac{p}{\gamma}$  は、水壓  $p$  に相當する水柱の高さ<sup>(1)</sup> ですから、靜水壓の強さをこの水柱の高さで表はすことが多い。



水に於ては

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

であるから(1)式は次の如く表はされる。

$$p = 1000H \text{ kg/m}^2$$

然し普通には  $p$  を  $\text{kg/cm}^2$  で  $H$  を  $m$  で表したものを用ひますから換算すると

$$10000p = 1000H$$

$$\therefore H = 10p \dots\dots\dots(2)$$

即ち静水圧( $\text{kg/cm}^2$ )の10倍が丁度その時の水柱の高さ( $m$ )になります。

空気中でも水中と同様圧力があります。これは空気の深さ、従つて重さによつて生じたものです。大気の壓力を計るには壓力計<sup>(2)</sup>があります

第 3 圖



〔例題〕 水壓  $12 \text{ kg/cm}^2$  は、幾  $\text{kg/m}^2$  か。またこの水壓に相當する水柱の高さは何ほどか。

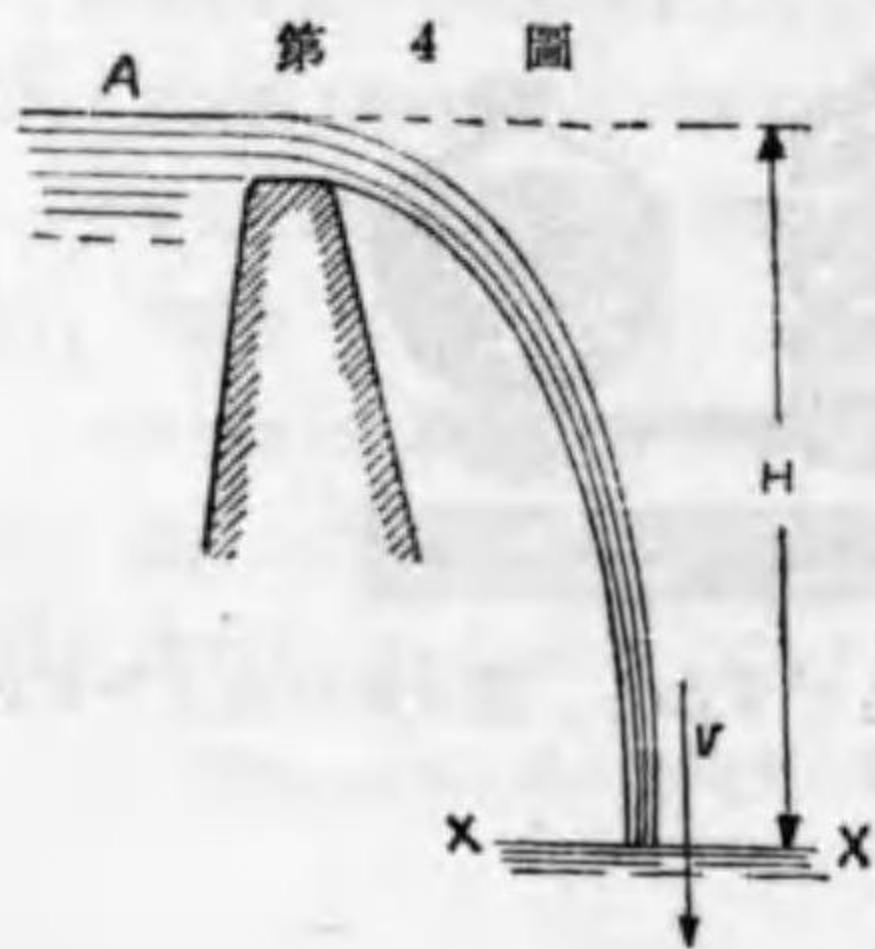
〔解〕  $p = 12 \text{ kg/cm}^2 = 12 \times 100^2 = 120,000 \text{ kg/m}^2$

$$(1) \text{ 式から } H = \frac{p}{\gamma} = \frac{120,000}{1000} = 120 \text{ m}$$

$$\text{或は } (2) \text{ 式から } H = 10p = 10 \times 12 = 120 \text{ m}$$

### 2. 水が保有する三態の水頭

水力學では  $1 \text{ kg}$  の水が保有するエネルギーを水頭 (Water head) といひ、いつも高さ即ち長さの單位で表はします。そして位置のエネルギーを位置水頭といひ、これを水車では落差、ポンプでは揚程といつてゐます。



第 4 圖

(1) 位置水頭 たとへば、第 4 圖において、下水面  $XX$  を基準にとれば、毎秒  $Qm^3$  の水が高さ  $Hm$  だけ落下する時、爲し得る仕事量は  $\gamma QH \text{ kgm}$  です。この時、 $1 \text{ kg}$  の水が爲し得る仕事量は

以上から、 $H$  は高さであると同時に、上水面の水が下水面に對して、重さ  $1 \text{ kg}$  ごとに保有する位置のエネルギーであることが分ります。

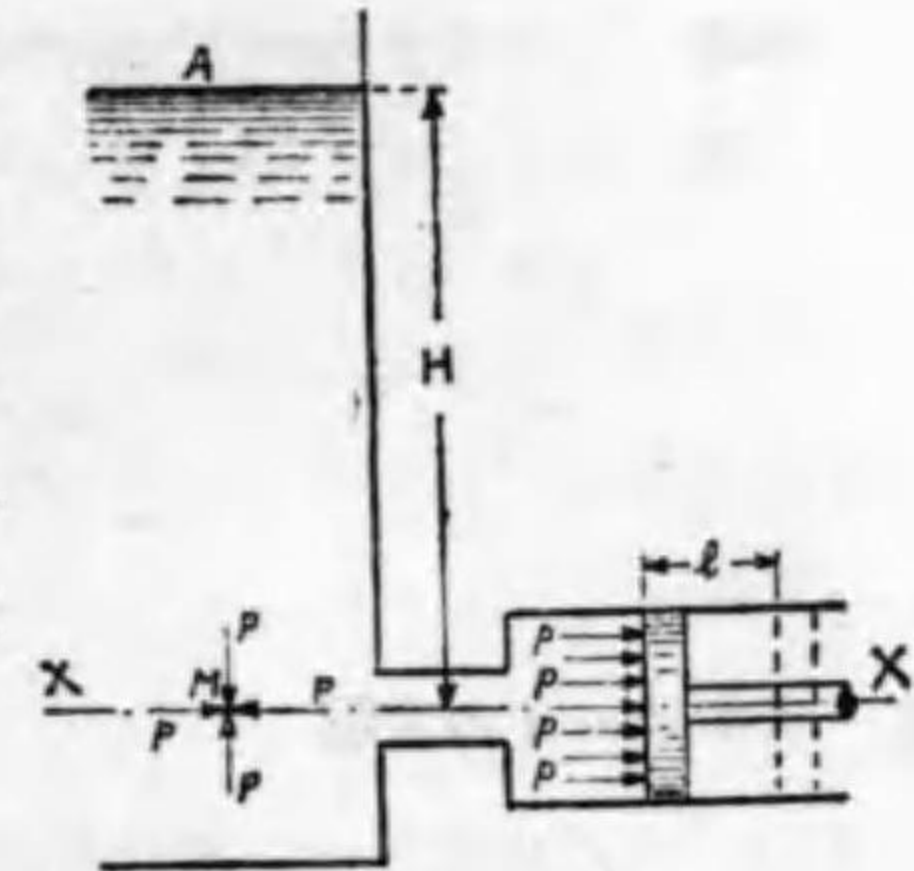
$$\gamma QH \div \gamma Q = H$$

以上から、 $H$  は高さであると同時に、上水面の水が下水面に對して、重さ  $1 \text{ kg}$  ごとに保有する位置のエネルギーであることが分ります。

(2) 壓力水頭 第 5 圖において、 $XX$

第 5 圖

を基準にとれば、 $A$  點の水は位置水頭  $Hm$  のみを保有します。 $M$  點の水は高さは零ですが、壓力は  $p = \gamma H$ 、或は  $\frac{p}{\gamma} = Hm$  だけの壓力を持つてゐます。いまこの水が面積  $a$  のピストンを  $l$  だけ押し進めたとすれば



$$\text{水が爲した仕事} = pal = \gamma a l H \text{ kgm}$$

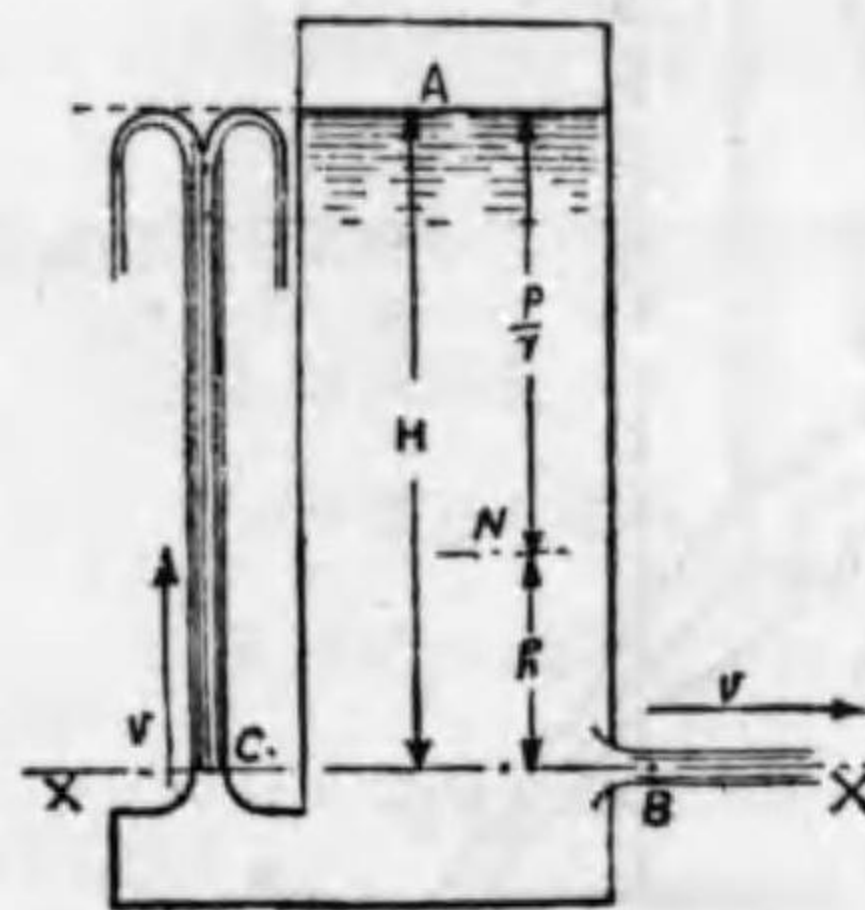
$$\text{仕事に要した水の重さ} = \gamma a l \text{ kg}$$

以上から  $XX$  面上の水が、 $1 \text{ kg}$  ごとに保有する壓力のエネルギーは

$$\frac{\gamma a l H}{\gamma a l} = H = \frac{p}{\gamma} m$$

であつて、 $\frac{p}{\gamma}$  を壓力水頭といふのです。

第 6 圖



(3) 速度水頭 第 6 圖の  $XX$  を基準とすれば、 $A$  點の水は位置水頭  $H$  を、 $N$  點の水は壓力水頭と位置水頭即  $\frac{p}{\gamma} + h = H$  を保有します。 $B$  及び  $C$  點の水は、高さ壓力ともに零で速度だけがあります。またこの噴水が保有する運動のエネルギーは、 $1 \text{ kg}$  ごとに  $\frac{v^2}{2g}$  です。水の噴出に際して、エネルギーの損失が少しもないならば

$$H = \frac{v^2}{2g} m \dots\dots\dots(3)$$



となるべきであり、*h* 點の噴水は水面に一致するところまで昇るはずで  
す。このやうに 1 kg の水が、速度として保有するエネルギーを速度水  
頭と呼ぶのであります。

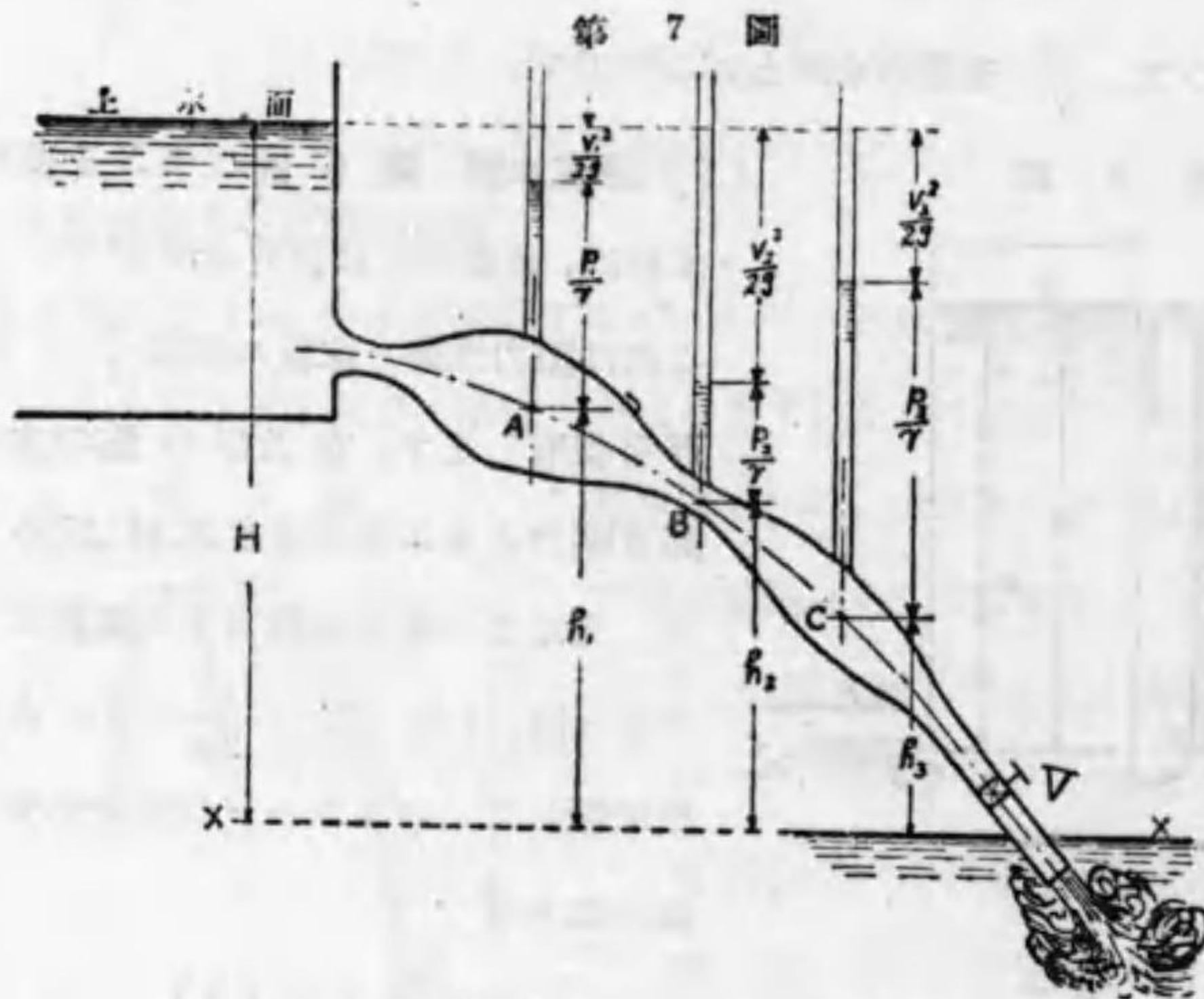
〔例題〕 水壓 5 kg/cm<sup>2</sup> の流水が保有する壓力水頭を求めよ。

〔解〕 流水においても、壓力に相當する水柱の高さ、或は流水が保有する壓力水  
頭はつねに  $\frac{p}{\gamma}$  に等しいから

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{5 \times 100^2}{1000} = 50 \text{ m}$$

3. ベルヌーイの定理

水は、その流動中に、順次その位置を變へると同時に、速度及び壓力が次  
第に移り變つてゆくけれども、流動中に他からエネルギーの影響を受けるこ  
とがなければ、その水の保有するエネルギーの總量は、流水のすべての位置  
で常に一定であるべき道理であります。



第 7 圖

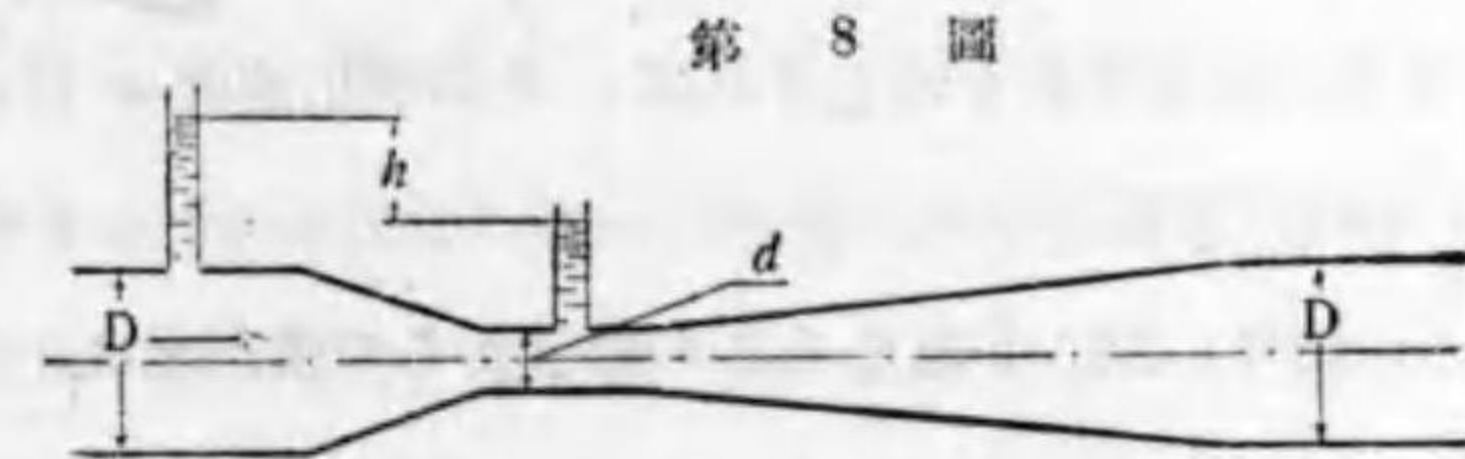
たとへば、いま第 7 圖において、まづ弁 *V* が閉ぢられて居れば *ABC*  
三點に立てた液柱壓力計 (Piezometer) の水面は、ともに上水面に一致し、  
*ABC* 三點の水は、夫々壓力水頭と位置水頭とを所有する事になります。つ  
ぎに *V* を開いて水を流動させると、*ABC* の各點の水は夫々斷面積に應じた  
速度で流れ、液柱壓力計の水面は、上水面から速度水頭だけ下降します。

このやうに、流水が流動の途中において、他のものとの間にエネルギーの  
供給がないかぎりには、各點における三態の水頭の總和は一定であります。こ  
の定理をベルヌーイの定理 (Bernoulli's theorem) といひます。即ちこれを  
式に表はせば

$$h + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = H \dots\dots\dots (4)$$

4. ベンチュリー計

ベンチュリー計 (Venturimeter) は、ベルヌーイの定理を應用して、管中  
を流れる水の流量を比較的正確に測定し得るものです。



第 8 圖

次には理論を省略して計算式の結果のみを掲げます。

- Q* = 流量 m<sup>3</sup>/s
- D, d* = 斷面の直径 m
- h* = 指示水頭差 m
- C* = 流量係數 ≈ 0.97~0.99 (流量係數は次節噴水参照)

$$Q = C \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{m^2 - 1}} \dots\dots\dots (5)$$

$$m = \left( \frac{D}{d} \right)^2$$



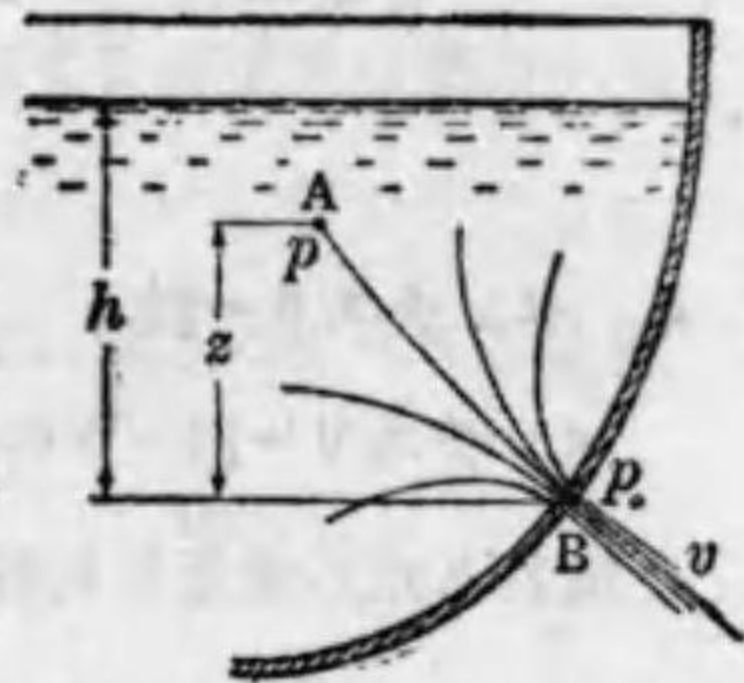
【例題】 990 mm のベンチュリー計がある。喉の直径は 350 mm であると云ふ。水銀壓力計の示差  $h$  が 950 mm の時、流量は何程か。但し流量係数  $C=0.98$  とする。

$$h = \frac{13.6 \times 95}{100} \times 10 = 12.9 \text{ m}$$

$$m^2 = \left( \frac{0.99}{0.35} \right)^2 = 8$$

$$Q = 0.98 \times \frac{\pi}{4} \times 0.99^2 \times \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 12.9}{8^2 - 1}} = 1.51 \text{ m}^3/\text{sec}$$

第 9 圖



5. 噴 水

水槽の底または側面につくつた孔 (Orifice) から水が大氣中に噴出する際には、無数の流線が孔に向つて集中します。その中いづれか 1 本の流線を第 9 圖のごとく AB とし、流れは A に始まり、B において孔を通過するものとすれば、その噴出速度  $v$  は、理論上

$$v = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (6)$$

より求められる。即ち、深さ  $h$  なるところの孔からの噴出水は、この速度で噴出します。

つぎに噴出孔の面積を  $a$  とすれば、單位時間に噴出する水の容積は  $av$  にひとしい。故にこれを  $Q$  で表はせば

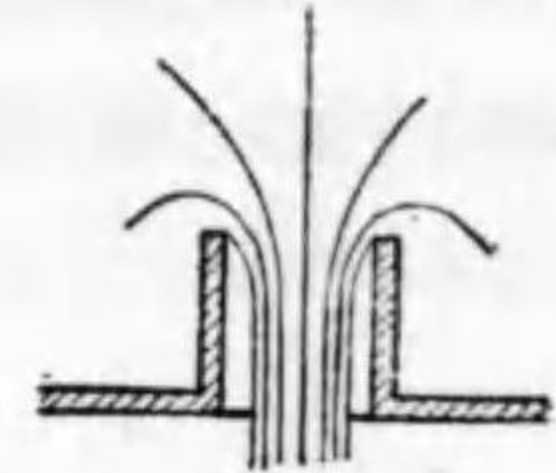
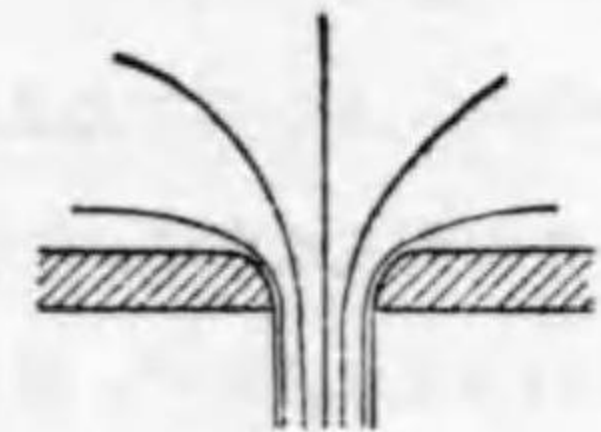
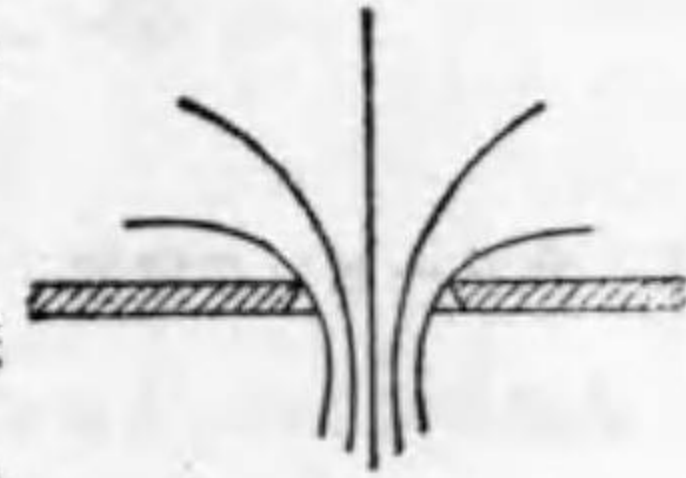
$$Q = av = a\sqrt{2gh}$$

これは水の噴出に對して、すこしも抵抗を考へない場合のことですが、實際には流線相互間の摩擦の抵抗や、噴水に働く空氣の抵抗などがあつて、噴出する容積は  $a\sqrt{2gh}$  よりも常に少い。そこで、これを實際の量に一致させるために、 $C$  といふある係数を乘じて、つぎの公式で表はします。

$$Q = Ca\sqrt{2gh} \dots\dots\dots (7)$$

この  $C$  を流量係数といつて、これはつねに 1 よりも小なる値で、實驗によつて定むべきものですが、大體は第 10 圖のやうに、孔の縁が双先のやうに尖つてゐれば  $C=0.6$  (上)、それが丸形であれば  $C=0.97$  (中)、孔が内方に突入して縁が尖つてゐれば  $C=0.5$  (下) とされてゐます。

第 10 圖



6. 堰よりの流れ

水面が孔の上側より低きところにある場合、これを堰 (Weir) といひ、専ら流量の少い小川の水量を計測するのに用ひられます。

いま  $Q$  = 流量  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $B$  = 堰の巾  $m$

$H$  = 堰を越す水の高さ  $m$ ,  $C$  = 流量係数とすれば

$$Q = \frac{2}{3} C\sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (8)$$

割合小なる流量を測るには、二等邊三角形の堰を用ひます。

いま頂角 90 度の場合、堰を越す水の高さを  $H m$  (但  $H < 5 \text{ cm}$  の場合) とすると、流量  $Q$  の略算式は

$$Q = 1.40 H^{\frac{5}{4}}$$

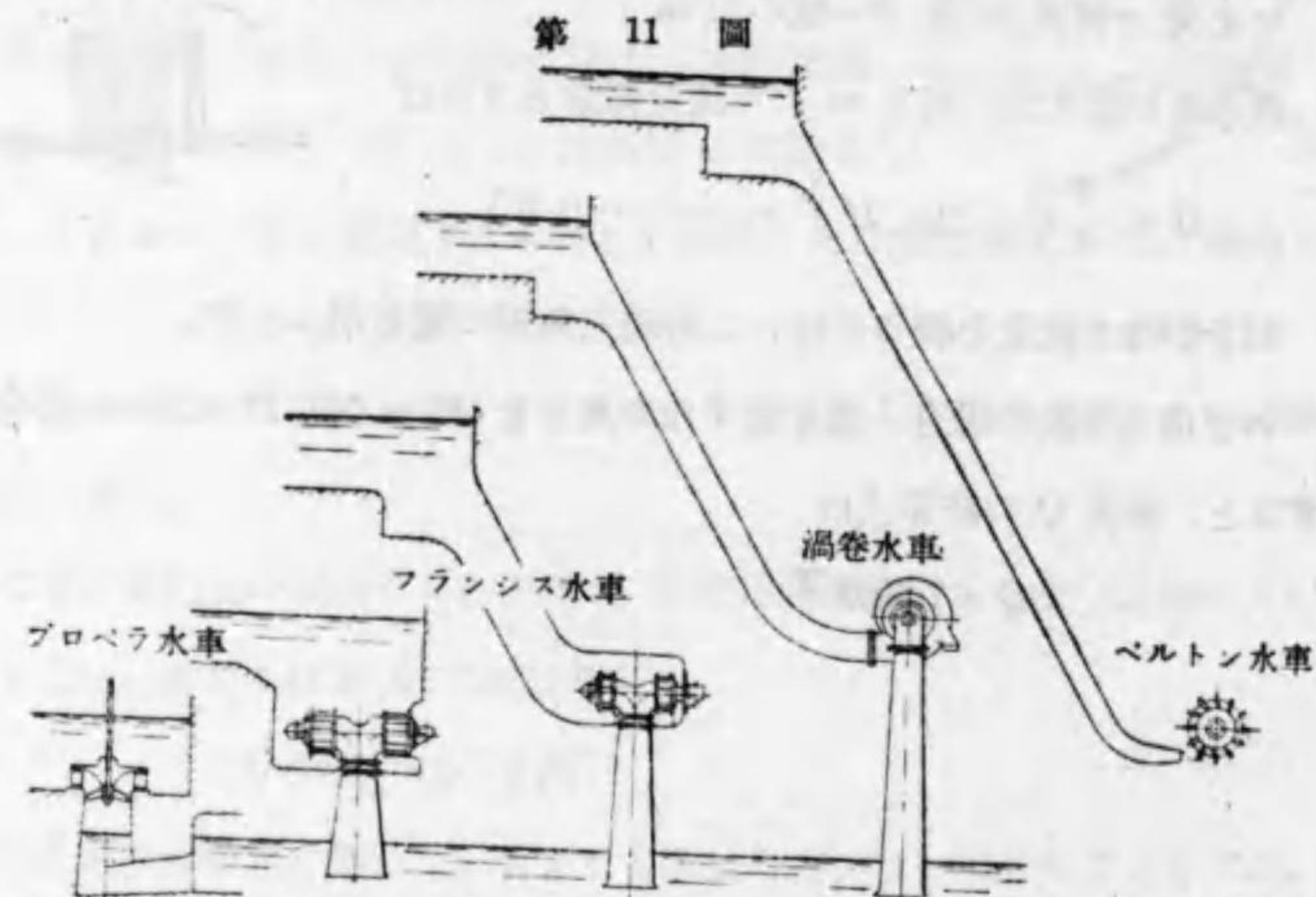


## 第二章 水タービン

## 1. 水タービンの發達

水車は流水のエネルギーを機械力に換へるものです。これには二つあつてその回轉が主として水に働く重力によるものは所謂舊式水車で、水の衝動力又は反動力を利用して動力を發生します。この原動機を水タービン<sup>(4)</sup> (Water turbine) といつてゐます。

この舊式水車は、古くから製粉や製材、または灌漑に用ひられて來ました。その方法は簡單で、便利なものであるから、今日でも用ひられてゐるわけです。ところが、電力の使用が盛んになるにつれて、發電機の運轉用として、水タービンの研究が益々盛んになつたのです。即ち山間地方で得た動力を一旦電力に變へ、銅の架空線で都會地へ輸送するやうになつたのであります。



水タービンは、發電機の發達と共に興つて以來、今日までに多くの發明がありますが、現在使用されてゐるのは三種類で、中でも廣く用ひられてゐるのはフランシス水車であつて、200 m 以上の高落差にはベルトン水車があり、ま

た 10 m 以下の低落差にはプロペラ水車が用ひられてゐます。

このベルトン水車は、水の衝動力を利用し、フランシス水車と、プロペラ水車は、水の反動力及び衝動力を利用したものです。

## 2. 水力の要素

水タービンの利用し得る動力といふものは、水の流量と、落差によつて定まるものであります。

いま流量  $Q \text{ m}^3/\text{s}$  の水が、高さ  $H \text{ m}$  の處から流れ落ちる時、水タービンに與へる動力を  $N_w \text{ HP}$ 、及び水の單位重量を  $\gamma$  とすれば

$$N_w = \frac{\gamma QH}{75} = 13.3 QH \dots \dots \dots (9)$$

茲に  $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

$N_w$  は水タービン内の損失を考へないもので、これを水馬力 (Water horse power) といふ。即ち、水が動力をもつてゐるためには、落差と流量とが必要であつて、水馬力はその積に比例する。そこで、 $H$  と  $Q$  を水力の二要素といつてゐます。

これは自然界の水力の大きさですが、實際には水がタービン内を流れる時の衝撃、過流、漏洩とかで、種々な損失があります。そこで、水車の出し得る正味馬力 (Brake horse power) を  $N_b$  とすれば

$$N_b = \eta N_w \dots \dots \dots (10)$$

となる。 $\eta$  を水タービンの効率といつて、現今 75~92% の範圍にあります。

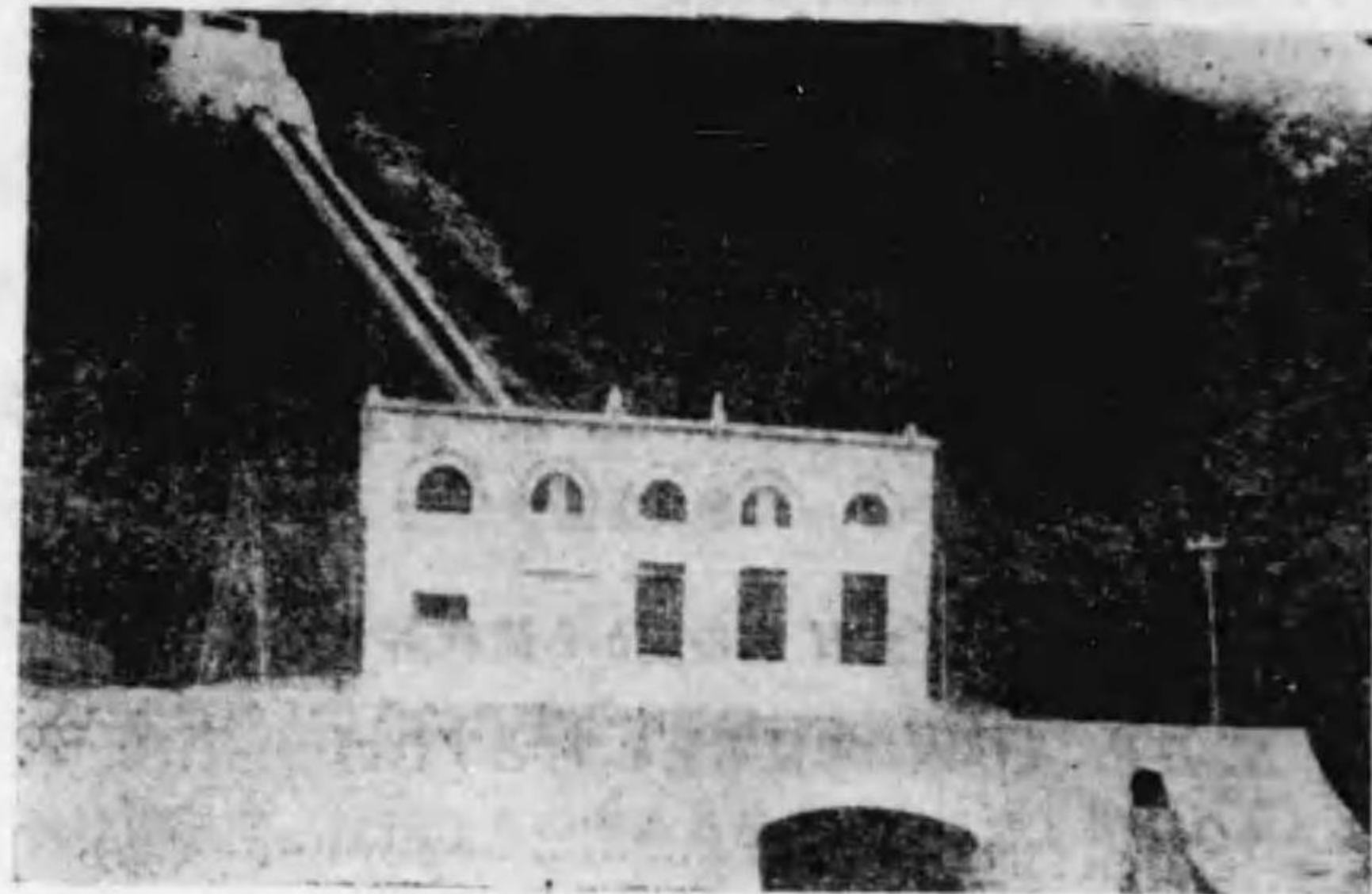
## 3. 水力發電所の装置

水力發電所は、落差の高低に應じて、高落差發電所と、低落差發電所に分れてゐます。即ちタービンの装置は、落差  $H \text{ m}$  の處に、流量  $Q \text{ m}^3/\text{s}$  の水を流し、そこへタービンを備へつけばよいのですが、土地の状況によつて、流れも千差萬別であるから、それに適合するために人工的な施設も亦多種多



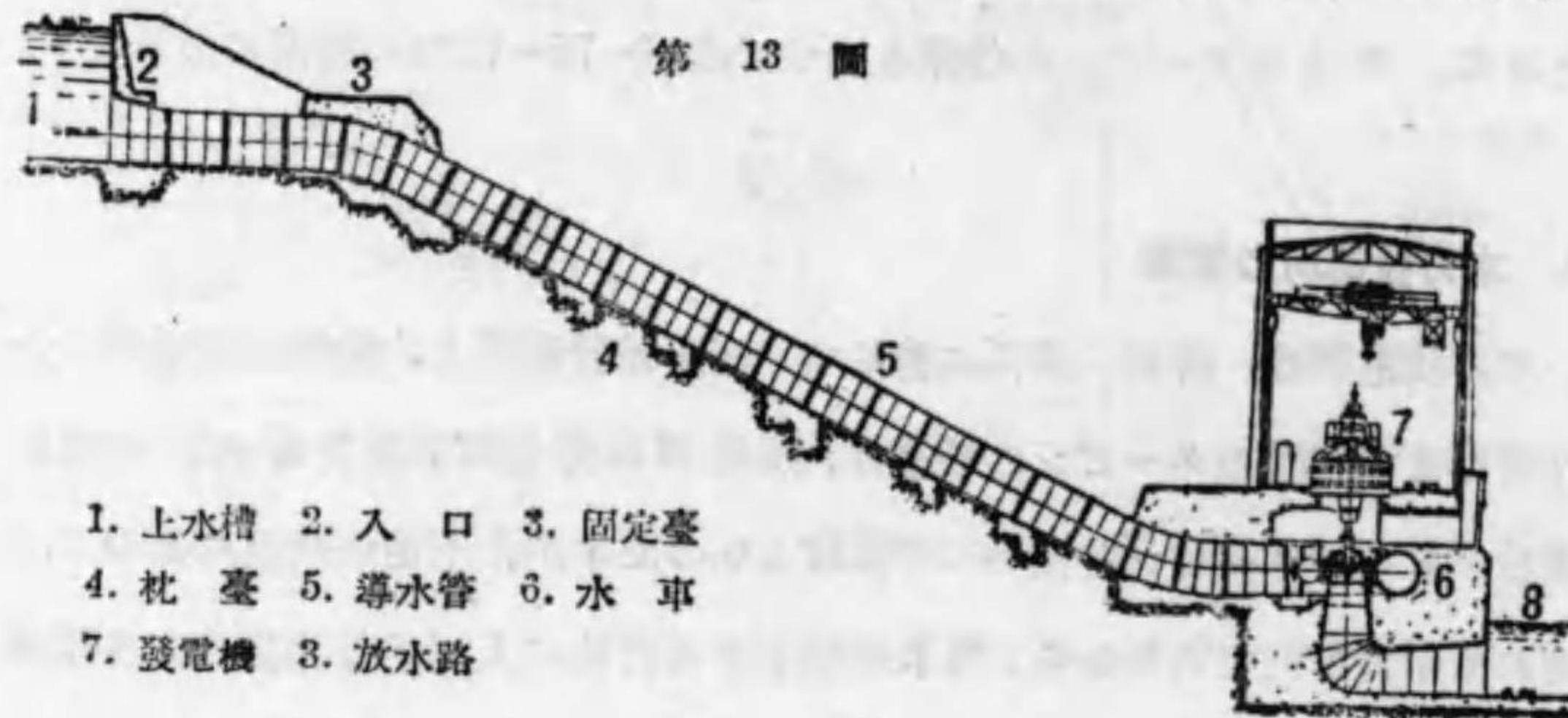
様になるわけです。だが、一般にはつぎのやうな設備になつてゐます。

第 12 圖



- (1) 堰堤 溪谷を横斷して築いた堤で、溪川を堰き止めて水面を高め、そこより上流の方を貯水池にするのです。
- (2) 導水路 堰堤から発電所のすぐ上まで、水を導いて來る水路です。
- (3) 上水槽 発電所のすぐ上にある水槽のことで、こゝに餘水路をつけて餘つた水を逃がすのです。
- (4) 導水管 上水槽と水力タービンを連結する水壓鐵管です。
- (5) 發電所 こゝには水力タービンや、發電機や、變壓器が設けられてゐる。
- (6) 放送路 水力タービンから出た水を本流に放つ水路の事でありませう。

第 13 圖

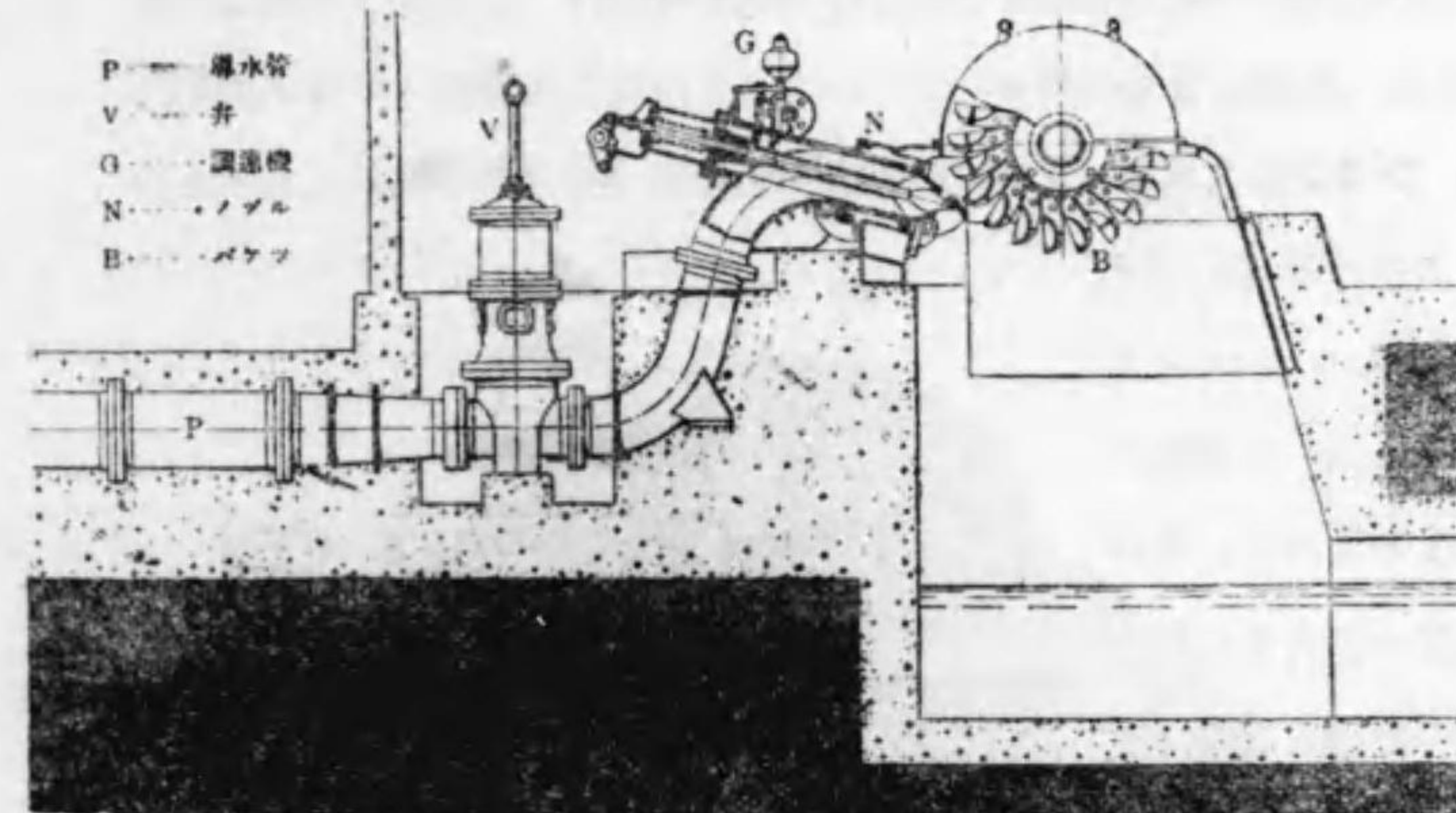


- 1. 上水槽 2. 入口 3. 固定臺
- 4. 枕臺 5. 導水管 6. 水車
- 7. 發電機 8. 放水路

4. ペルトン水車 (Pelton wheel)

第 14 圖の水車は、アメリカ人ペルトン (Pelton) の考案に成るもので、一般に高落差にして水量の少ない場合に適し、今日盛んに用ゐられてゐます。

第 14 圖



ペルトン水車の主要部分は、ノズル (Nozzle) とバケツ (Bucket) です。ノズルは導水管で導かれた水をバケツに噴射する作用を掌るもので、材料は主に砲金で、また特殊銅でも作られる。

バケツは、楕圓形の椀を二つ並べたやうな形状で、中央の水切り (Splitter) で、噴水を二分する。またバケツの内部は、よく研いてあつて、摩擦損失を少くするやうになつてゐます。バケツの個数は、多くても少くてもいけないので、回轉速度を考へて定める。材料は、鑄鋼または砲金を用ゐてゐます。

第 15 圖





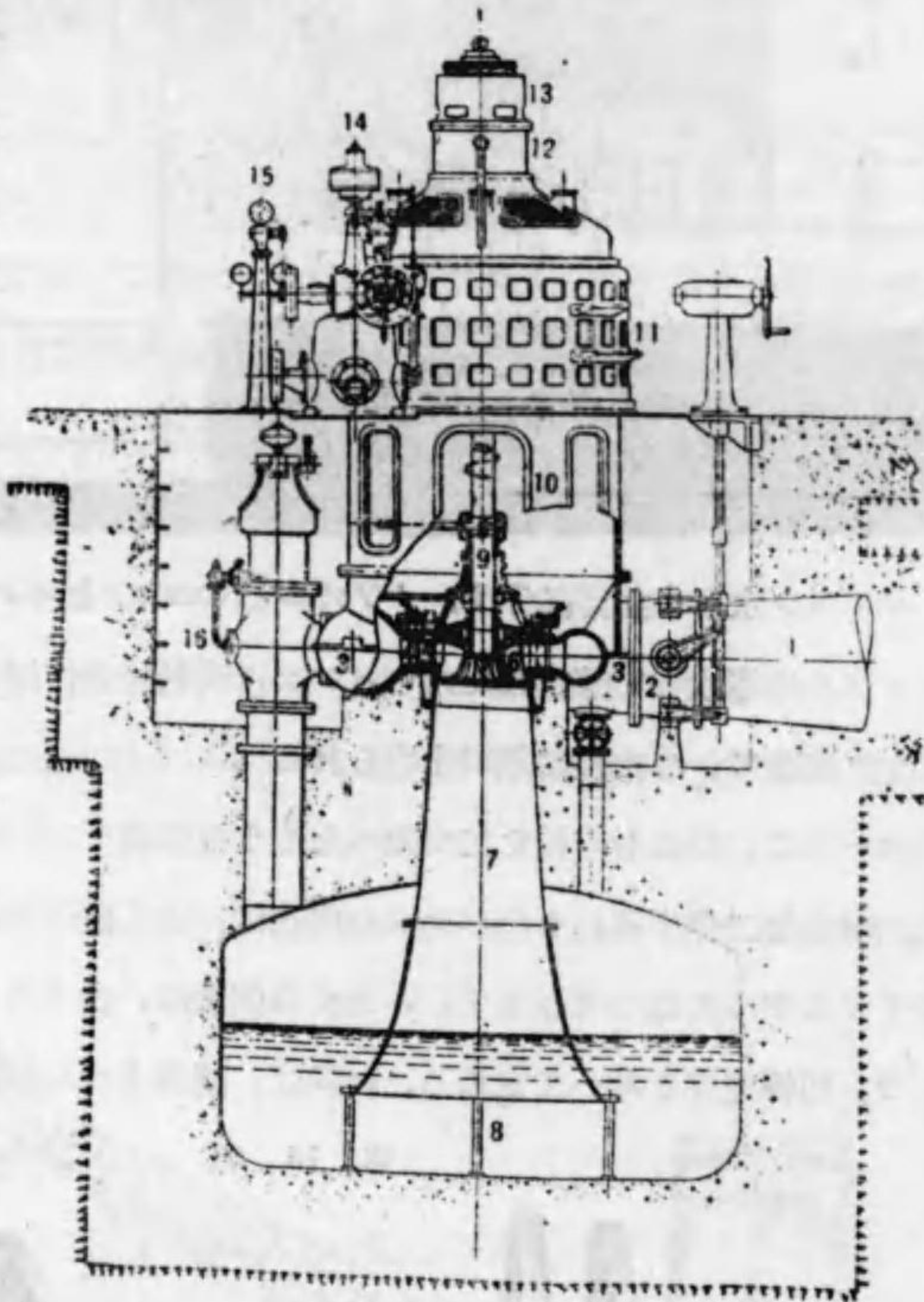
このペルトン水車のやうに、高速の噴水を羽根車に吹きつけて動力を発生する水車を衝動水車といふ。なほペルトン水車の特徴はつぎの通りです。

- イ. 高落差、小水量の場合に適す。
- ロ. 構造簡單にしてバケツの取替や修理が簡單です。
- ハ. 専ら水の有するエネルギーを利用する。

5. フランシス水車 (Francis turbine) 第 16 圖

この水車は、アメリカ人フランシス (Francis) の發明にかゝるもので、その後益々改良されて今日の形態となつたものです。反動タービンの一種で、低落差にして水量の豊富なる場合に廣く用ゐられてゐます。

その要部は、案内羽根 (Guide vane)、羽根車 (Runner) 及び吸出管 (Draft tube) などから成り、水は案内羽根から内向きに羽根車内に導かれ、車内で漸次そ



- 1. 導水管 2. 制水弁 3. 渦形室 4. スピード・リング
- 5. 案内羽根 6. 羽根車 7. 吸出管 8. 放水路 9. 水車軸
- 10. ベーレル(臺筒) 11. 發電機 12. スラスト軸受
- 13. 勵磁機 14. 調速機 15. 回轉計 16. 調壓機

の方向を下向きに變へ、吸出管へは軸方向に流下して、放出面に吐き出されるのです。構造作用をいへば

- (1) 案内羽根 これは羽根車の外周に規則正しく配列固定されており、水に必要な方向を與へると共に、それ自身の向を變へる事によつて、水の方向と通路を變更し、羽根車に流入する水量を加減する。その開閉は、調速機によつて自動的に調整されるのです。羽根の材質は鑄鋼、特殊合金または工具鋼で作られ、個數には制限がありません。

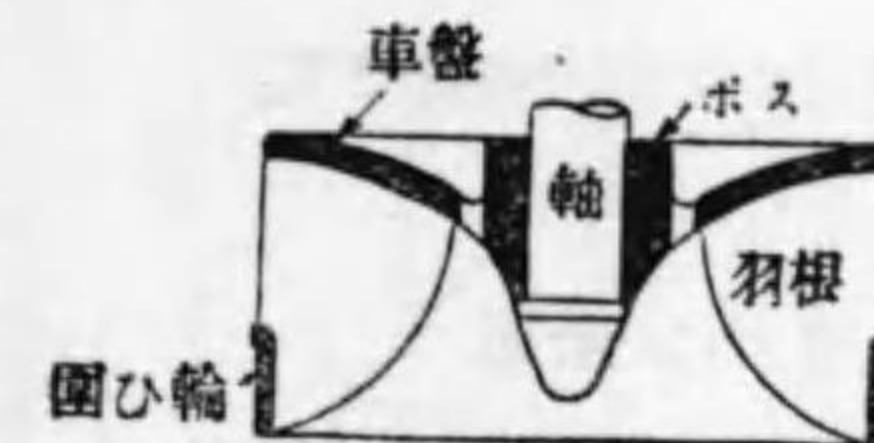
第 17 圖



- (2) 羽根車 羽根車は流水の水頭を吸収して機械力を發生するのに、最も肝要な部分です。即ち圖のやうに

第 18 圖

車盤 (Crown)、圍ひ輪 (Shroud ring) 及び多くの車羽根 (Runner vane) から成り、流動中の壓力の變化によつて生ずる反動作用によ



つて車軸を回轉させるのです。これを作るには鑄鋼、鑄鐵を用ゐます。

- (3) 吸出管 羽根車から流出した水を外水路まで導く管です。この吸出



管は、蒸汽タービンの復水器に相當する。要するに、フランシス水車の特徴とするところは、豊富なる水量に適し、流れが亂れなく、反動作用が確實である點です。

## 6. プロペラー水車

プロペラー水車 (Propeller turbine) は、フランシス水車が極度に發達變形



第 19 圖

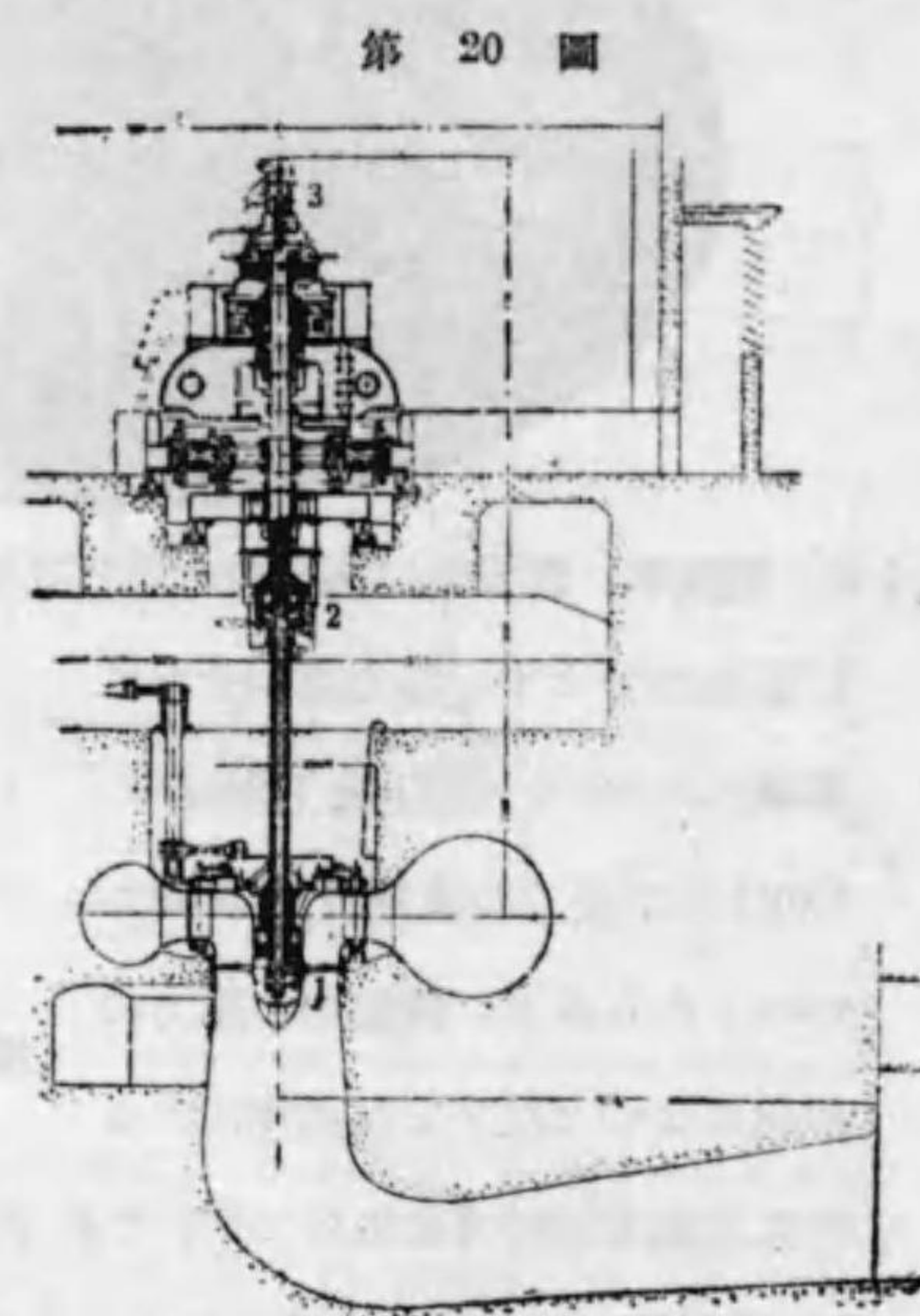
して出來た反動タービンで、型式は羽根車の外觀が、船の螺旋推進器(6)に似てゐるので、普通にプロペラー水車といつてゐるのです。發明は1912年頃で、創案者は歐洲大戰のために明らかでないが、多分チエコスロバキヤのカプラン教授であらうと信ぜられてゐます。

同じ反動タービンではあるが、フランシス水車とは非常に異つてゐて、羽根の数は2~5枚で、丁度船の推進器のやうに水の通過が極めてよい。

このやうな羽根車を、フランシス水車と同じ導羽根を備へた容器に納めたのが特徴です。

## 7. カプラン水車

カプラン水車 (Kaplan turbine) は、前述のカプラン教授の發明で、2~15mの低落差で、



第 20 圖

大流量を消化し、相當の回轉數のもとに、大馬力を出す場合には、第20圖のやうなカプラン水車を使用します。

これは羽根の轂を中空にし、その中に適當なリンク仕掛を装置し、羽根を別々に造つてこのリンク仕掛に接続し、軸を中空に造つて、その中に細長い丸棒を挿入し、その下端をこのリンク仕掛に、またその上端は調速機に接続するやうになつてゐます。この水車の特徴を挙げればつぎのとほりです。

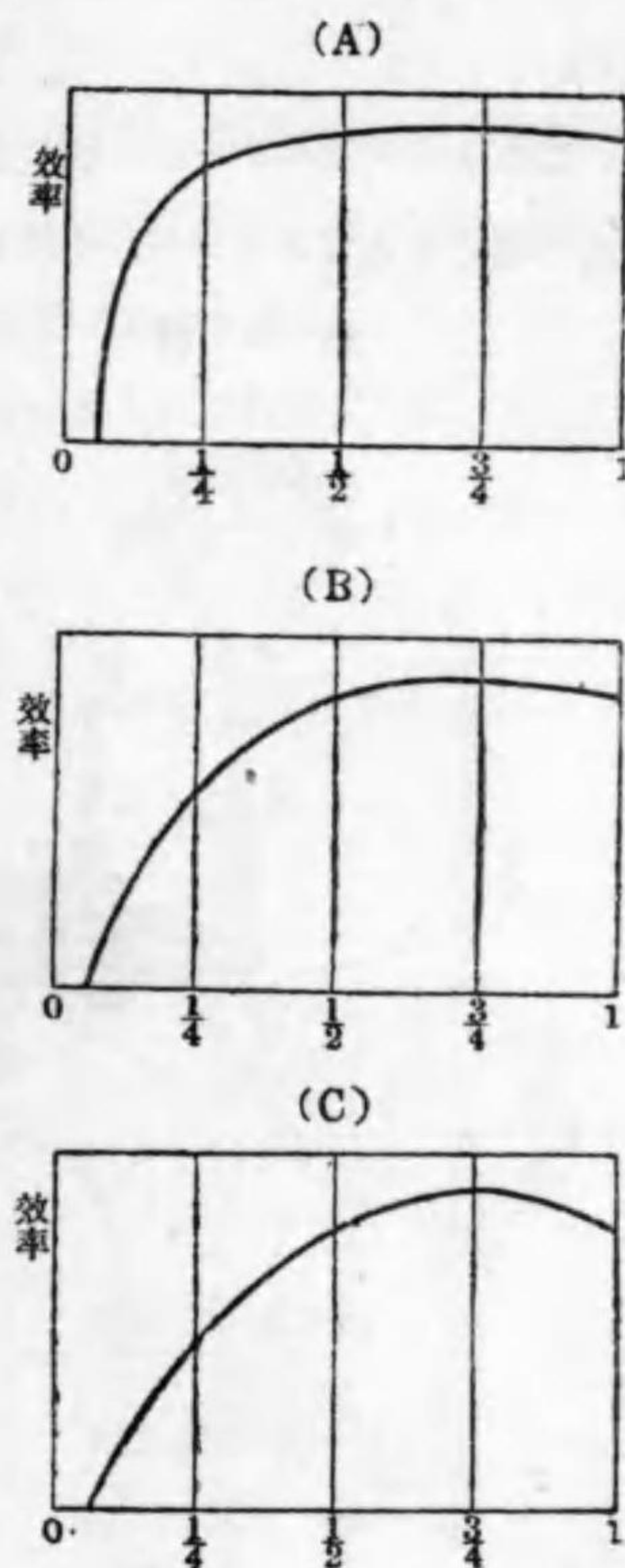
- イ. 羽根車が推進機に似た形になつてゐること
- ロ. 羽根の数が普通4~6枚であること
- ハ. 羽根とボスとは別物で、流量に応じて羽根の傾斜を變へることが出来ること。

## 8. 水車の荷重と効率

水車はすべて流量のある一定量を通る時、効率が最大であるやうに設計され、多くの場合には、荷重が最大荷重の $\frac{3}{4}$ の時に、効率が最大であるやうに造られてゐます。従つて、水車はなるべく効率の高い近くで使用することが大切で、大なる荷重において効率よく造られた水車を小なる荷重に使用することは避けなければなりません。

荷重に對する効率の變化は、ベルトン水車よりもフランシス水車は著しく、フランシス水車よりもプロペラー水車は更に著しい。いま横軸に荷重、縦軸に効率をとつて、荷重對効率の曲線を描くと、第21圖のやうな曲線を得ることが出来ます。

第 21 圖





(A) は、ペルトン水車の曲線で、荷重に対する効率の變化は最も小さい。

(B) は、フランシス水車の曲線で、その變化はやゝ大きい。

(C) は、プロペラー水車の曲線で、その變化は最も大きいものです。

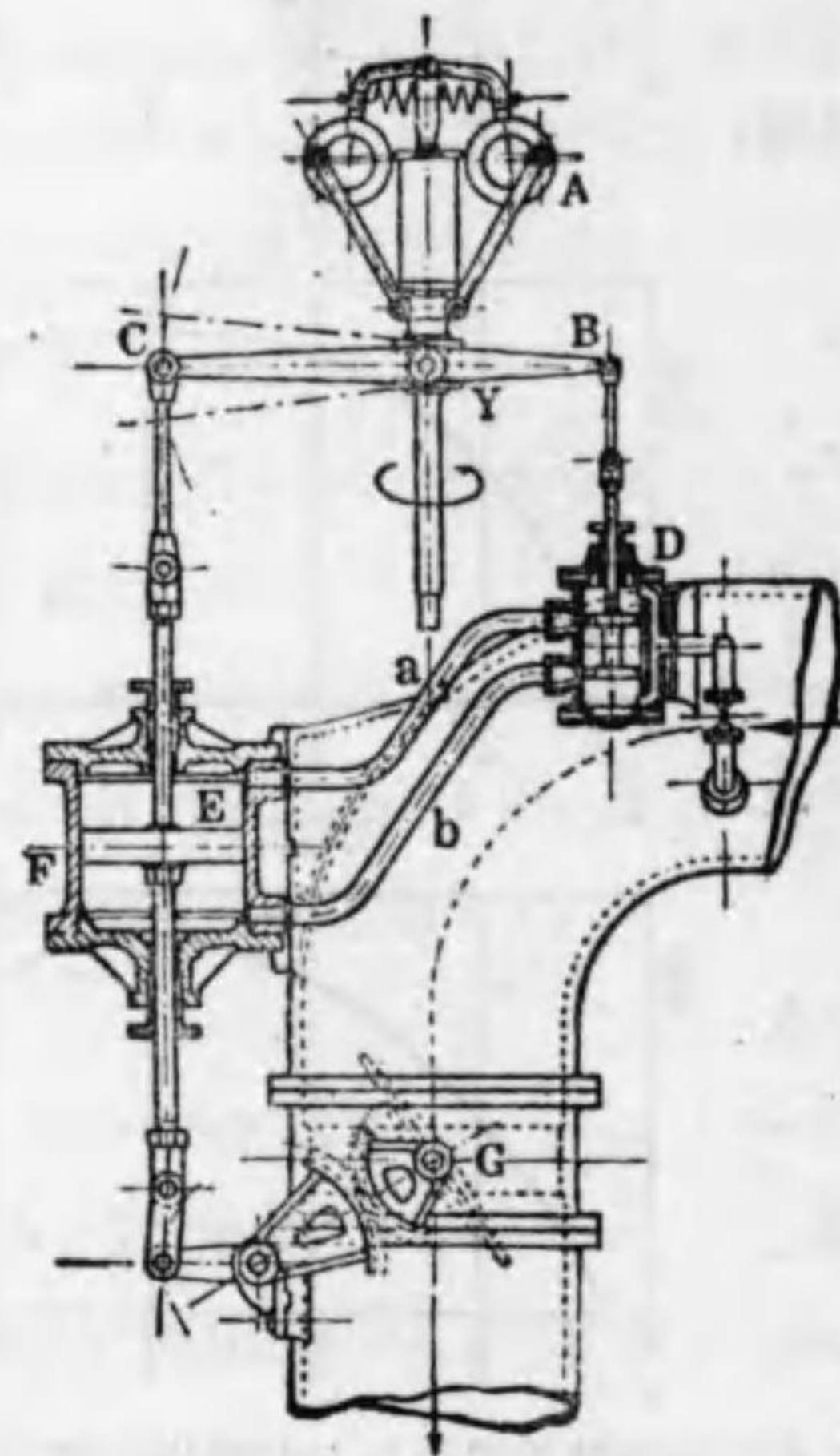
なほ、カプラン水車は (B) のフランシス水車と同じやうです。

### 9. 調 速 機

水車の調速機 (Speed governor) は、蒸汽機關の調速機と違つて、特に大なる力を發生させるためサボ・モーター (Servo motor) がついてをります。

このサボ・モーターは一種の水壓機械で、壓縮された水、又は壓縮された油で運動するピストンと、それを圍むシリンダーとより成り、このピストン

第 22 圖



に水門または導羽根を動かす機構が連結します。

第 22 圖はその 1 例で、A は振子調速機で、水車の軸から調草または歯車で回轉されますから、水車の回轉の變化は、つまり A の回轉の變化です。さて、Y なる環には水平に置かれた挺子 BC が附着し、この挺子の一端 B には配油弁 D が釣り下げられ、他端 C はピストン桿で、サボ・モーターのピストンに接続します。F はシリンダー、E は他のピストン桿で、水門 G に接続するやうになつてゐます。

## 第三章 ポンプ

### 1. ポンプの一般作用

ポンプには必ず 2 種の管が接続します。1 つは吸上管で 1 つは吐出管です。

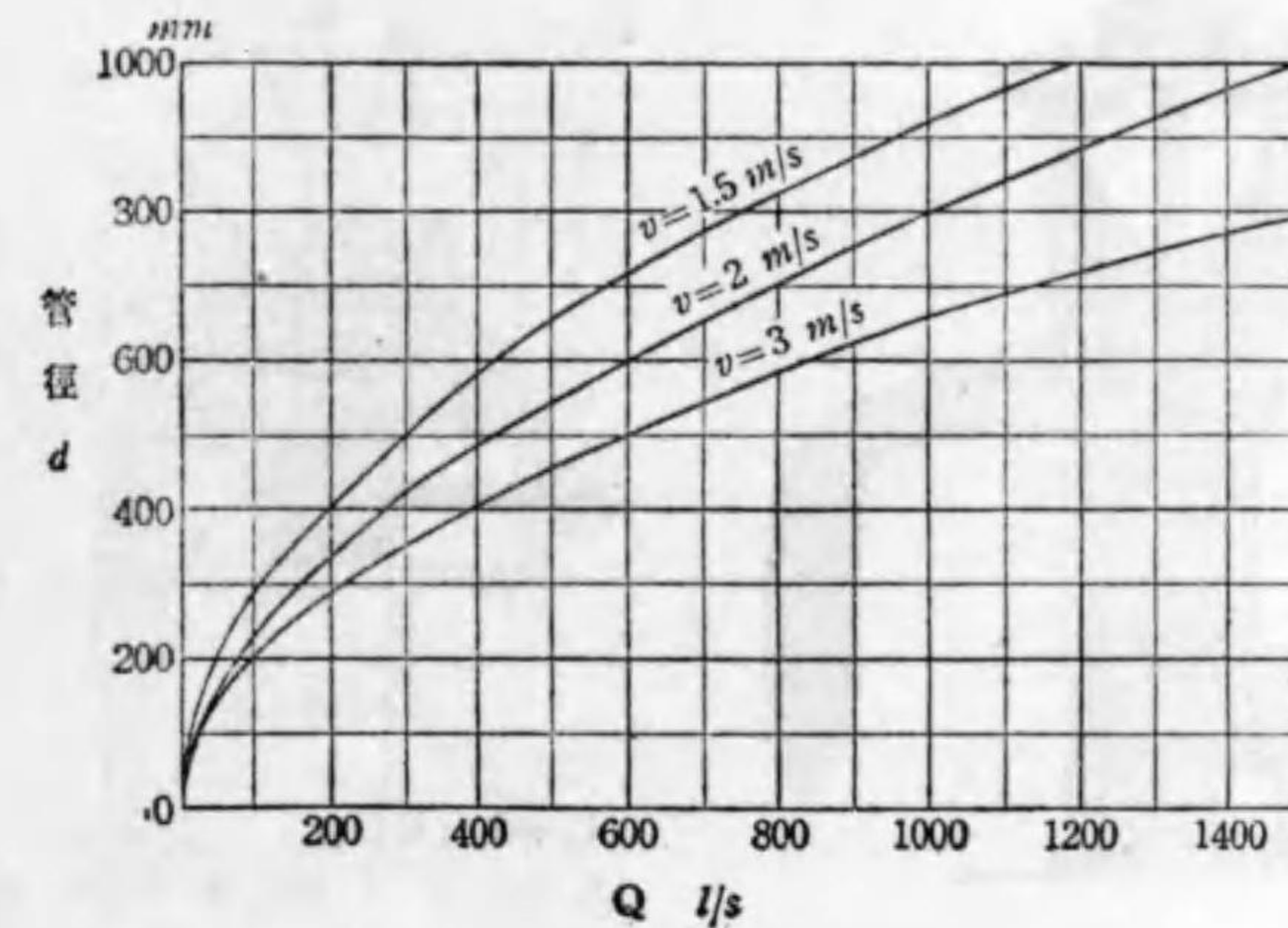
ポンプの大きさは、屢々この吐出管 (Delivery pipe) の直徑を以て表はします。吐出管内の速度は、一般に  $1.5 \sim 3 \text{ m/s}$  で、管徑と水量との關係は、第 23 圖によつて見當をつけることが出來ます。

ポンプの吸上げ得る高さは、約  $10 \text{ m}$  までですが、實際は摩擦損失及び外氣の漏洩などのため  $6 \text{ m}$  位が最も適當で、押上げ高さは、ポンプに十分の強さと動力を與へれば、理論上ほとんど無制限であります。

ポンプの種類は非常に多く、その作用によつて大別すれば、

#### A. 往復ポンプ (Reciprocation pump)

第 23 圖





B. 回轉ポンプ (Rotary pump)

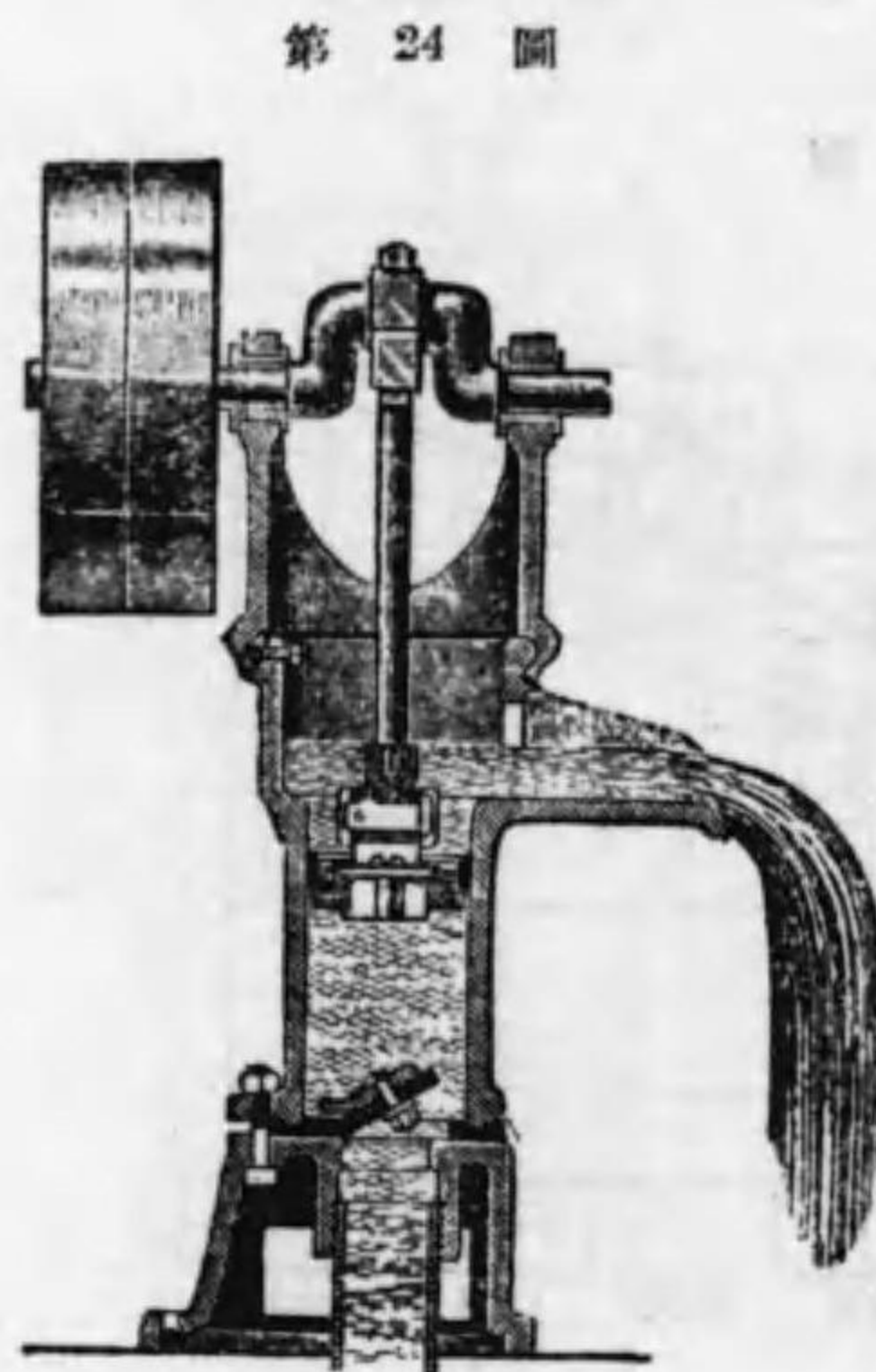
C. 雑ポンプ (Miscellaneous pump)

の三種類に分けることが出来ますが、今日最も廣く用ひられてゐるのは往復ポンプ及び回轉ポンプに屬する渦巻ポンプ (Centrifugal Pump) です。

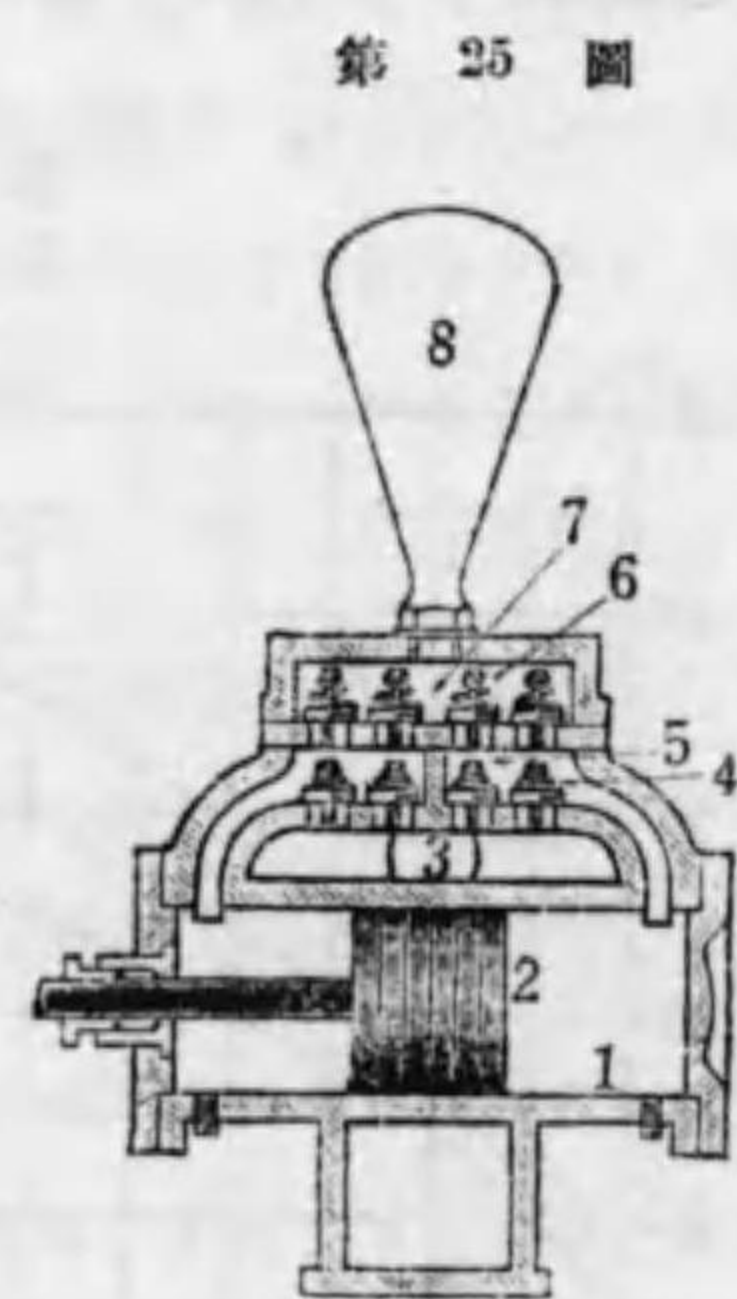
2. 往復ポンプ

往復ポンプ (Reciprocation pump) は、専ら水量少く、粘性に富む液體を吸上げるに用ひられ、人力を以て簡単に揚水を行ふ時に便利です。構造を約めていへば、圓筒形のシリンダーと、これに適合する圓盤形のピストン、または丸棒形のプランヂヤから成り、そのピストンやプランヂヤをシリンダー内に往復させて、水の吸上げや、送り出しをさせるのです。

第 24 圖のバケツト・ポンプ (Bucket pump) は、井戸ポンプのやうな單



第 24 圖

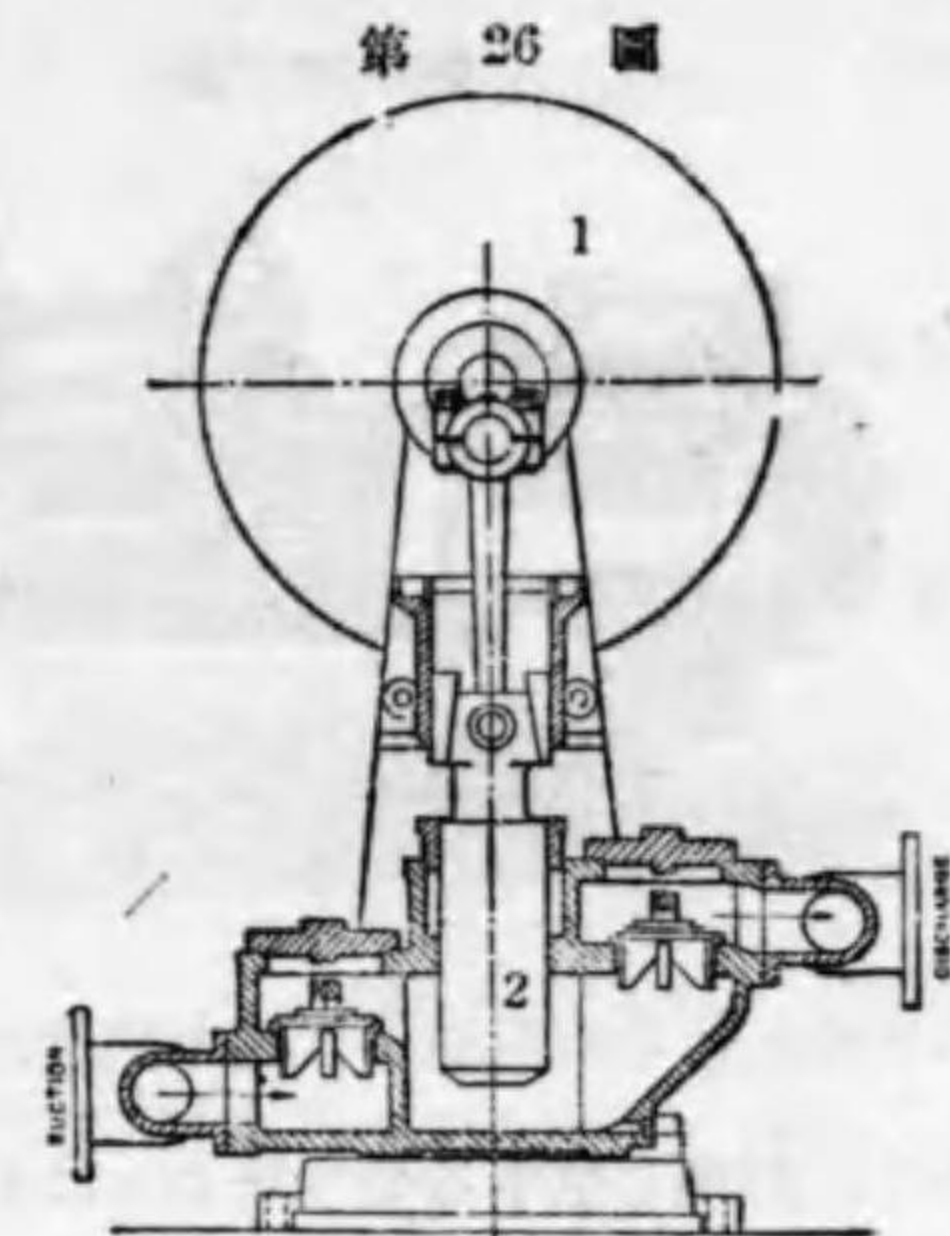


第 25 圖

- 1. 水筒 (又は胴) 2. ピストン
- 3. 吸込口 4. 吸込弁 5. 水室
- 6. 吐出弁 7. 吐出室 8. 空氣室

に揚水の目的にのみ使用され、第 25 圖のピストン・ポンプ (Piston pump)、第 26 圖のプランヂヤ・ポンプ (Plunger pump) は押上げポンプとして使用され、壓力水をつくるのに適してゐます。

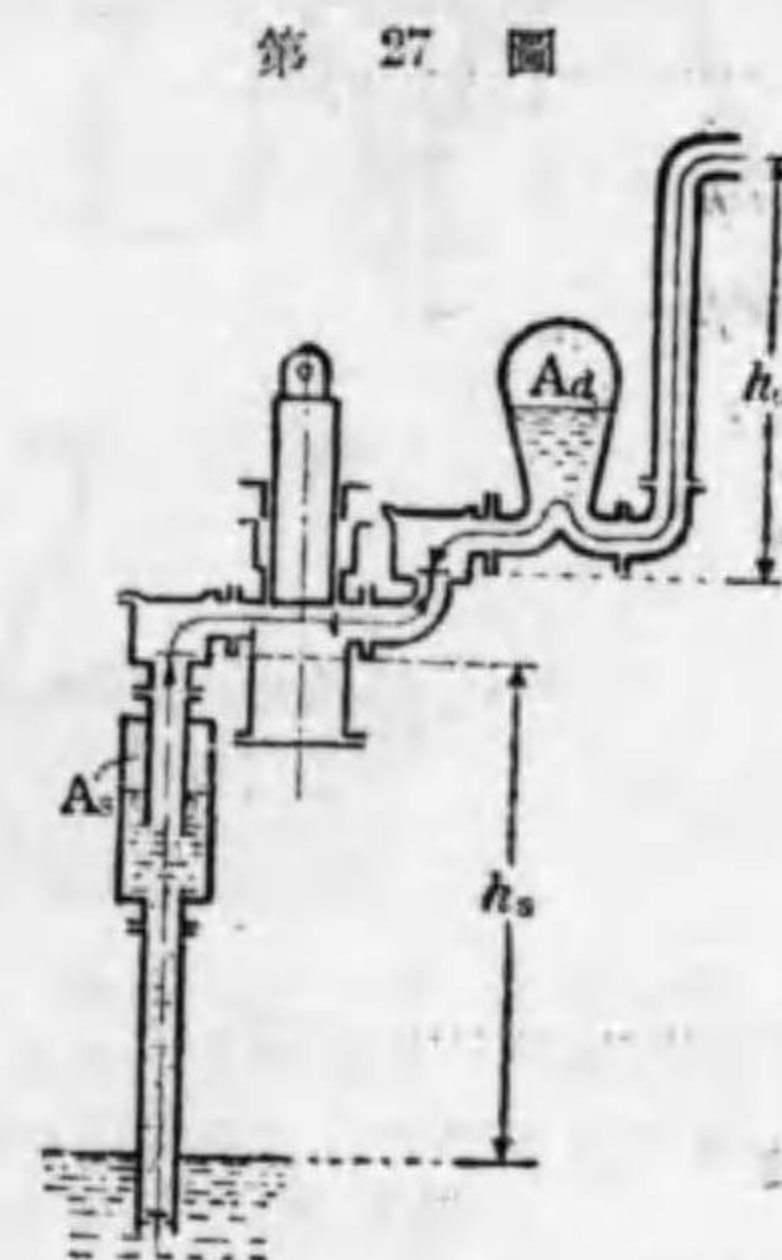
ポンプの運轉は、手動、電動機及び蒸気機關などによつて行はれ、往復體の往復ごとに 1 回吐出するものを單働式 (Single acting type) といひ、1 往復ごとに 2 回吐出するものを複働式 (Double acting type) といつてゐます。



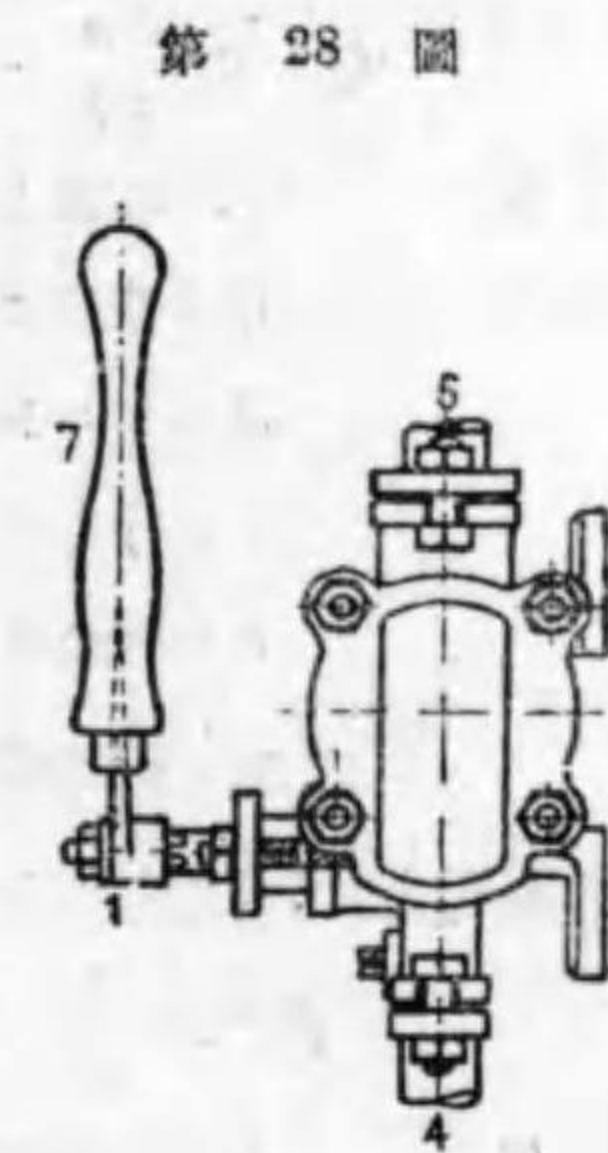
1. 調車 2. プランヂヤ

第 27 圖は空氣室 (Air chamber) で、この  $A_d$  を吐出弁 (Delivery pipe) の入口に設け、運轉中室内の空氣を壓縮して、水を一時溜め置き、水を連続的に吐出させる作用をするものです。

第 28 圖は、家庭に普通用ひられてゐる井戸ポンプの手押ポンプ (Hand pump) の 1 例で、構造は簡單で價格も廉いけれども、その壽命は短い。また



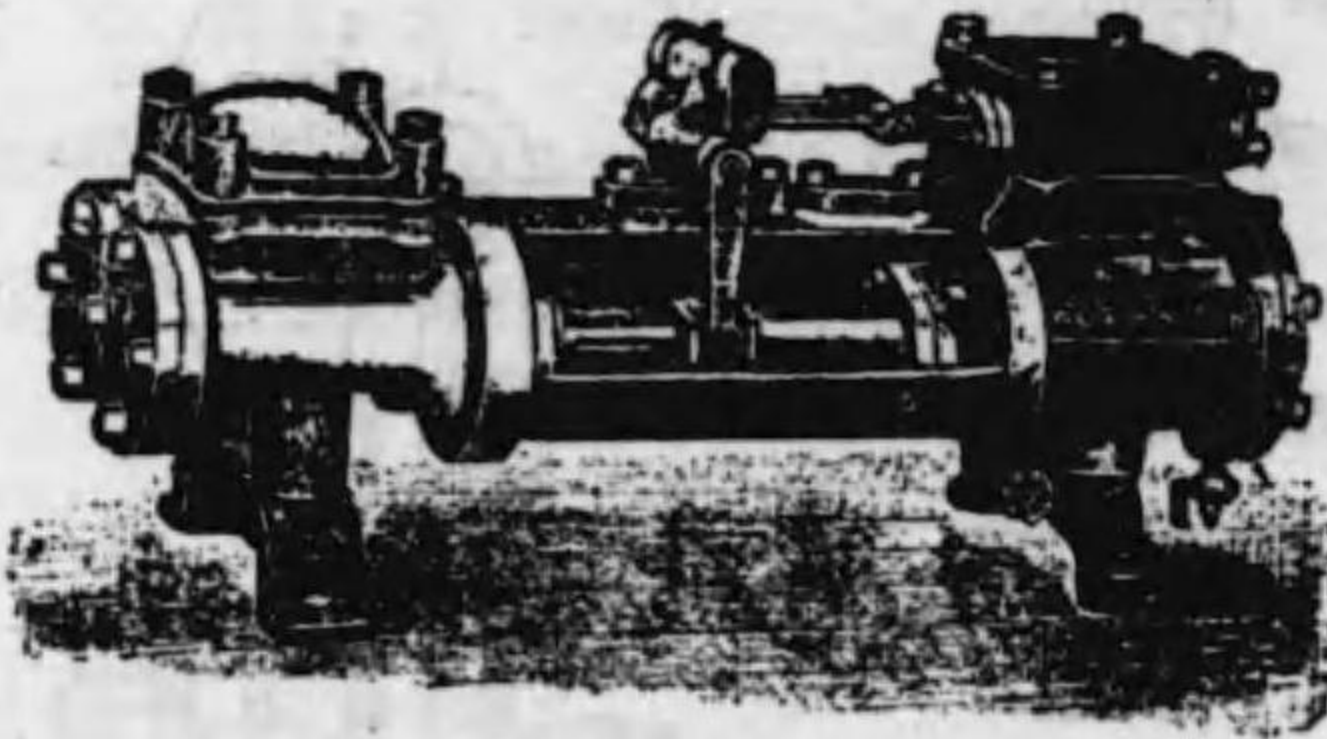
第 27 圖



第 28 圖



第 29 圖



第29圖は往復ポンプと、  
蒸気機関とを連結したも  
ので、ウオシントン・ポ  
ンプ(Worshington pump)  
と呼ばれ、小型蒸気機関  
の給水用として愛用され  
てゐます。これは吐水量

が平均し、その上ポンプ側の抵抗に應じて行程を變へるやうになつてゐます  
から、無理を生ずるやうなことはありません。

總じてこの往復ポンプの良い悪いの特徴を挙げれば、つぎのやうな點です。

- イ. 比較的効率よく、80~90% です。
- ロ. 吐出量少く、調整の面倒な難點もある。
- ハ. 構造は簡單で、始動及び修理は容易である。
- ニ. 材料の強さの許す限り、十分吸込行程を高め得られる。
- ホ. 吐出作用が間歇的だから、機械部分に衝撃を起しやすい。

次に、往復ポンプの吐出水量は、つぎの式によつて求められます。

$$Q = \eta_v \frac{Aln}{60} \dots\dots\dots(11)$$

- 但  $Q_t$  = 理論上の吐出水量  $m^3/s$
- $Q$  = 實際の吐出水量  $m^3/s$
- $A$  = ピストンの有効面積  $m^2$
- $l$  = 行程  $m$
- $n$  = 毎分有効行程數
- $\eta_v$  = 體積効率 =  $\frac{Q}{Q_t}$

また所要馬力は、次式によつて求めます。

$$HP = \frac{1}{\eta} \frac{1,000 QH}{75} \dots\dots\dots(12)$$

- 但  $H$  = 吸水面より揚水面までの高さ  
即ち全揚程  $m$

$Q$  = 實際の吐出水量  $m^3/s$   $\eta$  = ポンプの効率  
(HP) = 所要馬力即ちポンプに與へられる軸馬力

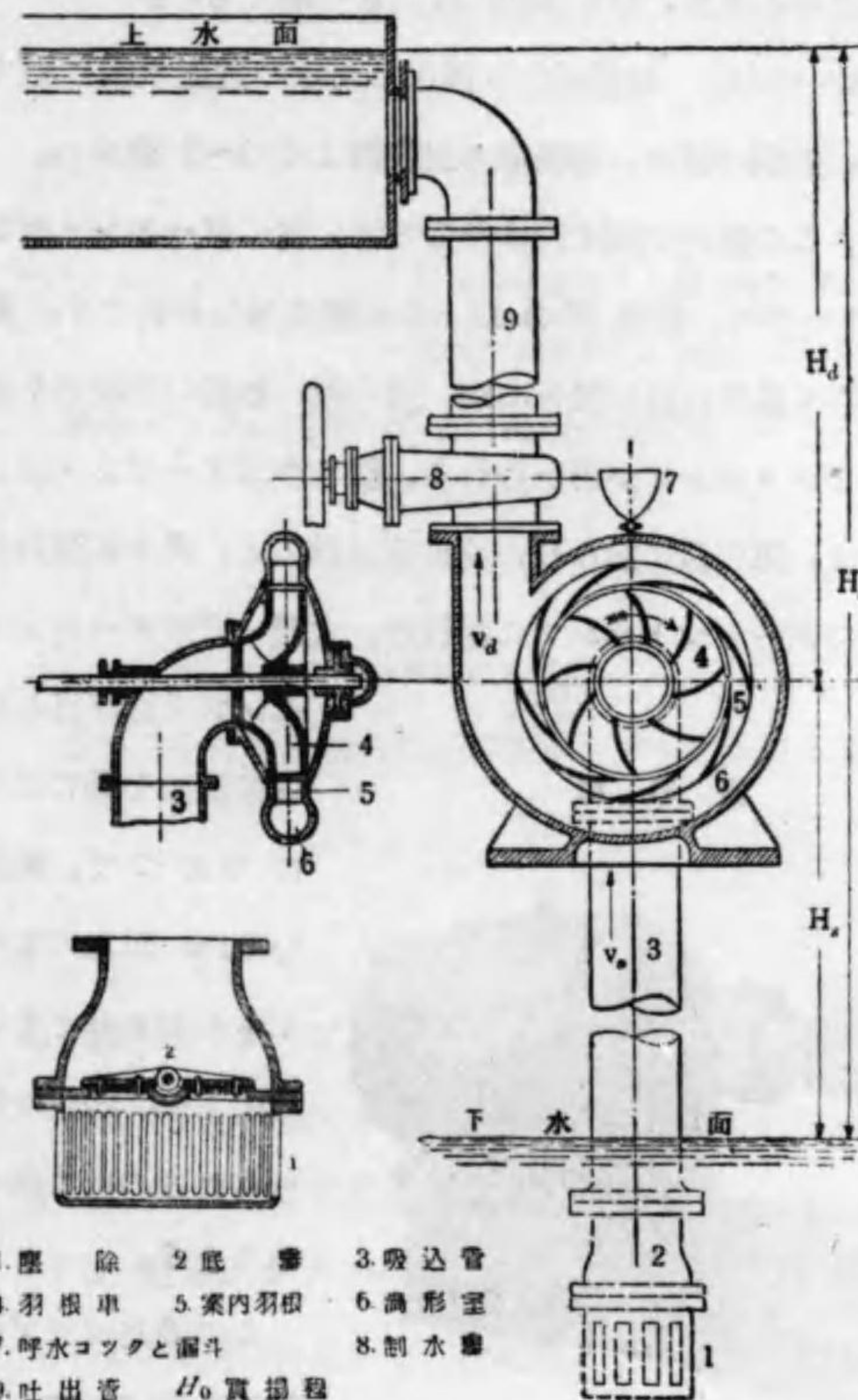
3. 渦巻ポンプ

同轉ポンプ (Rotary pump) には、その回轉體の形によつて色々な種類があるが、渦巻ポンプ (Centrifugal pump) はその1種で、構造はごく簡單であるから場所をとることが少いし、電動機、蒸気タービンに連結して高速回轉が出来るし、また吐

出水も自由に加減することが出来るので、排水、灌漑、上下水道、鑛山、蒸気罐給水、化學工業などあらゆる方面に用ひられてゐます。

第30圖は、渦巻ポンプが揚水する時の全装置を示すもので、この原理は、まづポンプの中に水を充滿し、羽根車を回轉すると、外周部の水壓が高まります。この時、制水弁を開けると、壓力水は吐出管を経て上の水槽に昇りますが、同時に羽根車の中心部は真空と

第 30 圖



- 1. 塵除 2. 底蓋 3. 吸込管
- 4. 羽根車 5. 案内羽根 6. 渦形室
- 7. 呼吸コックと漏斗 8. 制水弁
- 9. 吐出管  $H_0$  實揚程

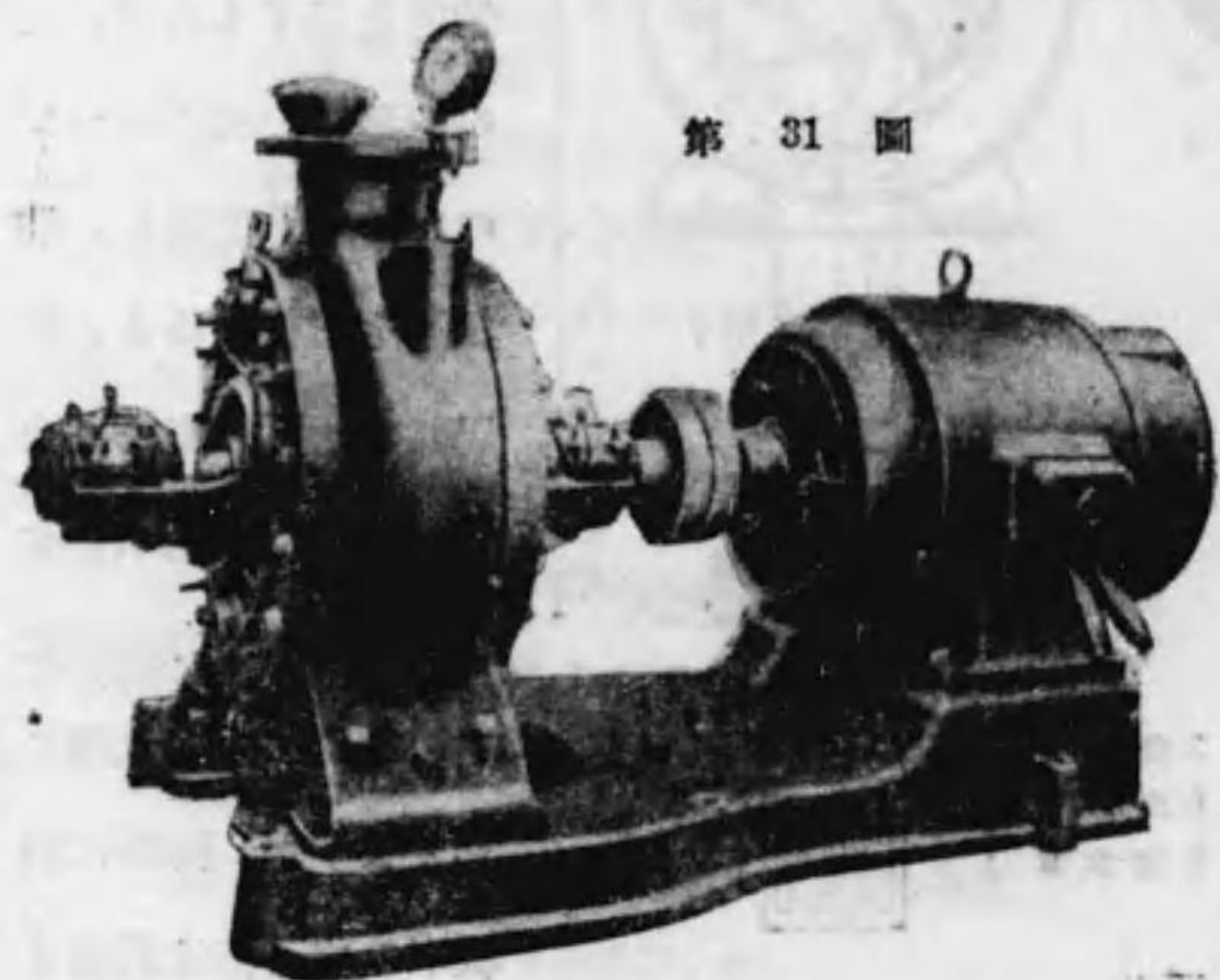


なり、下水面の水は大気圧に押され、吸込管を経て羽根車の中へ吸ひ込まれます。従つて、羽根車を機械力で回轉してゐる間は、たえず揚水することが出来るのであります。

この渦巻ポンプは、つぎの三つが大切なところでは、

- (1) 羽根車 (Impeller) 水に對して壓力水頭と、速度水頭とを與へるもの。羽根の數は、普通 6~8 枚であります。
- (2) 渦巻室 (Spiral casing) 案内羽根から流出した水の速度水頭をある程度壓力水頭に換へると共に、水を経めて吐出管へ導くもの。
- (3) 案内羽根 (Guide vane) 羽根車から流出した水の速度水頭を壓力水頭に變換します。羽根の數は、羽根車の羽根數より 1~2 枚少い。

なほ羽根車の外周に、この案内羽根を設けたものは、特にタービン・ポンプ (Turbine pump) といつて、揚程 20 m 以上の高壓に用ひられます。第 31 圖がそれです。極めて揚程の高い場合には、同一軸に數個の羽根車を取りつけた多段式のタービン・ポンプが用ひられる。即ち多段タービン・ポンプで第一段から出た水は、第二段に送られ、更に第三段にと、次々に壓力が高められるのです。このタービン・ポンプの揚程は、大體一段のタービン・



第 31 圖

ポンプで揚げ得る高さに段數を乗じたものであつて、揚程 1,000 m 以上にも及ぶものがあります。鑛山とか、排水に用ひられるのはこれです。

この渦巻ポンプの特徴を挙げれば、つ

ぎの通りです。

- イ. 小型輕量、構造簡單で廉價なこと。
- ロ. 取扱が容易で、運轉によつて性能が變らない。
- ハ. 比較的効率が低い。(50~60%)
- ニ. 揚水量多き場合に適します。
- ホ. たゞ始動に際して、呼水の面倒があること。

最後に渦巻ポンプの揚程 (Head) はつぎの通り。

$$H = H_s + H_d + Z \dots\dots\dots (13)$$

- 但  $H$  = ポンプの全揚程  $m$
- $H_s$  = ポンプの吸込口に取付けた真空計による壓力水頭 (大氣壓以下)  $m$
- $H_d$  = 吐出口に取付けた壓力計による壓力水頭 (大氣壓以上)  $m$
- $Z$  = 真空計と壓力計とを取付けた場所の垂直距離  $m$

渦巻ポンプの揚程  $H$  と、毎分の回轉數  $N$  との關係は

$$H = \frac{\left(\frac{\pi DN}{60}\right)^2}{2g} \dots\dots\dots (14)$$

但  $D$  = 羽根車の直徑

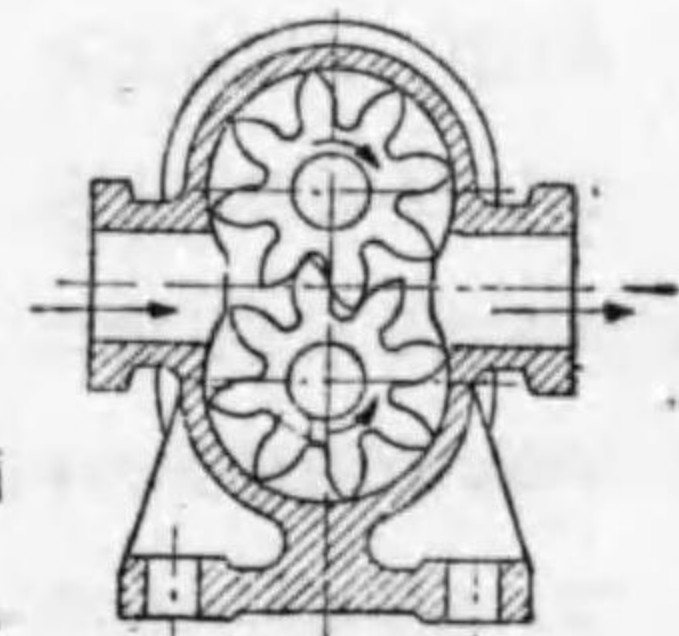
また、その所要馬力は、往復ポンプと同様に求められます。

$$(HP) = \frac{1}{\eta} \frac{1,000 QH}{75}$$

### 4. 雜ポンプ

以上のほか、現今工業上に廣く用ひられてゐるものに、つぎの數種類があります。

(1) 齒車ポンプ (Gear pump) これは構造が簡單で廉價であるから、潤滑油ポンプによく用ひ

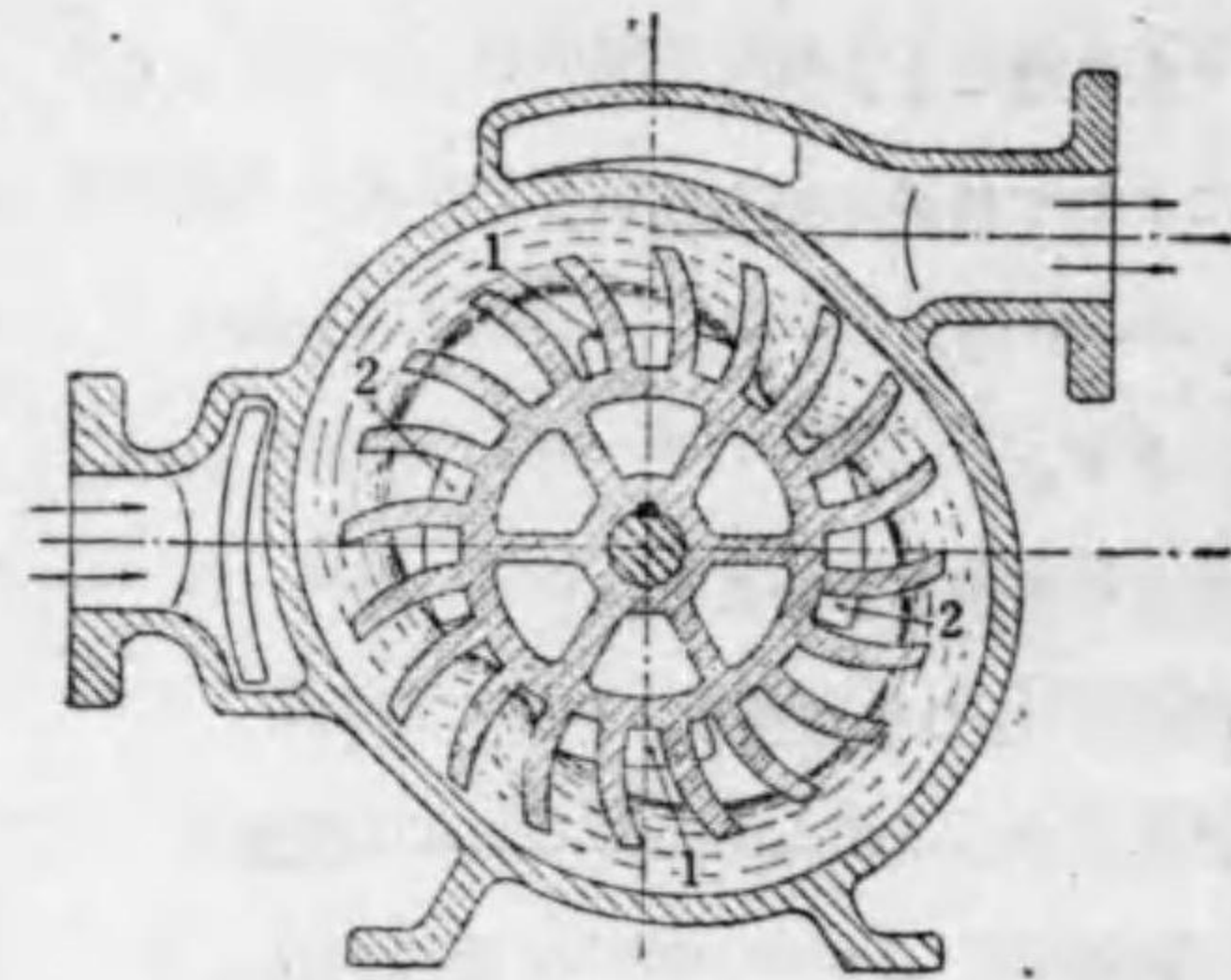


第 32 圖

られてゐます。第 32 圖のやうに、2 個の齒車が嚙合ひながら回轉するもの。



第 33 圖



(2) ナツシュ・ポンプ (Nash pump) 一個の羽根車で運轉するものです。羽根車と外箱の間の氣密を保つには吐出液體を利用してゐます。

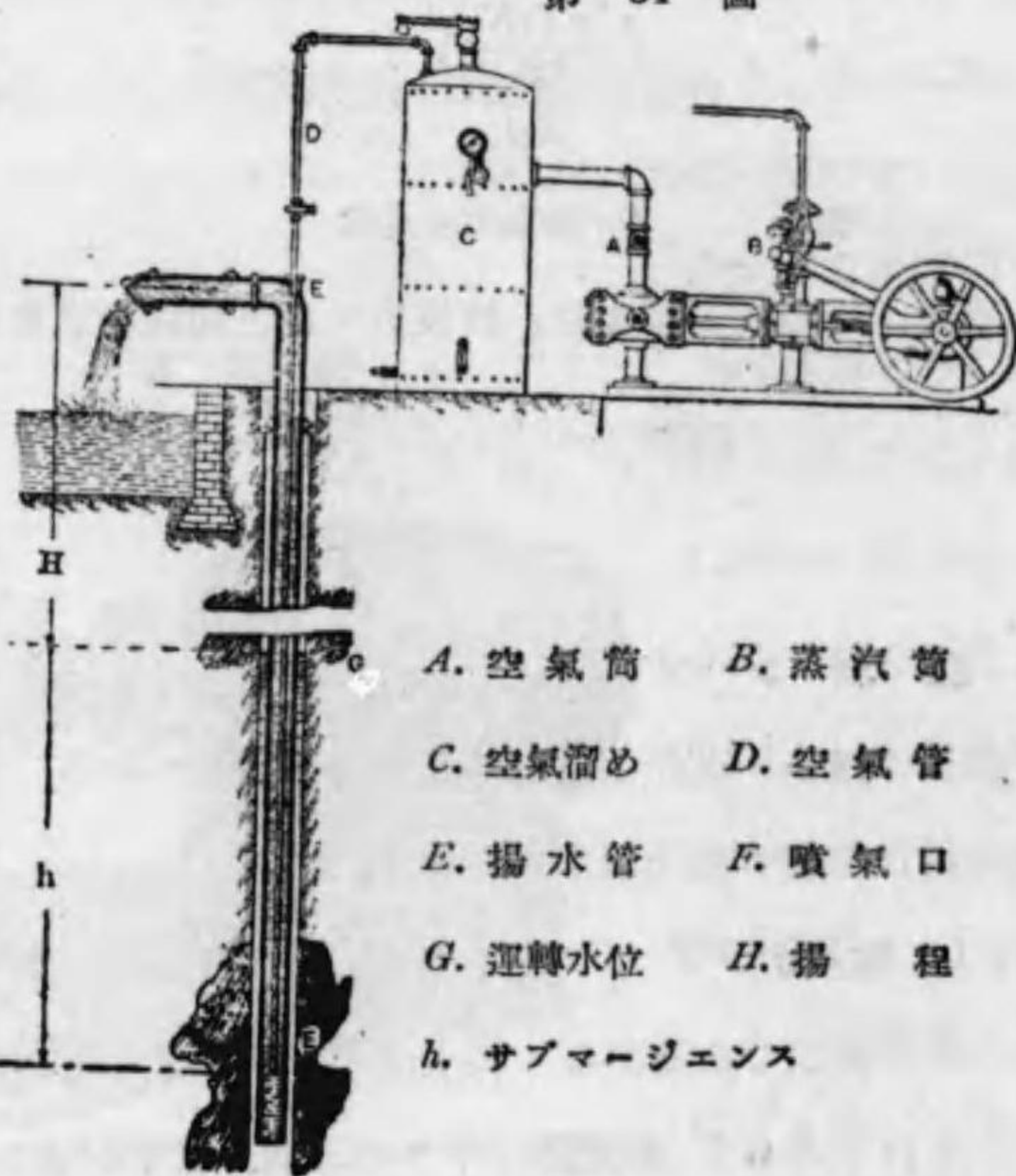
(第 33 圖)

(3) 眞空ポンプ (Vacuum pump) 空氣を排除して眞空を作るポンプです。

(4) 氣泡ポンプ (Air lift pump) これは第 34 圖に見るやうに、鑿井などの深井戸に使用されてゐます。空氣を小さな泡の形にして水に混加する時は、單位容積の水の重さは軽くなる。この理に基き、空氣壓縮機を以て作つた壓縮空氣を水中深く粒狀に噴き出させて水に混加し、それによつて低所の水を高所に上げようとするものです。

第 34 圖

(5) ロータ・ポンプ (Rotor pump) 2個の相等しいローターが、互に相接しながら回轉し、下方より水を吸ひ込み、上方から吐き出す仕掛ですが、漏洩が多いので、高壓用には使はれません。



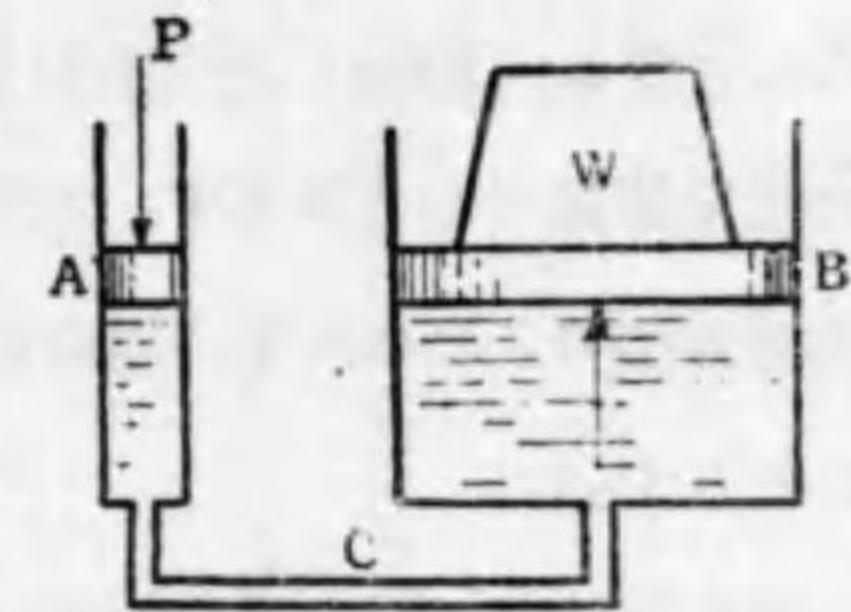
- A. 空氣筒
- B. 蒸汽筒
- C. 空氣溜め
- D. 空氣管
- E. 揚水管
- F. 噴氣口
- G. 運轉水位
- H. 揚程
- h. サブマージエンス

### 第四章 水壓機械

#### 1. 水壓機械の原理

水は殆んど壓縮することが不可能なものですから、水を密閉した器の中へ入れて、その一部に壓力を加へると、その力が同一の強さで、すべての方向に傳はります。

第 35 圖



いま第 35 圖の場合を見るに、大小 2 個の水筒の底を管で連結して、各水筒内には自由に運動が出来、しかも水密を保つピストンを設け、兩水筒内に水を入れて、A のピストンに P といふ壓力を加へたとすると、この壓力は下方の水を通して B のピストンに働き、W なる荷物を押し上げます。

A, B の兩ピストンの面積を夫々 a, b とすると、パスカルの法則 (Pascal's law) によつて

$$\frac{P}{a} = \frac{W}{b} \dots\dots\dots(15)$$

$$\therefore W = P \frac{b}{a} \dots\dots\dots(16)$$

となります。つまり、a に對して b を大とすれば、それに比例して W が大となります。この理を應用して動力傳達の媒介としたものを、水壓機械 (Hydraulic pressure machinery) といひます。また水の代りに油を用ふることもあります。

言ひかへると、水が動力傳達の媒介に適する條件は、つぎの通りです。



イ. 水はほとんど壓縮不可能です。

ロ. 従つてパスカルの原理から、水は壓力を確實に傳へます。

## 2. 水壓機械の種類

水壓機械は、その運動が静かで、且つ強大な力を出すばかりでなく、衝撃や音響がないから、壓搾機、鍛錬機、紙締機など各方面に広く用ひられます。

水壓機械の主要部は、第 36 圖のやうに、ラム (Ram) と水筒です。ラムは通常鑄鐵でつくります。水筒は、普通鑄鋼製で、特に高壓の場合には複肉<sup>の</sup>しとす。

現今使はれてゐる水壓機械は

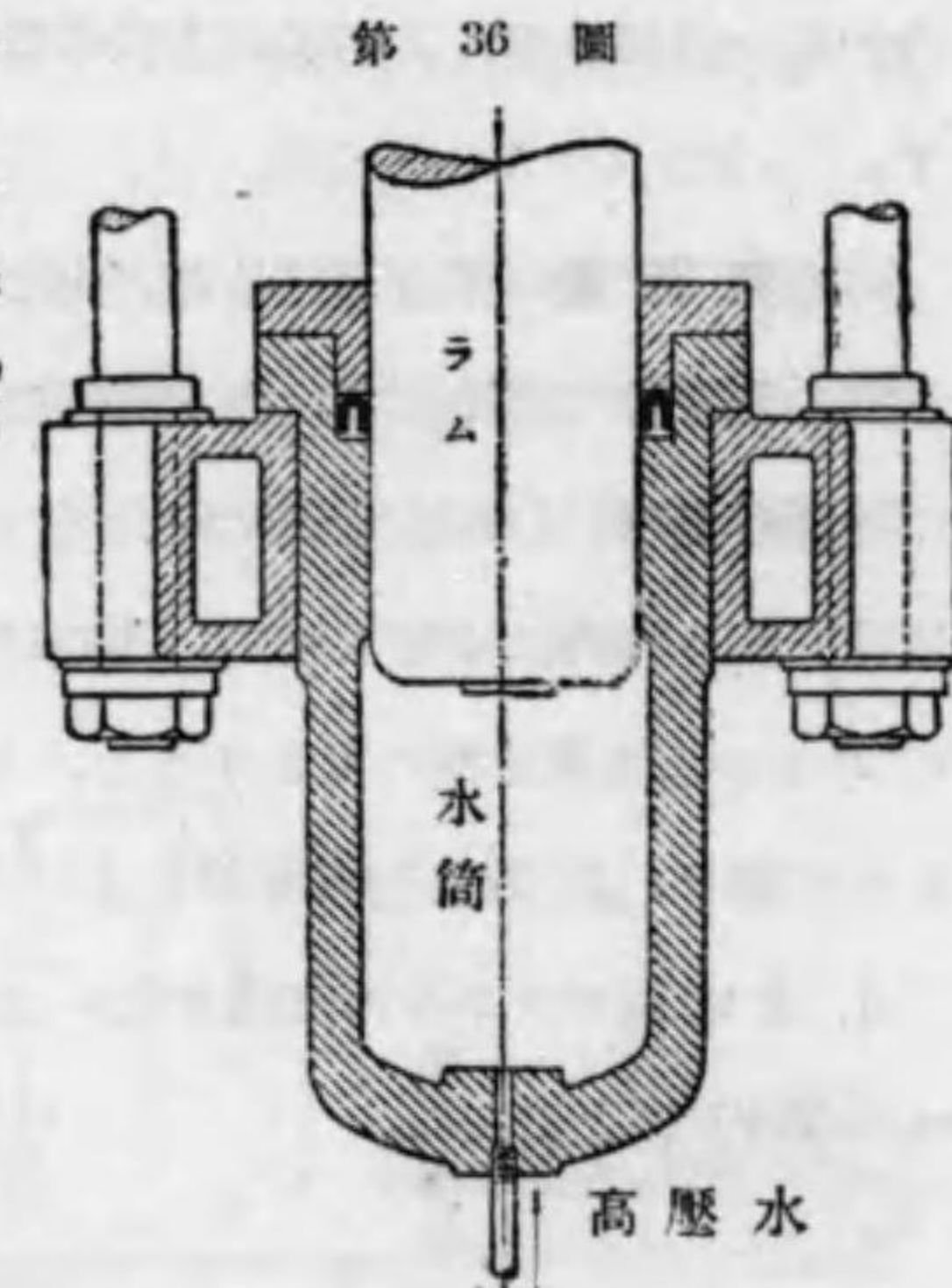
- イ. 水力溜め
- ロ. 水壓増加機
- ハ. 水壓プレス
- ニ. 水壓紙締め機及び孔貫盤
- ホ. 水壓ジャッキ

ですが、構造は大體において、第 36 圖のやうなものであります。

## 3. 水力溜め

水力溜め (Accumulator) といふのは、壓力液を一時貯へる機械で、ポンプと水壓機械との中間に設け、必要に応じて使用するものです。

この機械を使ふわけは、水壓機械が間歇的に仕事をしても、ポンプは連続的に運轉することが出来ますし、また水壓機械の出力に比べて、ポンプを運轉する馬力が、わづかで済むからです。更にポンプの各瞬間の排水量の變化



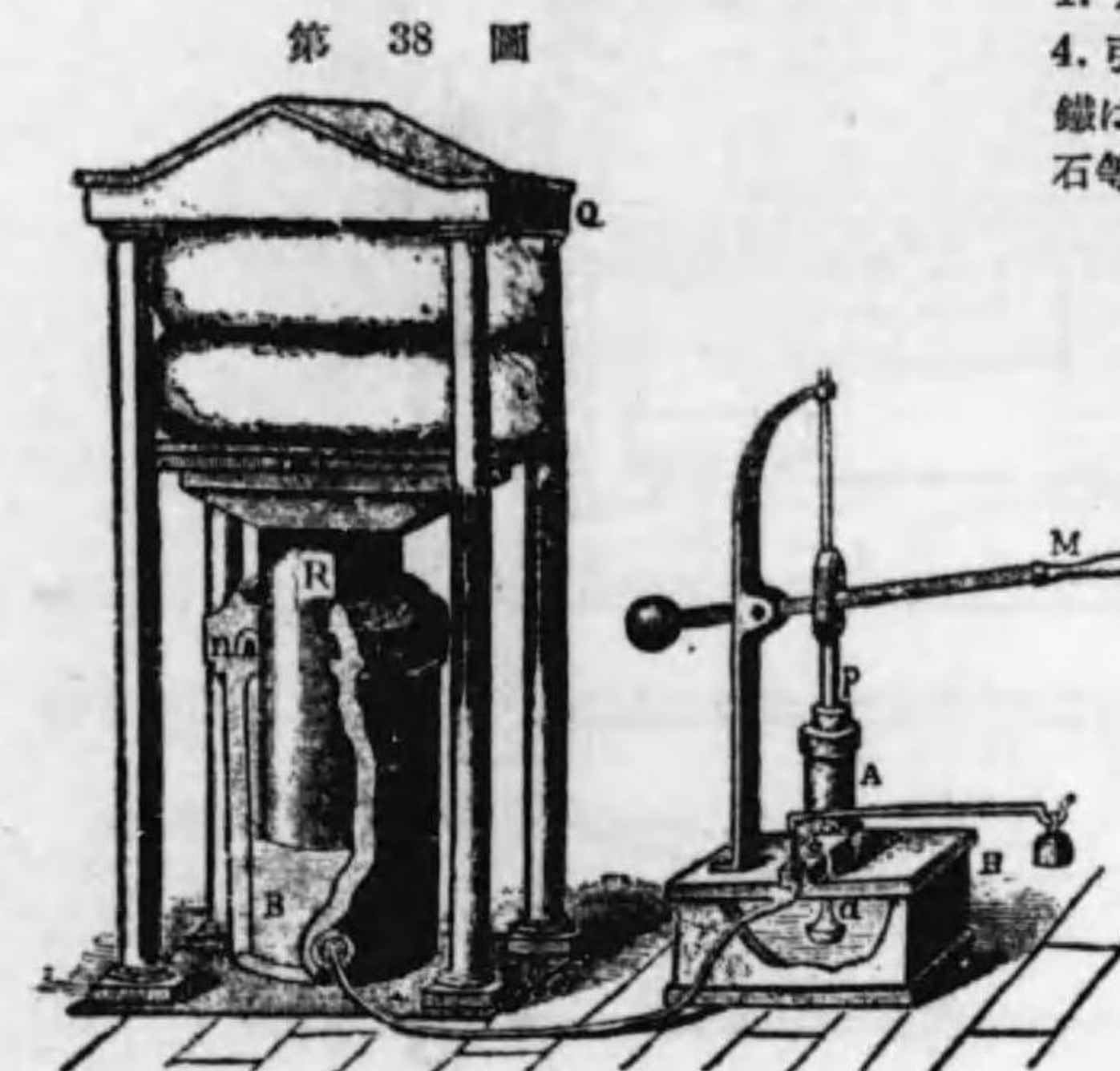
第 36 圖

が、水壓機械に影響しないといふ利益もあります。

水力溜めの大きさは、ラムの直径が 100~450 mm、行程が 2~6 m が普通です。

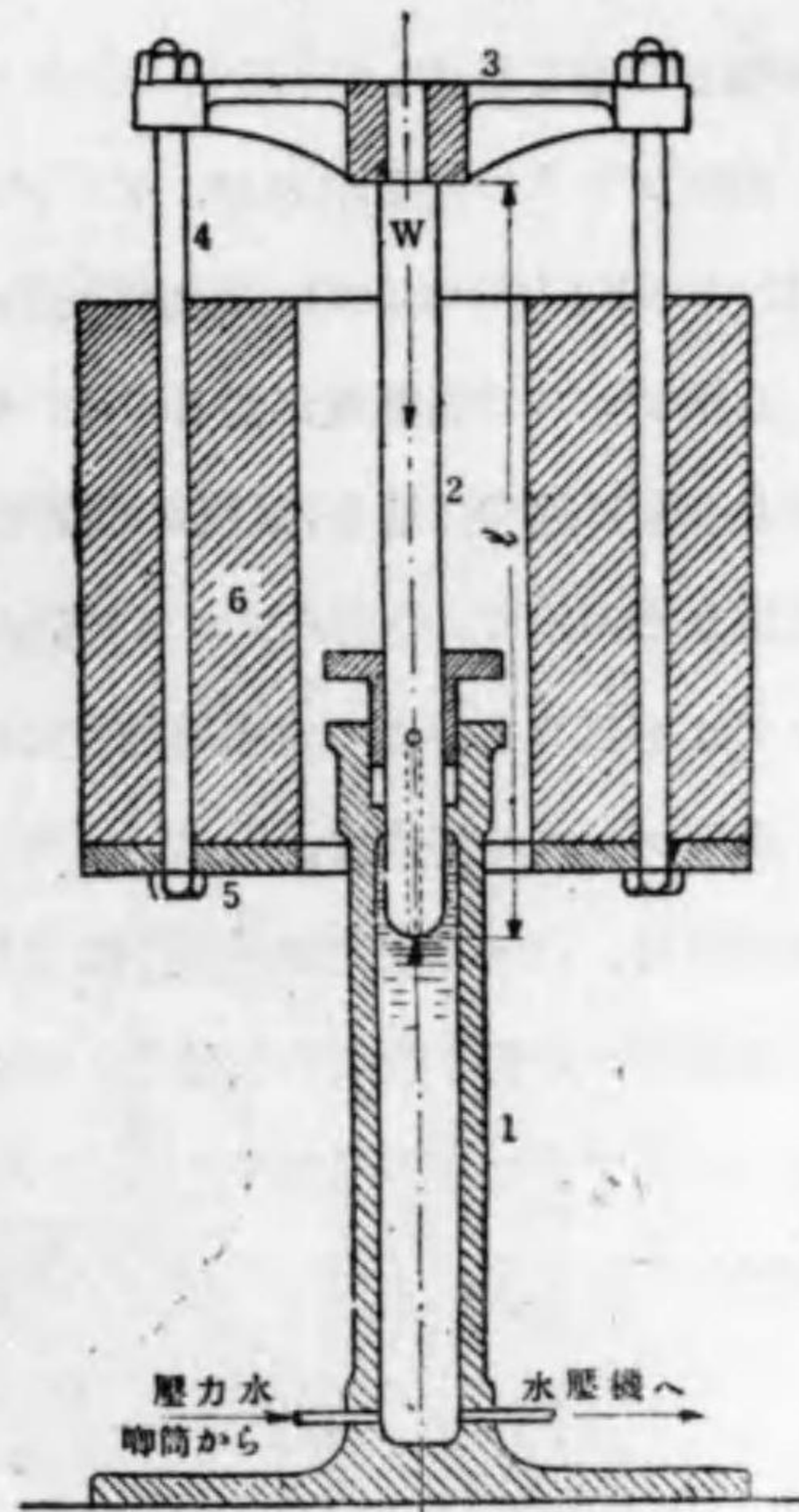
なほラムが昇りすぎると、水筒から抜ける虞れがあるので、これを防ぐために、つぎの處置を執ることになつてゐます。即ち、ラムが所定の高さまで上昇すれば

- イ. ポンプを運轉する動力を斷つてポンプを止めます。
- ロ. ラムに孔を開けておいて、壓力水を逃がす。
- ハ. 安全弁を開き壓力水を逃がす。



第 38 圖

第 37 圖



- 1. 水筒 2. ラム 3. クロスヘッド
- 4. 引張棒 5. テーブル 6. 重錘(鑄鐵はコンクリートの輪、或は屑鐵、石等)

## 4. 水壓プレス

水壓プレス (Hydraulic press) には、第 38 圖のやうな手押しプレスから、蒸汽水壓プレスまであります。水壓プレスに使用する壓力水は、普通三聯筒ブランチヤ・ポンプでつくります。



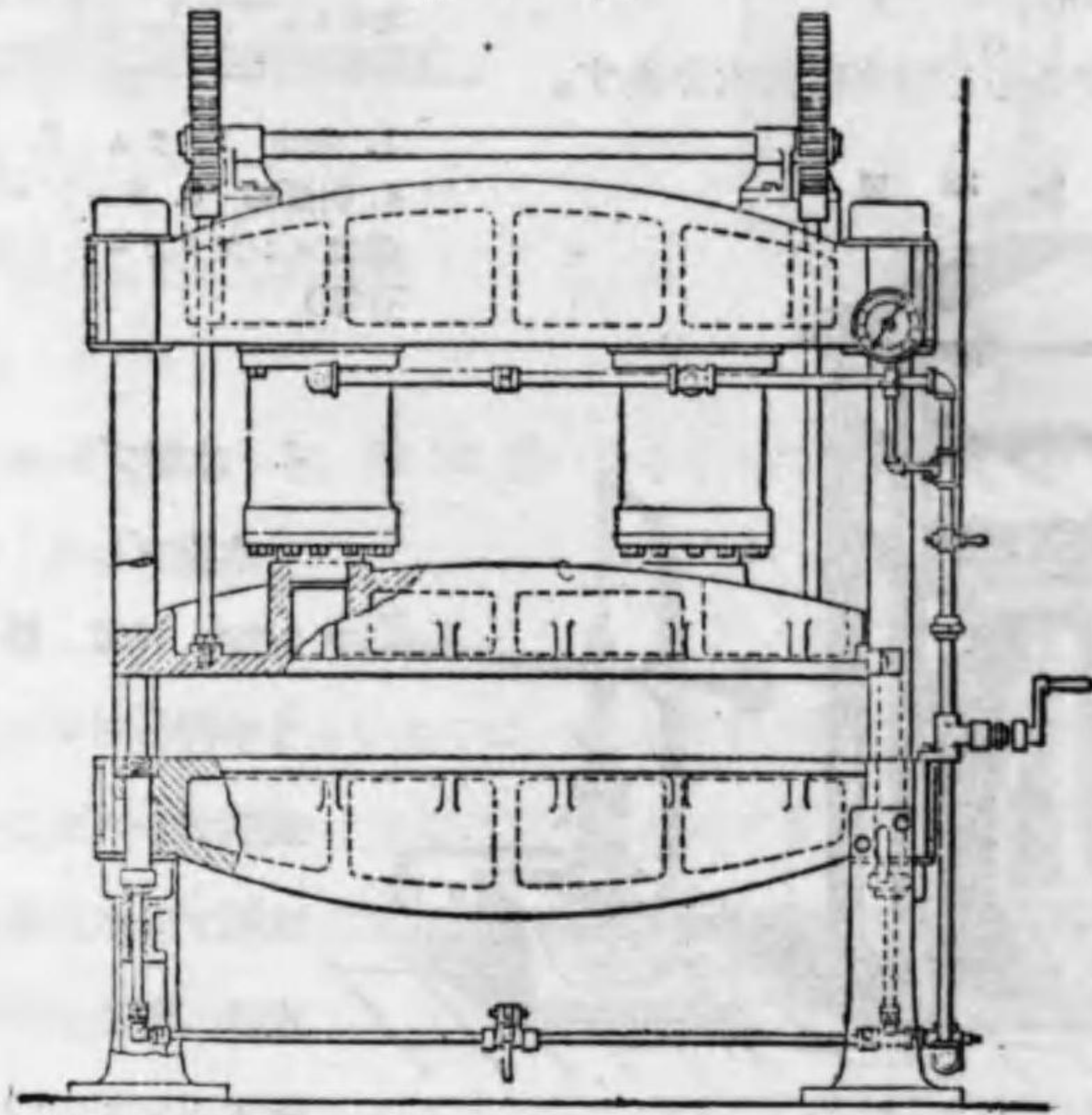
ポンプの壓力は  $10\sim 1000\text{ kg/cm}^2$  ですが、水壓プレスは數  $\text{kg}$  から數萬噸まであります。

水壓プレスの所要壓力が、ポンプの壓力より高い場合には、水壓増加機 (Hydraulic intensifier) で水壓を高めます。

水壓プレスで高壓水が要るのは、働き行程の終りです。そこで初めは中壓水を多量に送つて置き、最後に水壓増加機の高壓水を供給するのが得策です。水道などの水で、小型のプレスを動かす場合に、水壓増加機を使用すれば、ポンプは不要です。この水壓増加機には、大規模な蒸汽水壓増加機もあります。

水壓プレスの用途は、綿糸、綿布の荷造り用、木材パルプ、酒や醬油原料の壓搾用、ベニヤ板の壓搾機 (第 39 圖)、ゴム、ベークライト、エポナイトの製造用、鉛管や藥莢の製造用、製罐、鍛工用など非常に廣汎なものですから、手押プレスから 12,000 トンの大型火造りプレス (Forging press) までが用いられます。

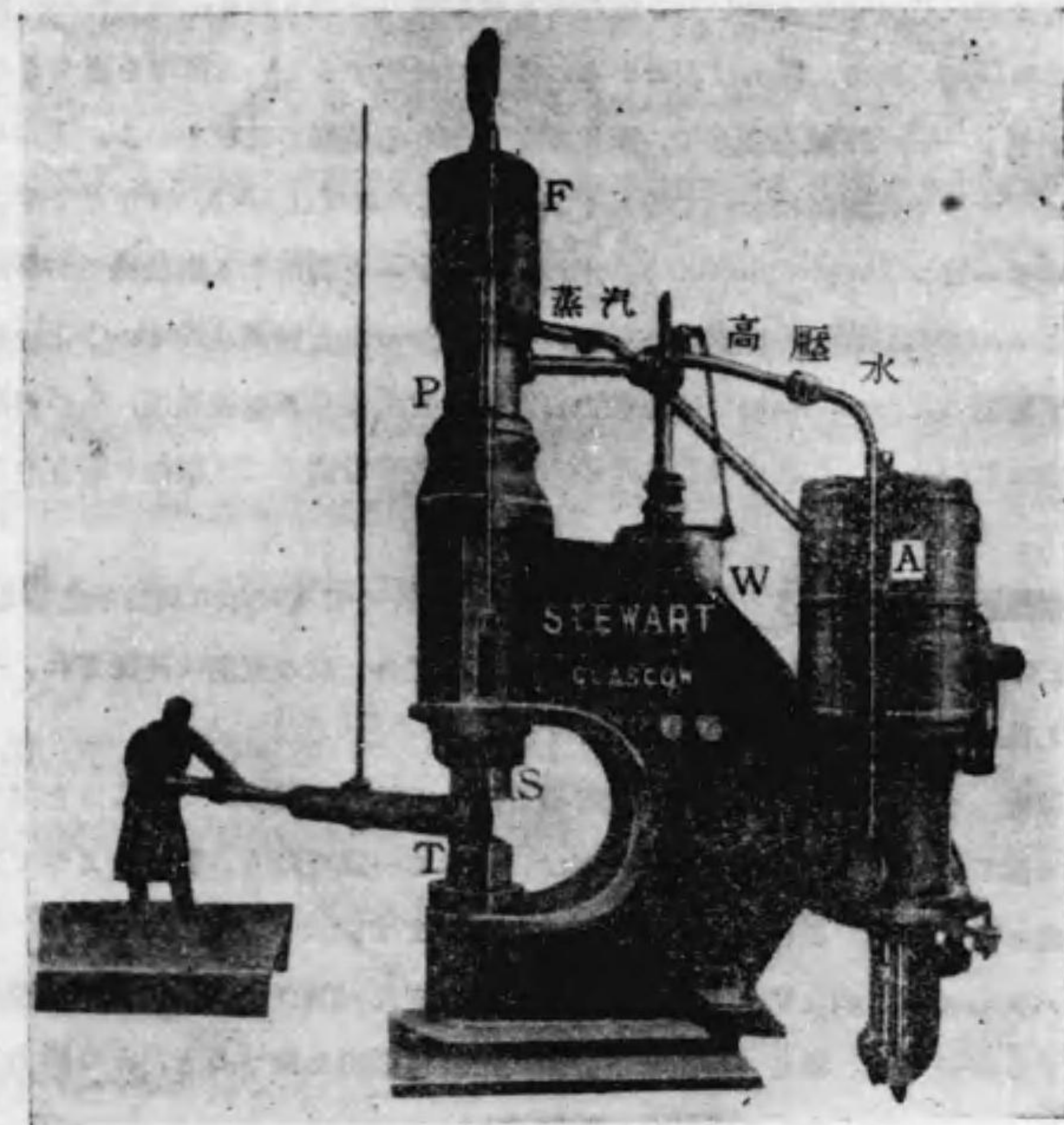
第 39 圖



この火造りプレスは、鍛錬に 100 トン以上の力が要るやうな場合に用いられます。空氣錘や、蒸氣錘を使ふよりも均等に鍛錬することが出来るからです。火造りプレスはこれを

イ. 水壓火造りプレス (Hydraulic forging press)

第 40 圖



ロ. 蒸汽水壓プレス (Steam hydraulic press)

に大別されます。前者は水壓だけを利用したプレスで、後者は蒸汽水壓増加機を利用したプレスですが、現今では後者の方が多く用いられます。

第 40 圖のやうな蒸汽水壓プレスには 100 トンから 1,200 トンまでのものがあります。



## 用語解説 VI

- (1) **水柱の高さ** 水圧  $p \text{ kg/cm}^2$  とは毎平方厘米に働く水の圧力が  $p \text{ kg}$  であるといふ事です。之は断面積 1 平方厘米の水柱の底面に作用する力 (即水柱の高さ) で表す事ができる。これは 262 頁に書いてある様に  $10p$  米にひとしい。水力學では水圧を水柱の高さで表す事により計算を簡単に行ふ事ができます。
- (2) **壓力計 (Pressure gauge)** 氣體や液體の壓力を測る装置。最も普通に行はれるのは液柱壓力計で、壓力は表面からの高さに比例するといふ原理を應用したもの。
- (3) **流量** 一定の断面を通して、單位時間に流れる流體の容積をいふ。1つの流れの量は、すべての断面において等しく、流量を測る單位は  $m^3/h$ ,  $l/s$  などです。
- (4) **水タービン (Water turbine)** 水のエネルギーを利用する原動機ですが、タービンといふのは回轉性の原動機をいひ、往復性のそれを機關 (Engine) といひます。
- (5) **變壓器 (Transformer)** 交流電力の電壓を變ずるための装置で、その構造は鐵板を重ねた鐵心と、これに主電流の一次線輪、感應電流の二次線輪を巻きつけてあります。
- (6) **推進器 (Propeller)** 船舶を推進する装置で、今日では専ら螺旋推進器を意味し、水面下にあるため、暗車ともいわれます。船尾外、舵の直前に装置され、その翼で水を後方へ蹴り、船を前進せしめます。
- (7) **荷重** 水車の發生した水力を發電機を通して電力に變へ、その電力を利用して電燈を點じ、電動機を回轉させる仕事は、決して一定でなく、晝夜によつて違ひ、時々刻々にも違ふ。これを發電機の荷重といひます。
- (8) **パスカルの法則 (Pascal's law)** イギリス人パスカルの發見した液體の壓力に關する法則です。即ち「静止せる液體の一部に壓力を加へると、その壓力は強度を増減することなくすべての部分に傳達す」
- (9) **復肉** 二重壁の圓筒のこと。
- (10) **安全弁 (Safety valve)** 液體、氣體を包含する容器が、その液體または氣體より過大な壓力を受けた時、その一部を自動的に放出せしめ、容器の破損を未然に防ぐ装置です。
- (11) **ベークライト (Bakelite)** 石炭酸と、フォルマリンとによつて作った樹脂狀物質で、琥珀や象牙の代用のほか、電氣の絶緣材料、膠着劑塗料などに用ひます。
- (12) **空氣錘 (Pneumatic power hammer)** 壓縮空氣を利用して重い錘を上下に運動させて鐵を鍛鍊する機械で、機械製造工場の鍛工設備としてなくてはならぬもの。

## 第九篇 蒸汽原動機

## 第一章 蒸汽機關

## 1. 蒸汽原動機の意味

天然に存する原動力、たとへば風力、水力、熱力などを用ひて、人類に有用な仕事を爲さしむるのが原動機 (Prime mover) の目的で、この原動機の中で、蒸汽原動機には蒸汽機關 (Steam engine) と、蒸汽タービン (Steam turbine) とがあります。

燃料によつて得られる熱<sup>(1)</sup>で、罐 (Boiler) 内の水を熱すれば、水は蒸汽と化し、熱を含み、エネルギー<sup>(2)</sup>を貯藏します。蒸汽機關は蒸汽をその圓筒内に導いて機械的運動をなさしむるもので、蒸汽タービンはその車輪に固着せる羽根に、蒸汽を衝擊せしめて回轉運動をさせるものです。

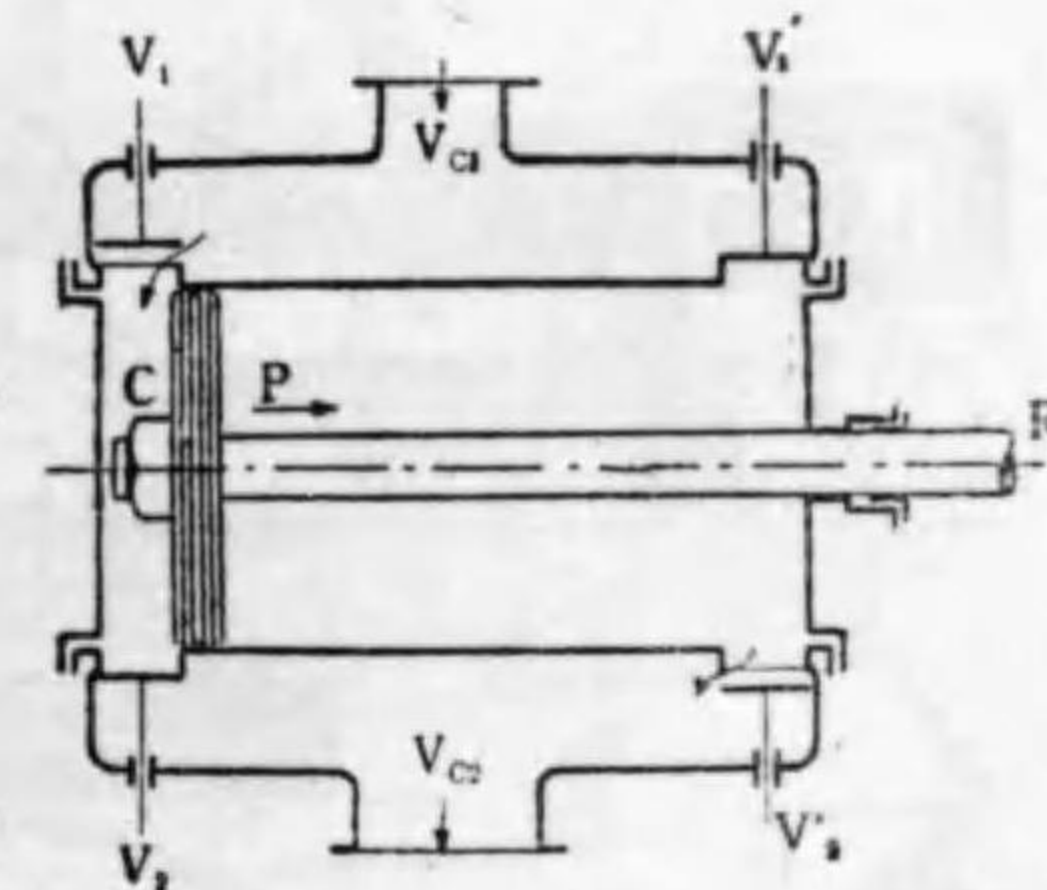
第 1 圖

## 2. 蒸汽の作用

蒸汽機關の大切な箇所は、第 1 圖に示すやうに、汽筒 (Cylinder)  $C$  と、その中を往復するピストン (Piston)  $P$  及び汽筒への蒸汽の出入を司る弁<sup>(3)</sup>  $V_1$ ,  $V_1'$ ,  $V_2$ ,  $V_2'$  などから成つてゐます。

蒸汽罐から送られた蒸汽は、弁室 (Valve chest)  $V_{c1}$  に導かれ、弁  $V_1$  か

らピストンの左側の面に作用し、ピストンに仕事を與へ、ピストンは汽筒の左端から右端に向つて動き出しますが、その途中のある位置で弁  $V_1$  が閉ぢ、それから蒸汽の膨脹によつてピストンを汽筒の右端まで押し動かす、この間  $V_2'$  は常に開いてゐます。





それから弁  $V_2'$  が閉ち、弁  $V_1'$  が開き、ピストンの右側に進入した蒸気によつてピストンが左方に押し進められやうとする時、弁  $V_2$  が開き、ピストンの左側に仕事を與へた蒸気は、 $V_{e2}$  を通つて復水器 (Condenser) 内に排出されます。この作用がピストンの両側に交互に行はれるのです。

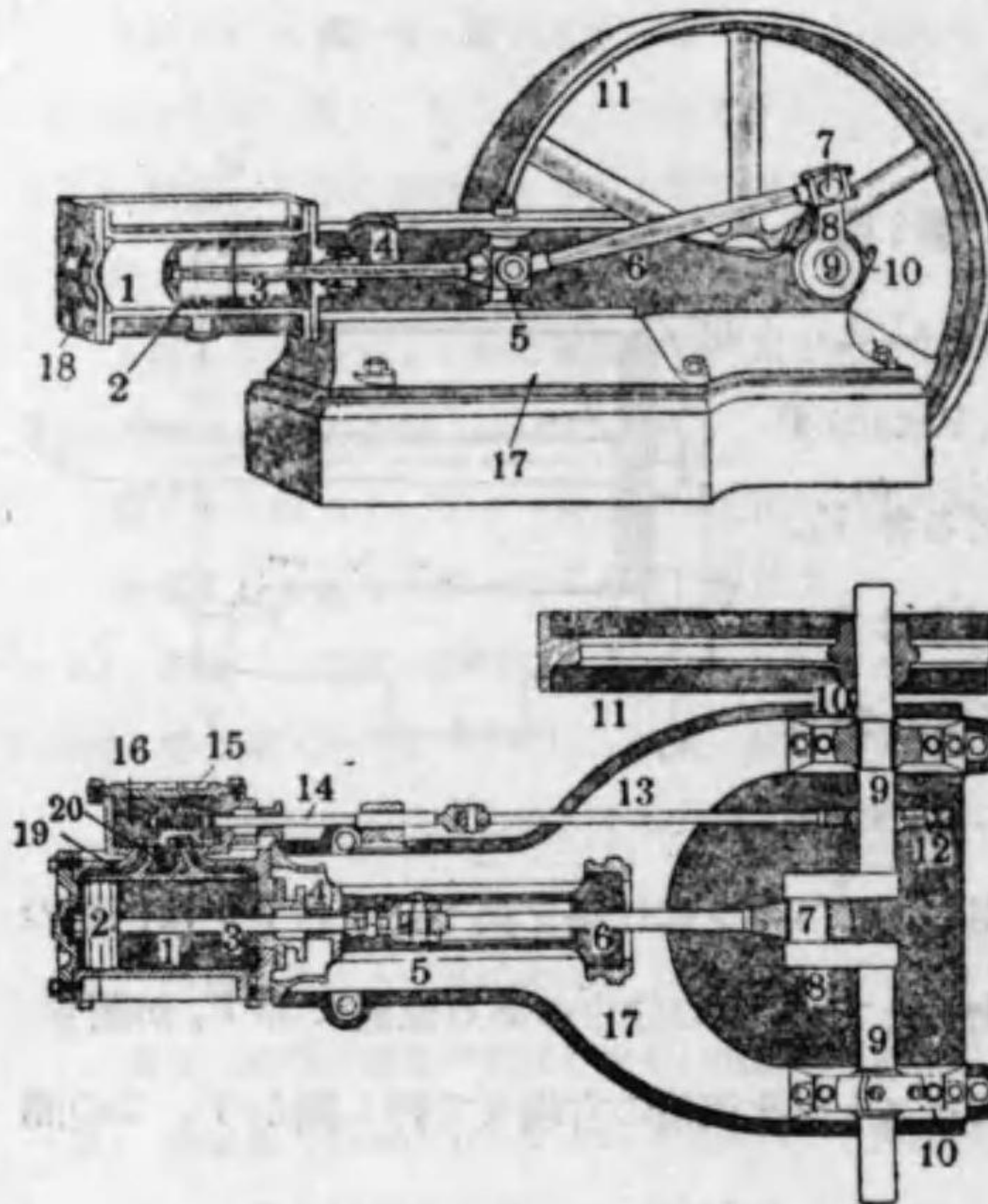
かうして得られるピストンの往復運動は、それに固着されてゐるピストン棒  $R$  を經て外部に傳へられ、これによつて有効な働きをするのであります。

### 3. 蒸気機関の構造

蒸気機関の種類は多いが、いま最も簡単な普通のものゝ構造と、各部の名稱を示すと、つぎの通りです。

即ち、蒸気管を通つて供給された蒸気は、弁室 16 に充滿し、滑り弁 15 の運動によつて蒸気口 19 より交互にピストン 2 の左右に配給されてピストン

第 2 圖



- (1) 汽筒 (Steam cylinder)
- (2) ピストン (Piston)
- (3) ピストン棒 (Piston rod)
- (4) 詰箱 (Stuffing box)
- (5) クロスヘッド (Cross head)
- (6) 連桿 (Connecting rod)
- (7) クランク・ピン (Crank pin)
- (8) クランク・アーム (Crank arm)
- (9) クランク軸 (Crank shaft)
- (10) 軸受 (Bearing)
- (11) はずみ車 (Fly wheel)
- (12) 偏心輪 (Eccentric)
- (13) 偏心桿 (Eccentric rod)
- (14) 弁桿 (Valve rod)
- (15) 滑り弁 (Slide valve)
- (16) 弁室 (Valve chest)
- (17) 床板 (Bed plate)
- (18) 汽筒蓋 (Cylinder cover)
- (19) 蒸気口 (Steam port)
- (20) 廢汽口 (Exhaust port)

に仕事を與へ、同じ通路を經て廢汽口 20 に導かれます。

ピストンと、クロスヘッド 5 とは、ピストン棒によつて固着されてゐるため、ピストンの往復運動はクロスヘッドの往復運動となり、案内面に沿うて滑ります。連桿 6 の両端は軸受と同じ構造でクロスヘッド及びクランク・ピン 7 に嵌つてゐます。クランク・ピンはクランク・アーム 8、クランク軸 9 と一體になつて、クランク軸受 10 上で回轉するのであります。

クランク軸には、はずみ車 11 を取付けて、1 回轉中に機関の出すエネルギーの不均一を調節します。また調速機は、クランク軸によつて運轉され、負荷の變動に對して汽筒 1 に行く蒸気の絞り弁に作用し、進入蒸気を加減して、機関の回轉速度を一定に保つやうにするものです。

### 4. 弁装置及びリンク運動

第 3 圖は蒸気を支配する滑り弁、弁室、弁桿、偏心桿、調速機の關係を示すものですが、汽筒内に

蒸気を進入させてこれを途中で締切り、また廢汽を廢汽口から放出させるなどの作用は、みな弁の運動によるものです。

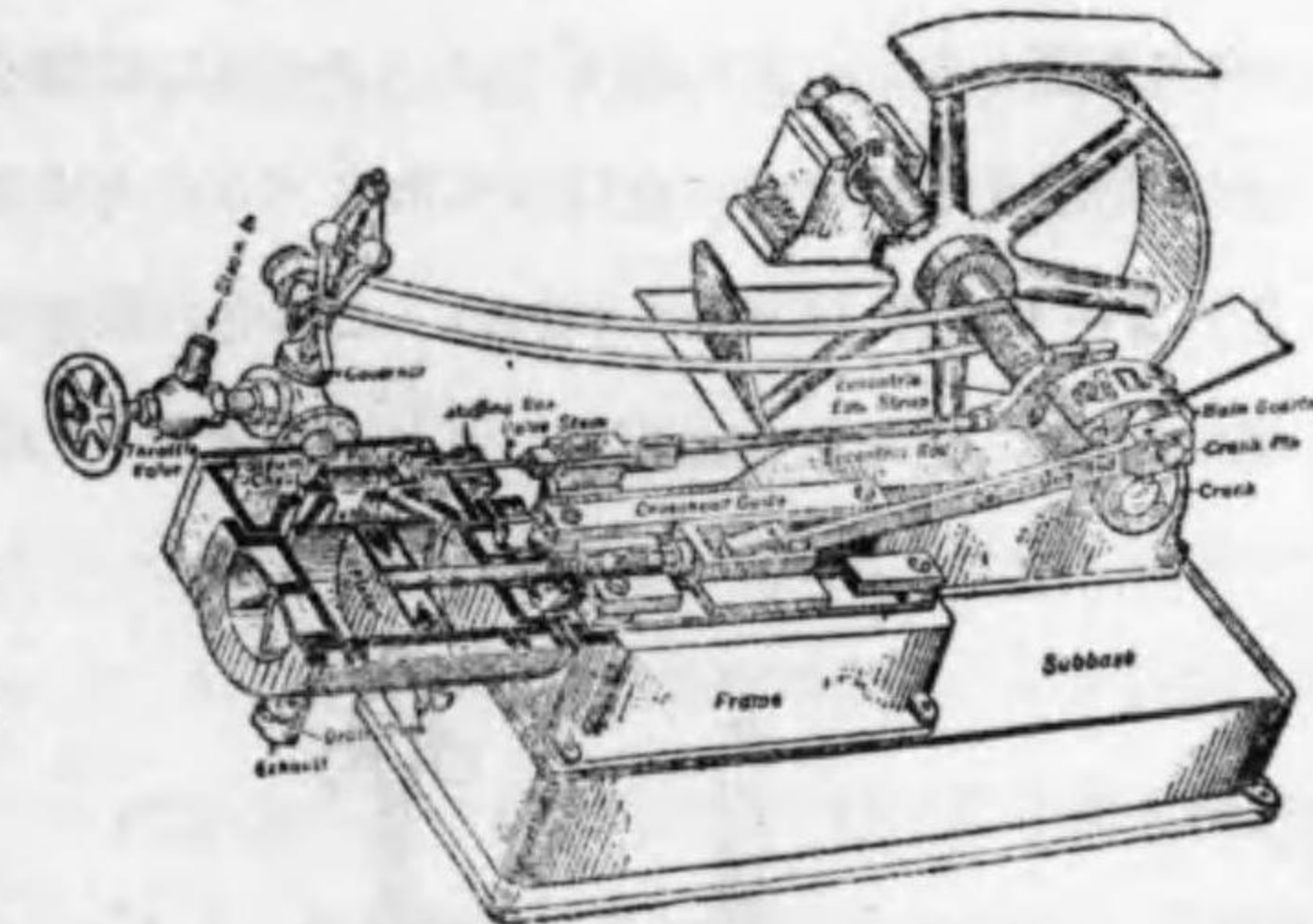
弁の種類には  $D$  型滑り弁、ピストン弁、持ち上げ弁などがあります。

普通には、クランク軸に

取付けられた偏心輪、またはクランク軸から齒車で汽筒に平行な側軸を回轉し、それに取付けられた偏心輪によつて、弁に必要な運動を與へてゐます。

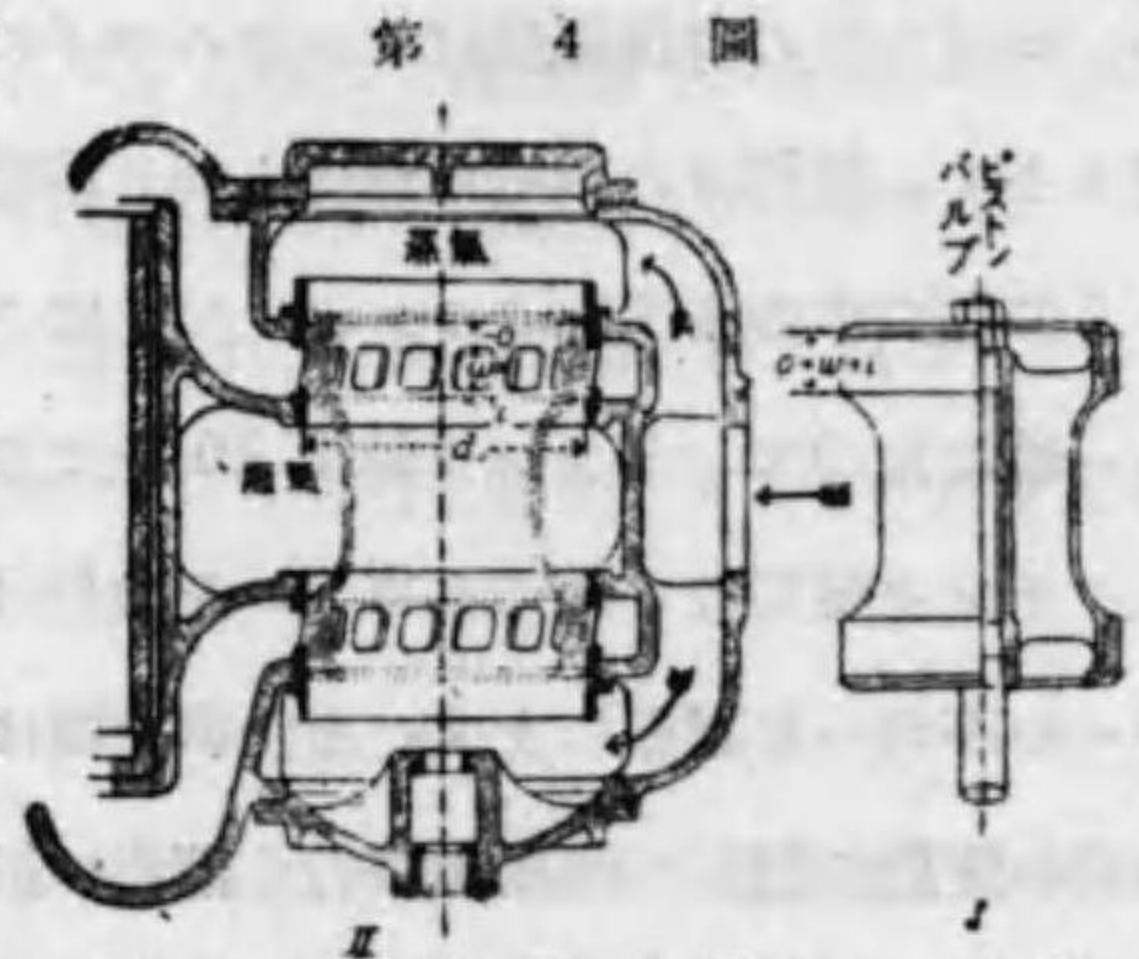
即ち、つぎにこれを詳しく述べます。

第 3 圖





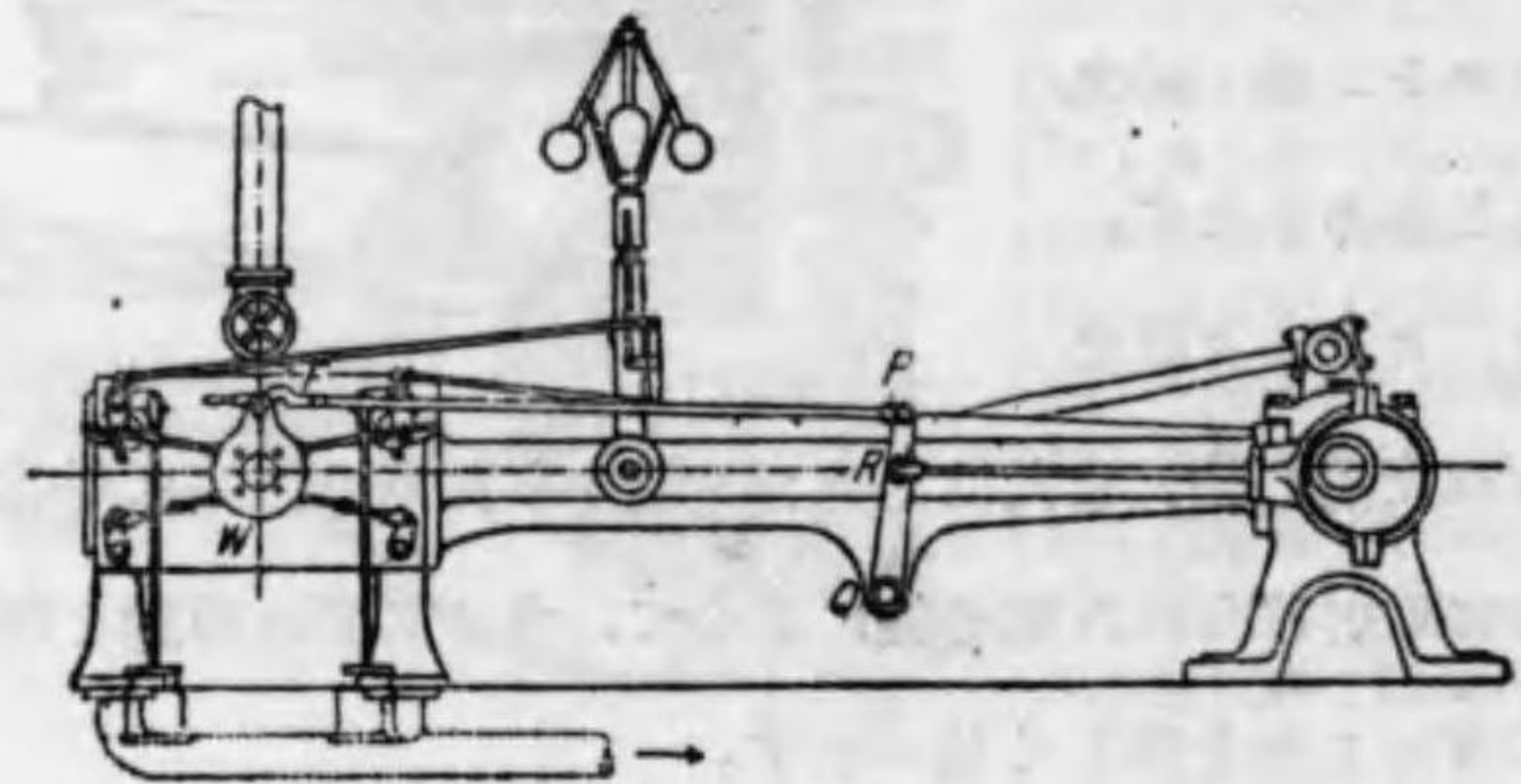
(1) **ピストン弁 (Piston valve)** この弁は蒸汽口を平面にする代りに圓筒形につくり、これに應じて滑り弁をも筒形に作つてある故普通の片側から蒸汽の入る蒸汽弁の様に片側のみ壓せられる虞れはありません。第4圖では、上下蒸汽口に夫々眞鍮の入籠 (Liner) をはめて弁座としこれに周圍にピストンリングを有するピストン型の弁をはめる。入籠はピストン弁が滑動する際ピストンリングの飛出るのを防ぐ爲に格子型にします。依つて實際蒸汽の進入する口は全圓周の六割乃至七割です。この弁は高壓蒸汽を用ひる高速機關に多く使用されてゐます。



第 4 圖

(2) **持ち上げ弁 (Lift valve)** この弁は滑り弁と異り第1圖の如く一つの汽筒に4個必要であり、蒸汽の供給口と廢汽口が全く別々になつてゐます。弁は上下運動をするから滑り弁の如く摩擦がなく、又開閉に比較的力を要しない。弁を開くのは、カム或ひは偏心輪によつて行はれますが、閉鎖するには弁に取付けてあるバネの力によります。

(3) **コーリス弁 (Corliss valve)** この弁の装置は偏心輪によつて、揺り棒  $P, R, Q$  を左右に振り、これから連桿  $PF$  によつて更に手頭盤



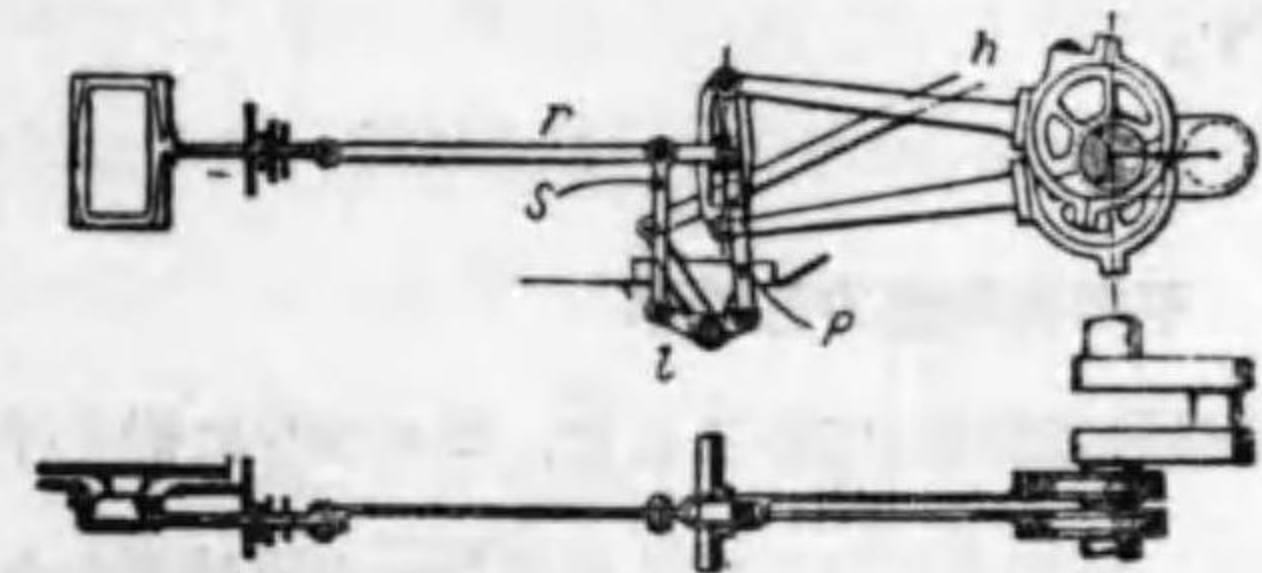
第 5 圖

(Wrist plate)  $W$  を搖動する。盤  $W$  には4本の腕を備へ、盤が其中心のまわりに左右に搖動するに従ひ、腕を交互に引き、あるひは押し出す。この装置を用ゆる汽筒は4個のピストン弁を備へ、各弁の軸は夫々腕を有し、小さい連桿によつて盤  $W$  に連絡してゐます。

(4) **ステブソン式リンク運動 (Stephenson's link motion)** 機關車、船舶などは機關の回轉方向を變へるため、逆轉装置を備へてをり、このステブソン式が最も普通に用ひられてゐます。

(5) **アラン式リンク運動 (Allan's link motion)** 第6圖に示したやうに、

輻射桿  $r$  及  $r$  の先端をガイドしてゐるリンク  $l$  は夫々支棒  $S, P$  で支へられ、 $S, P$  はレバー  $l$  の兩端に連結してゐる。今  $h$  を右方に引くと  $l$  は



第 6 圖

其中心軸を中心として廻り、従つて  $S$  は上り  $P$  は下る。依りて  $r$  の先端に連絡してゐる滑り弁の運動を、偏心輪の運動に對して逆にする事ができる。

5. インヂケーター線圖

蒸汽機關の汽筒内における蒸汽は、其運轉中絶えず膨脹と壓縮を繰りかへ



第 7 圖

してゐますので、汽筒中の壓力は常に變化してをります。いまピストンの動いた距離を横軸にとり、その位置に於ける汽筒中の壓力 (珎/平方珎) を縦軸にとつて理想的の線圖を畫くと、第7圖のやうに  $abcde$  の線圖が出来ます。

即ち  $a$  から  $b$  に至るまでは汽筒内に蒸汽が



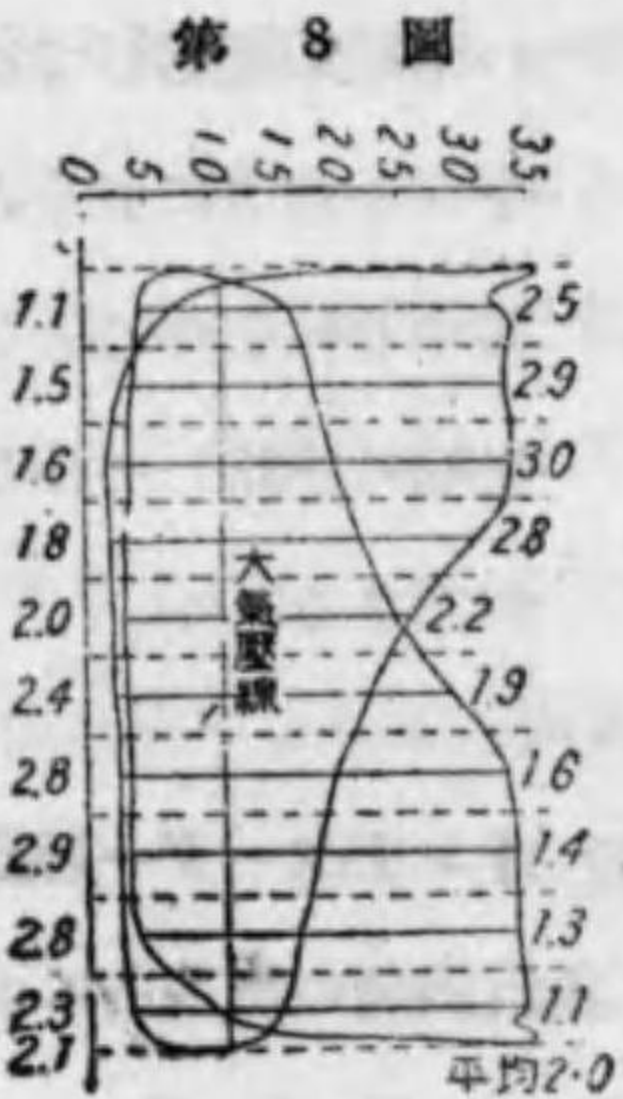
たえず進入した事を表し、且汽筒内の壓力は一様と見なして、 $a b$ なる水平線を引く。 $b$ は弁の締切り點なる故、蒸気はもはや進入しないで、すでに進入した蒸気が膨脹によつてピストンを動かすから、容積は増加して、同時に仕事をなし、その壓力は減少します。 $c$ は廢汽弁が開き始める點で、こゝから壓力は益々下り、 $d$ にてピストンは逆方向に動き始めます。 $e$ まで来た時廢汽弁は閉ざされ、 $a$ で蒸気弁が再び開きます。この線圖は横軸の尺度を、もしピストンの動いた距離にピストンの面積を乗じたもので表しますと、其儘體積壓力線圖となり、蒸気の占める體積と其所の壓力との關係を表すこととなります。この線圖を又インヂケータ線圖 (Indicatar diagram) といひます。

### 6. 平均有効壓力と効率

機關が運轉してゐるとき、ピストンに働く平均壓力は、運轉中に測つたインヂケータ線圖から求められます。先づ面積計 (Planimeter) を用ひてインヂケータ線圖の面積を計り、次に大氣壓線に沿うて線圖の全長を計り、面積を全長で割つてこれを壓力に換算すれば、平均有効壓力が求められます。又簡単に求めるには、線圖の全長を十等分し、各其中央の高さの和の平均を求め、これを壓力に換算すればよいのです。

この計算の一例を第8圖に示します。普通この線圖から求めた平均有効壓力  $p_m'$  は、理論上の平均有効壓力  $p_m$  より幾分小さいものです。即ち  $p_m'/p_m$  の値は、大約 0.8 乃至 0.9 で、普通これを線圖係數 (Coefficient of diagram) といひます。

ピストンの面積を  $A \text{ cm}^2$ 、行程を  $L \text{ m}$ 、平均有効壓力を  $p_m \text{ kg/cm}^2$  とすれ



ば、インヂケータ線圖の面積は  $p_m A L \text{ kgm}$  の仕事を表します。然るに實際の機關は複動式ですからクランク一回轉中にはこの2倍の仕事をします。いま機關の回轉數を  $N \text{ rev/mn}$  とすればこの機關の發生馬力 ( $HP$ )<sub>i</sub> は

$$(HP)_i = \frac{2 p_m A L N}{75 \times 60}$$

です。この ( $HP$ )<sub>i</sub> をインヂケータ馬力 (Indicator horse power) といつてゐます。ところが、機關の各運動部分には摩擦による仕事の損失があります。これらをインヂケータ馬力から引き去つたもの、つまりクランク軸から外部へ傳はる動力を正味馬力 (Brake horse power) といひます。

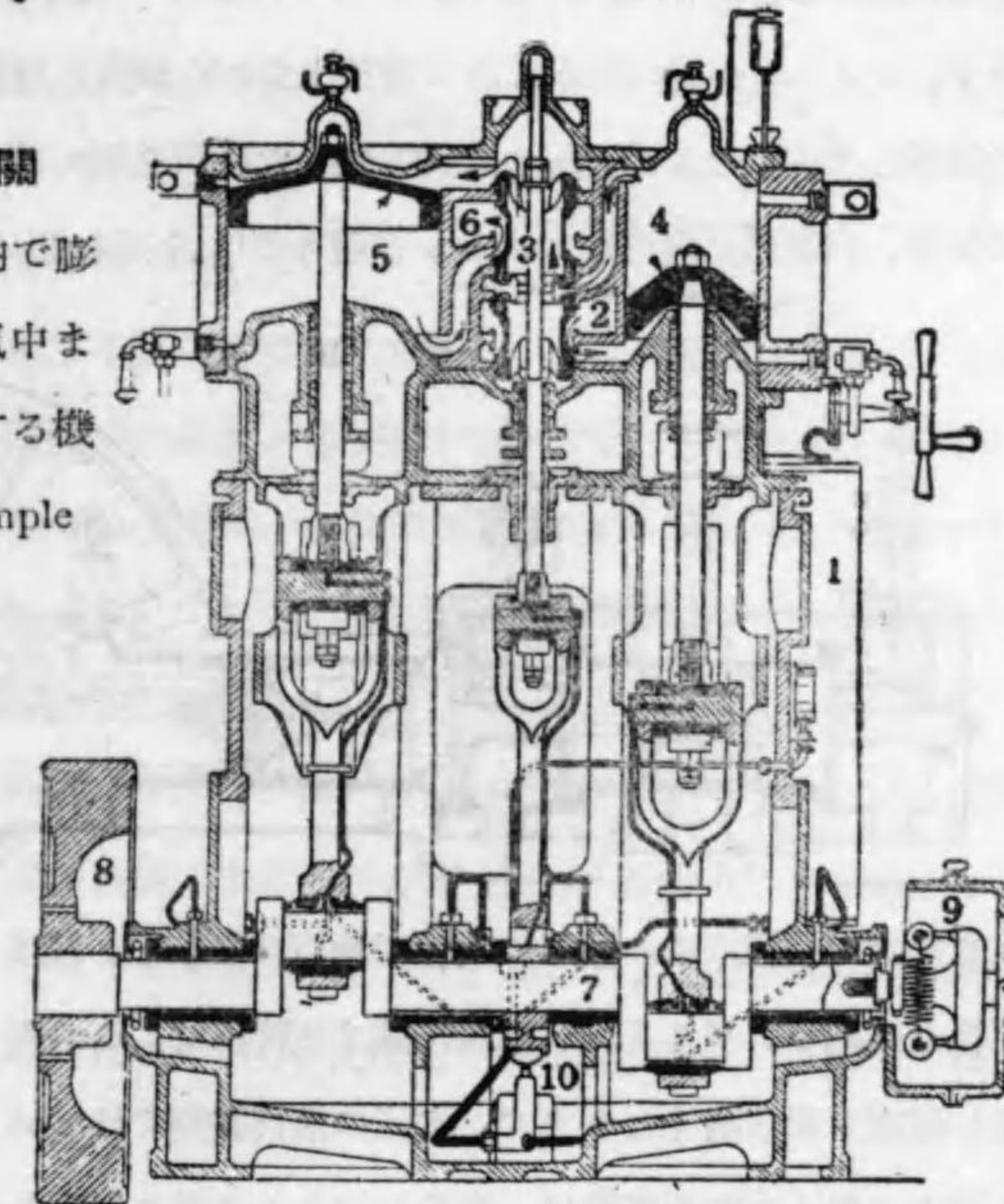
正味馬力 ( $HP$ )<sub>b</sub> と、インヂケータ馬力 ( $HP$ )<sub>i</sub> との比  $\eta_m$  を機關の機械効率 (Mechanical efficiency) といひ、機關構造上の關係で、摩擦損失から起るものであります。

第 9 圖

### 7. 單式機關と複式機關

蒸気が1つの汽筒内で膨脹した後、すぐに大氣中または復水器内に逸出する機關を單式機關 (Simple engine) といひ、構造はごく簡単な割合に蒸気を多く消費して不經濟なので、小馬力のものゝほかは使用しない。

つぎに大小二つの汽筒を備へ、まづ高



發電用豎型複式機關

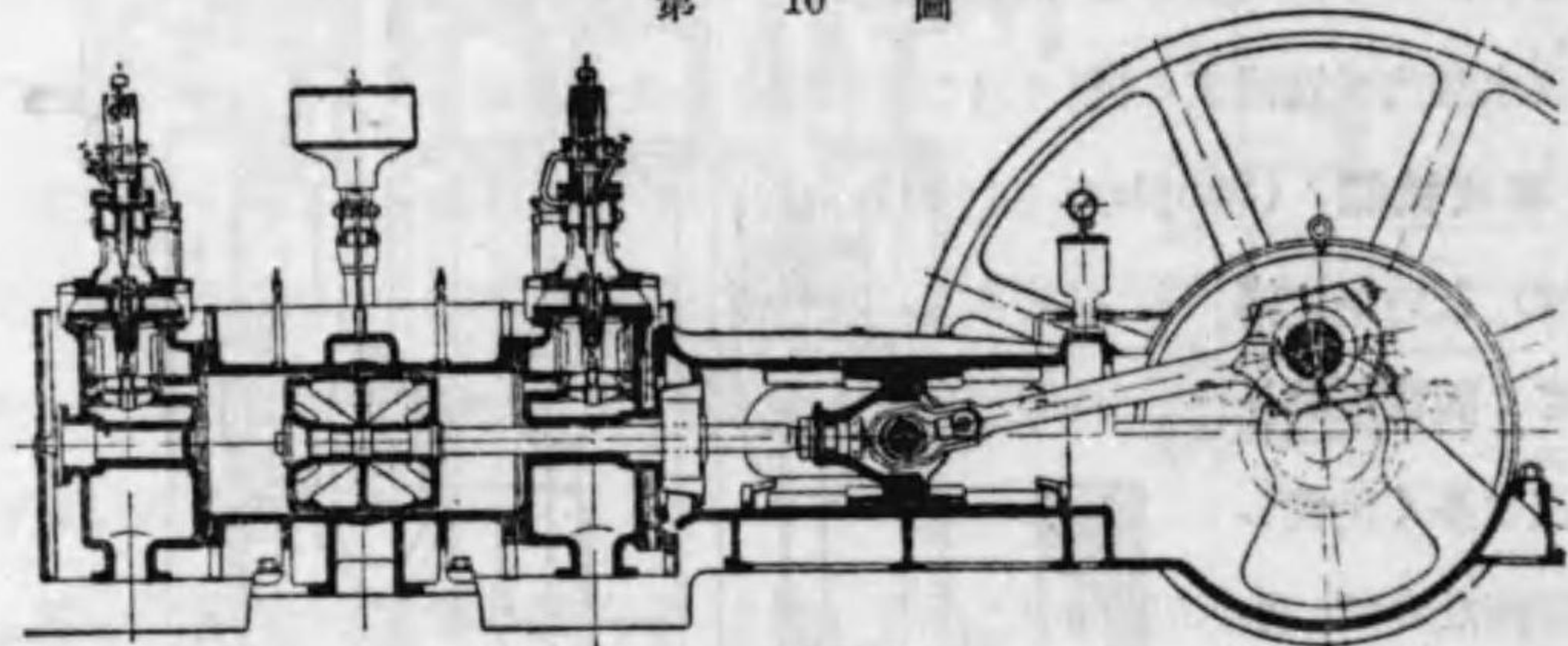


壓の蒸気を小なる汽筒内にて中間壓力まで膨脹させ、それからこの廢汽を大きな汽筒内に導き、十分膨脹させて復水器に放出します。このやうに2段に膨脹させる機關を複式機關 (Compound engine) といひます。船舶用のものは、これと同様に3段、4段に膨脹させて効率を高めたものが用ひられます。複式機關内の蒸気の作用を知るには、夫々インヂケータ線圖を畫くのが便利です。なほ複式機關の汽筒の配置には、並列と、串形とがあります。

### 8. 單 流 機 關

これは普通ユニフロー機關 (Uniflow engine) といひ、單一の汽筒を用ひて多段膨脹を行ふ機關と同一の効果をあげうるものであります。汽筒は長くて中央部に數多の孔を有し之を廢汽門とし、兩端の汽筒蓋に夫々一つづつの大きな持上弁を設けて蒸氣口とし、ピストンは長くて汽筒の約半分を占めてゐます。ピストンが端の位置にある時持上弁から蒸氣を供給し、働き行程の $\frac{1}{10}$ で遮断して膨脹せしめ、 $\frac{9}{10}$ まで押し進めた時汽筒壁の廢汽門はピストンの爲に開き、汽筒内の廢汽はピストンが残りの $\frac{1}{10}$ を進む間に大部分流出します。

第 10 圖



また次の行程では、始めに $\frac{1}{10}$ で廢汽口を閉ぢ、残りの $\frac{9}{10}$ 行程で残りの廢汽を壓縮し、ピストンが終端に達する時には、この壓力が蒸氣の初壓位に達し溫度も相當高くなります。普通の蒸氣機關ではピストン面に仕事を與へて溫度が低くなつた蒸氣は、廢汽行程のとき逆に押しかへされて、汽筒の内

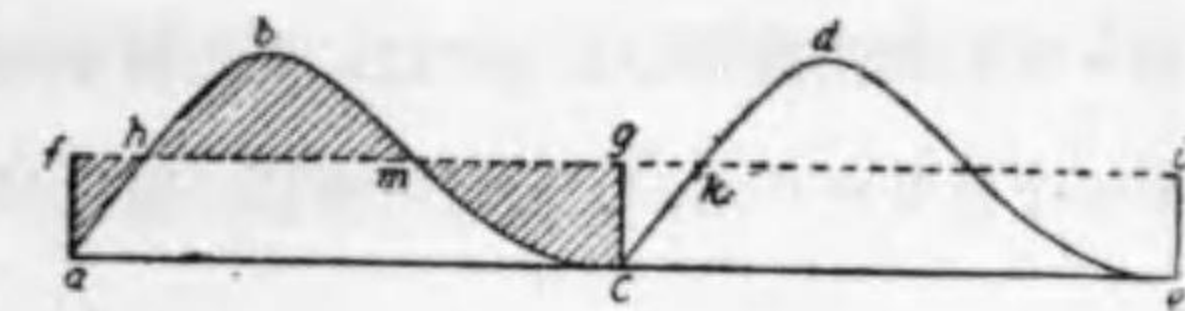
面や蒸氣口の壁面から熱を吸収して、排出されるに反し、この機關では前述の如く汽筒の兩端は常に高温に保つ事が出来、熱の損失が極めて少くなります。而も構造上蒸氣の膨脹度が極めて大ですから熱効率も遙かに高くなります。其上取扱は簡單で無理な運動にも堪へるところから廣く利用され、單筒で $10 \text{ kg/cm}^2$ の蒸氣を用ひ出力 1000 HP, 蒸氣消費量  $5 \text{ kg/HPH}$  で優に4段膨脹機關に相當するものさへあります。

### 9. は つ み 車

はつみ車 (Fly wheel) の目的は、クランク軸が回轉中にうける動力の超過せる量を貯へ、不足の場合これを補ふもので、回轉の速度に變化を來すことのないやう、クランク軸に重量の大なる車を付け軸と共に回轉せしめ、これから生ずる惰力によつて、そ

第 11 圖

の回轉を一樣ならしめるものがあります。



第 11 圖に示したものは、ク

ランク・ピンが一回轉する間の回轉力線圖で、 $abcde$  曲線と、横軸  $ace$  との包む面積は、一回轉中にクランクの受ける仕事で、一行程中に成し遂げられる仕事  $E$  は、面積  $abc$  に等しい。次に面積  $abc$  に等しい様に矩形  $afgc$  を描き面積  $hbm$  を  $\Delta E$  とすれば、 $\Delta E/E$  を勢力の變動率 (Coefficient of fluctuation of energy) といひます。

即ち、クランクの回轉する時、つねに等しい荷重が加はつて居れば、回轉力は平均し、 $fgi$  に示す直線で表はされますから、面積  $hbm$  は過分なる仕事量で、面積  $mck$  は不足する仕事量です。この不足量は、機關の汽筒の數を増すに従つて平均されますから、 $\Delta E/E$  の値は減少し滑に運轉する様になります。



10. はづみ車の計畫

はづみ車の重量を  $W$  (砵) とし、最大速度を  $V_1$ 、最小速度を  $V_2$  (米/秒) とすれば、最大速度に対する車の仕事量は  $\frac{WV_1^2}{2g}$  で、最小速度のものは  $\frac{WV_2^2}{2g}$  です。その差は動力の過、不足の量を表します。即ち

$$\Delta E = \frac{W}{2g} V_1^2 - \frac{W}{2g} V_2^2 = \frac{W}{2g} (V_1^2 - V_2^2) = \frac{W}{g} \times \frac{(V_1 - V_2)(V_1 + V_2)}{2}$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_m, \frac{V_1 - V_2}{V_m} = \epsilon \text{ とすれば,}$$

$$\Delta E = \frac{W}{g} \epsilon V_m^2 \dots\dots\dots(1)$$

最大速度と最小速度の差と、平均速度との比  $\frac{V_1 - V_2}{V_m} = \epsilon$  を速度変動率 (Coefficient of fluctuation of speed) といひます。この速度変動率は、速度の変化の大小を表す係数で、仕事の種類によつて異なるものです。たとへばポンプ用蒸気機関のごときは、1回轉中の速度変化は多少あつても、さほど害にはなりません、發電用機関は変化が僅少でなければなりません。

11. 機関速度の調整

機関は、クランクの位置によつて、ある瞬間は早く廻り、またある瞬間は遅く廻りますが、この速度の変化はクランク軸にはづみ車を附して、緩かにしますが、機関軸に掛かれる負荷が變じ、もしくは汽缸内における蒸気圧が變ずるため、ある時間内における機関の回轉數が次第に増し、または減する場合にあつては、調速機 (Governor) の作用によつて、なるべく回轉數を一樣ならしめます。

調速機の作用は、汽缸内における蒸気の平均有効壓力を機関速度の緩急に應じ増減するにあつて、これを実行するには、つぎの二方法があります。

- (1) 絞り弁 (Throttle valve) による調速法 調速機が、蒸気の供給を支配する絞り弁を動かし、汽缸内に入り込む蒸気の初壓をつねに増減し、

これによつて平均有効壓力を變じます。但しこの場合には、汽缸に入り込む蒸気の縮切點をつねに一樣に保持します。

- (2) 縮切點を變へる調速法 調速機が蒸気の縮切點を變じ、從つて汽缸内における蒸気膨脹の度合を變じ、以て平均有効壓力を變へます。但しこの場合には、蒸気の初壓

第 12 圖

をつねに一樣に保持する必要があります。

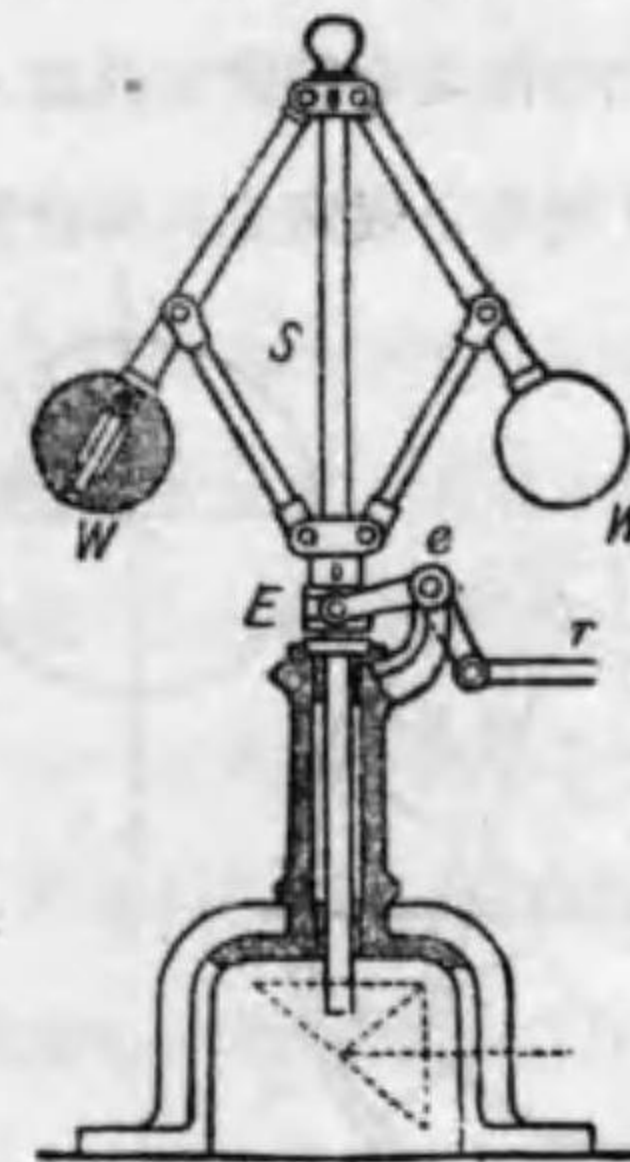


第12圖の I は前の場合、II

は後の場合のインヂケータ線圖の變化する様子を示したものです。絞弁式の調速装置は蒸気の消費といふ點から言へば、不經濟であるが、全装置が簡單である爲現今でもよく採用されてゐます。蒸気の縮切點をかへて膨脹の程度を變へる調速法は機關の要求に應じて蒸気の使用量を加減する故、不經濟に蒸気を使用する憂はない。負荷の不定なる大馬力機關の調整には一般に此の方法が採用せられてゐます

12. 調速機の種類

第 13 圖



調速機の種類は、簡單なものから複雑なものまで、可なりの數に上り、つぎに示すものゝほかに、ポーター調速機 (Porter governor)、ハルツング調速機 (Hartung governor)、ピツカリング調速機 (Pickering governor) などが用ひられてゐます。

- (1) ワット調速機 第13圖は最も簡單な構造で機関軸の回轉によつて直立桿  $S$  は回轉せられ、これに付いて回轉する球  $W$  が、其遠心力によつて外方に開けば、桿に嵌まれる下方の筒  $E$  を引上げます。機関の回轉數が増せば、これに應

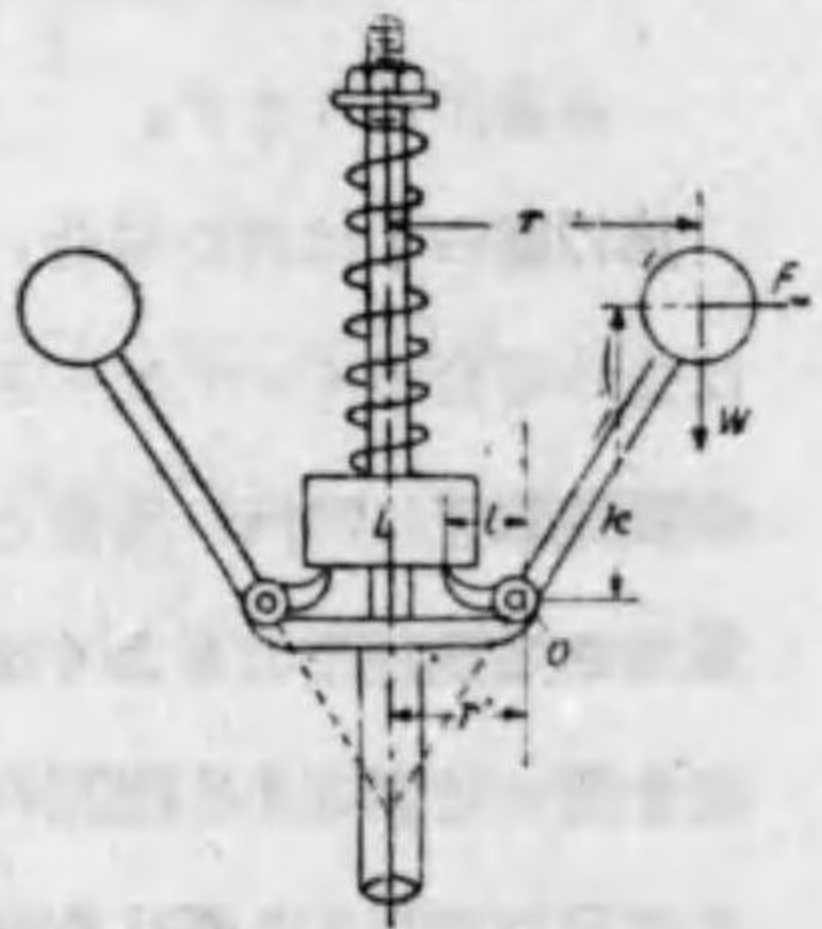


じて桿の回轉數も早くなり、球の遠心力が<sup>(3)</sup>増して筒を更に高く引上げます。その作用が彎曲槓桿 *e* によつて、棒 *r* に傳はり、これによつて絞り弁または滑り弁の締切點を動かすのであります。

(2) バネ調速機 (Spring governor) これはバネを用ひ、その弾力によつて球の遠心力を釣り合はしめるもので、

第 14 圖

球の回轉數が増して遠心力が大となれば、發條を壓迫するか緊張して、球が外方に開き調速作用を行ふものであります。



第 14 圖の調速機では球の重さと、遠心力とが中央の錘の重量と發條の弾力とに釣合ひ、もし遠心力が増加した場合には、それ丈發條を多く壓縮して釣合ふものです。圖の位置で球の遠心力を *F*、發條の弾力を *S*、球の重さを *W*、中央の重量を *L* とし、*O* 點の廻りのモーメントを求めれば次の通りです。

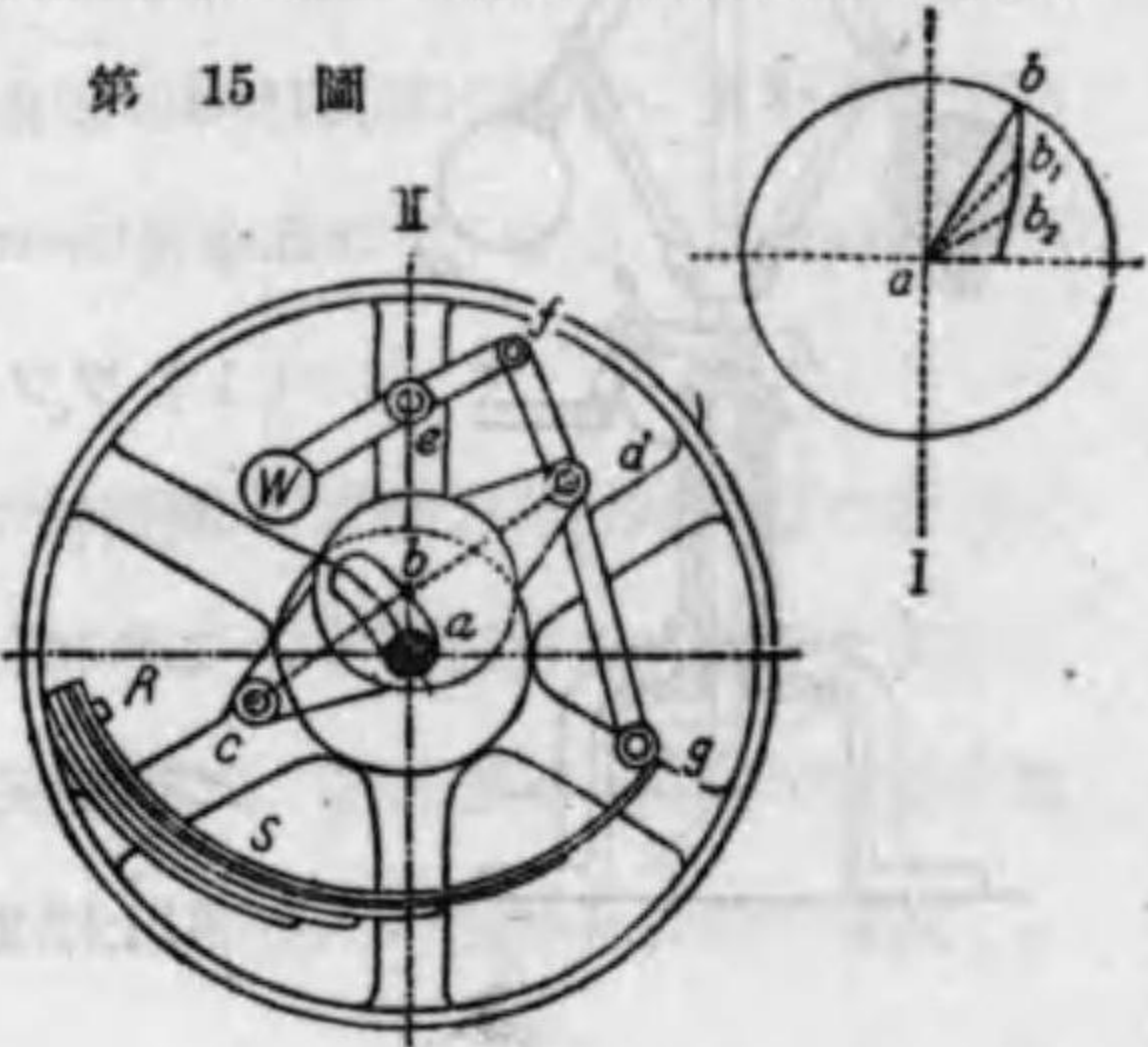
$$Fk + W(r - r') = \frac{L + S}{2} l, \text{ 但 } F = \frac{W}{g} \frac{2n\pi}{60} r^2$$

上圖にて球の重さ *W* とこの圖の位置に於ける毎分の回轉數 *n* とを定めると上式から發條の弾力 *S* が求められます。次にこの機關にかゝる負荷が急に變化した場合の回轉數の變動率に對して、發條の變化の程度を假定すれば、例へば回轉數の變動率 5% に對して發條の變化量を 7 耗等と假定すれば發條が設計出來ます。

第 15 圖

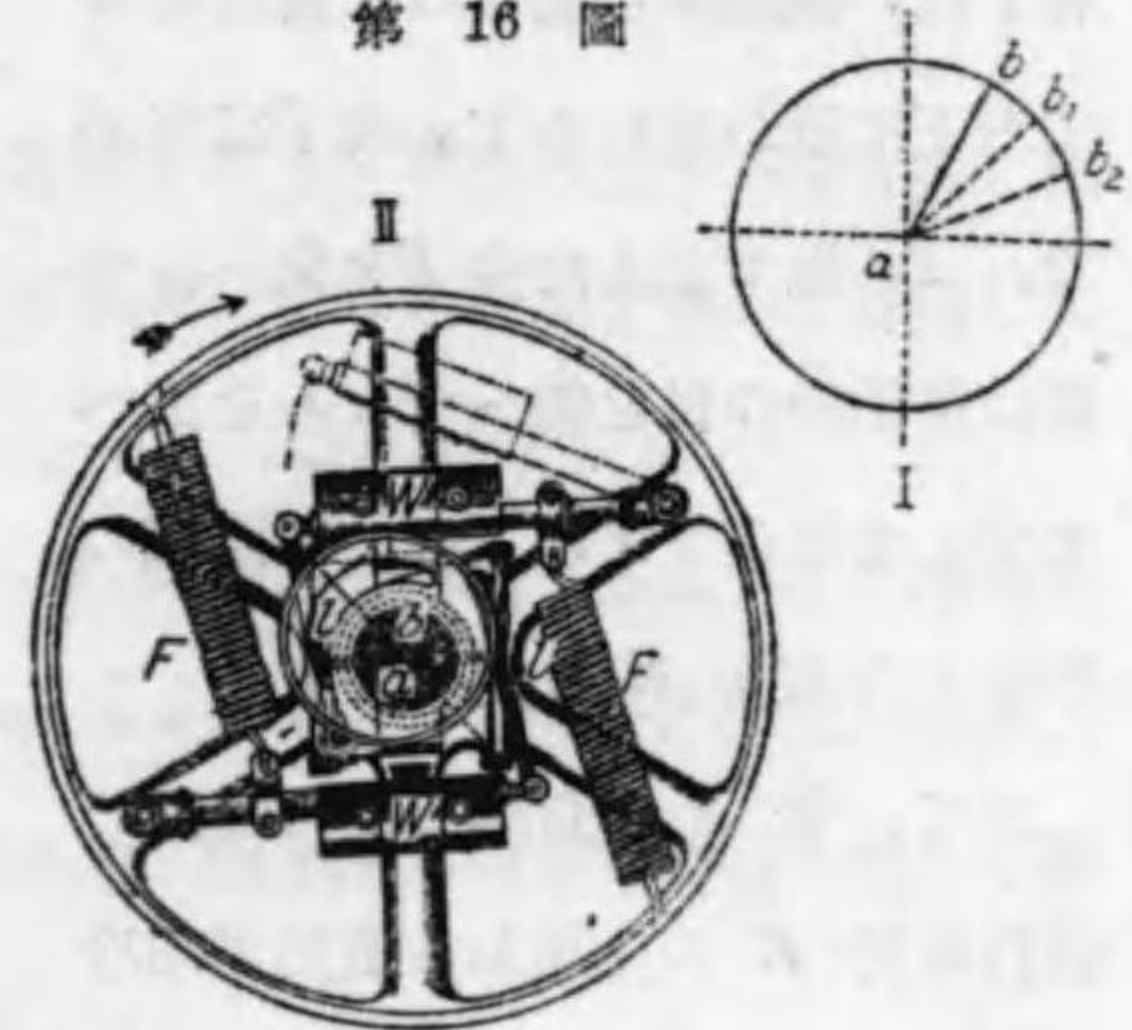
(3) 軸調速機 (Shaft governor)

第 15 圖の *a* はクランク軸の中心、*b* は偏心盤の中心で且つ偏心盤はその體内に彎曲せる溝を有し、これにクランク軸の端を嵌めます。盤から突出せる 2 つ



の腕があつて、その 1 腕は車の輻に固定してゐるピン *e* にはまり、他腕はピン *d* により桿 *fg* に連なる。軸の回轉が早くなれば錘 *W* が外方に開き、ピン *e* が輪輻に固定するから槓桿作用で桿 *fg* を押しやり、板發條 *S* を撓むる。その時偏心盤はピン *e* の周りに動き、偏心 *b* は動いて軸心 *a* に近づきます。従つて前進角を増すと共に偏心距離を減じ、その結果蒸汽の締切りを早くすると共に、蒸汽路の開き方を狭くします。

第 16 圖



第 16 圖の調速機では、錘 *W* は螺旋發條 *F* によつて、夫々軸心の方に引きつけられる。機關の回轉が増して錘が外方に開く時は、桿 *l* によつてクランク軸にゆるく嵌まつてゐる偏心盤を廻し、その結果、偏心 *b* の位置を移して前進角を増し、偏心半徑を變ぜずに滑り弁の締切りを早くします。

### 13. 復水器の目的

蒸汽を凝結せしめ、これを水の状態に復するには冷却させます。これには 2 つの方法があつて、1 つは蒸汽を直接に冷水に接せしめて凝結させ、もう 1 つは冷水で金屬面を冷却し、その反對側の面に蒸汽を觸れしめて、これを凝結させます。前者を噴射復水器 (Jet condenser) といひ、後者を表面復水器 (Surface condenser) といひます。

この復水器を使用すると、背壓 (蒸汽が吐出弁を出た後の壓力) を減少せしめるから蒸汽の膨脹割合が増し、ピストン表面に加はる蒸汽の有効壓力が増加し、機關のなす仕事が増し、効果が多くなります。普通最終の蒸汽壓力と、復水器内の壓力とは 0.7 kg/cm<sup>2</sup> 位の違ひがあります。なほ蒸汽機關



に使用する復水器内の真空度は水銀柱 66 cm (26 吋) 以内が適当で、この場合の背壓は  $0.15 \text{ kg/cm}^2$  位です。

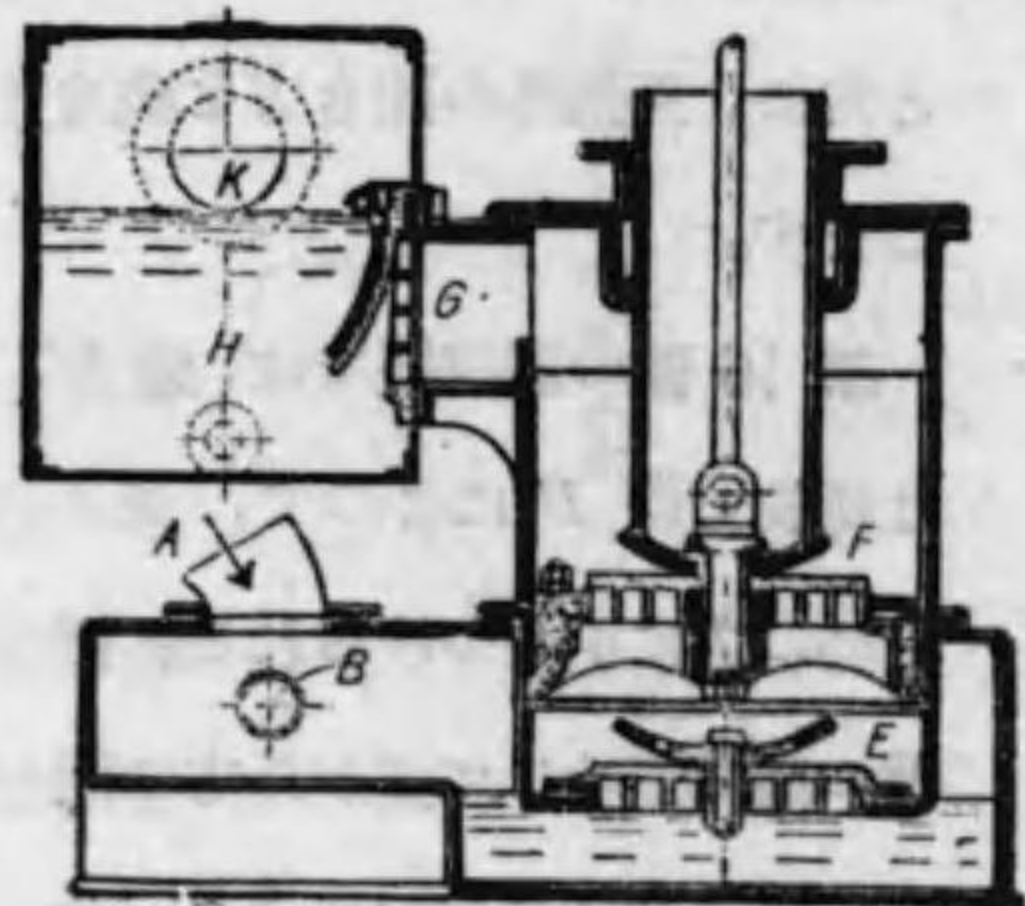
#### 14. 復水器の構造

第 17 圖に示したのは堅型の噴射復水器で、空気ポンプ (Air pump) の

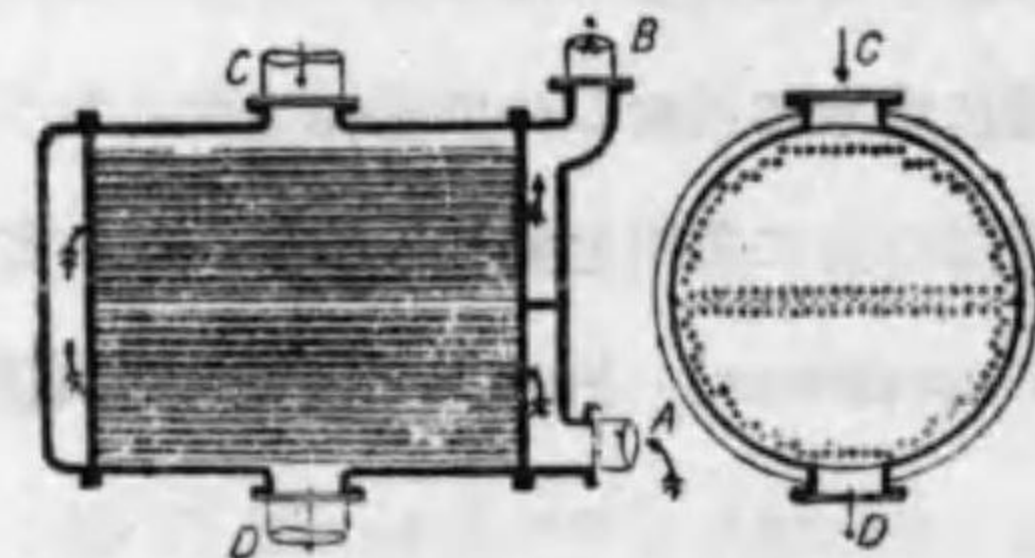
弁子は、機關から適當の仕掛によつて上下に動かされます。弁子は單働で、ゴム板で蔽ふた弁  $F$  を備へ、弁座は格子形の目を備へてゴムを支へます。またポンプの下底には同様の形をした底弁  $E$  を備へます。

さて、管  $A$  から來る蒸気機關の廢汽は管  $B$  の全周から噴出する冷水で凝結し、廢汽中に混入してゐた空氣と相合して右方の溜所に下り、弁子が上り行程をする時  $E$  を押し開いて箱中へ進入し、下り行程をなす時には弁  $F$  を通つて弁子の上面に出で、更に弁子が上り行程をする時弁  $G$  を經て湯溜 (Hott well)  $H$  中に入ります。

第 17 圖



第 18 圖



第 18 圖は表面復水器ですが、外胴は眞鍮もしくは鑄鐵で造るか、或は鍊鐵板、鋼板、または眞鍮板を巻いて鉄止めにします。胴の兩端は眞鍮板で閉ぢ、これに多數の眞鍮管を嵌める、この兩端の板を管板といひます。この管板の外部に水の流通するに足る容積を残し、中凹の蓋で蔽ひます。右方の蓋にはその中間に隔壁を設けます。冷水は管  $A$  から入り、矢の方向に眞鍮管を通つて進み、管  $B$  から出ます。

第 18 圖は表面復水器ですが、外胴は眞鍮もしくは鑄鐵で造るか、或は鍊鐵板、鋼板、または眞鍮板を巻いて鉄止めにします。胴の兩端は眞鍮板で閉ぢ、これに多數の眞鍮管を嵌

機關からの廢汽は管  $C$  から入り來り、眞空管の外面に觸れて凝結せられ、別のポンプで管  $D$  から吸ひ出されます。

復水器によつては、往々廢汽を眞鍮管の中を通し、冷水を管の外を通過させる装置もあります。

#### 15. 冷却水の分量

復水器における冷却水の分量、即ち冷水を直接に蒸汽と混する場合に、蒸汽のある一定量を凝結せしむるには、どれだけの冷水を要するかを算出しなければなりません。

いま  $W_s$  を廢汽の重量とし、 $W$  を  $W_s$  の廢汽を凝結するに要する冷却水量、 $H$  を廢汽一疋の有する全熱量 (キロカロリー)、 $t_1$   $^{\circ}\text{C}$  を冷却水の溫度、 $t_2$   $^{\circ}\text{C}$  を混合水の溫度とすると、廢汽の失ふ熱量は、冷却水の得る熱量に等しいから

$$W_s H - W_s t_2 = W (t_2 - t_1)$$

$$\text{依つて } W = W_s (H - t_2) / (t_2 - t_1)$$

また廢汽と冷却水とが混合しない場合には、 $t$   $^{\circ}\text{C}$  を凝結水の溫度とし、 $t_1$   $^{\circ}\text{C}$  を復水器に入る時の冷却水の溫度、 $t_2$   $^{\circ}\text{C}$  を復水器を出る時の冷却水の溫度とすれば、つぎのやうな式になります。

$$W_s H - W_s t = W (t_2 - t_1)$$

$$\text{依つて } W = W_s (H - t) / (t_2 - t_1)$$

かくて以上の式から冷却に要する水量を算出し得るのですが、冷却水の溫度は一定しませんから、所要の水量も異なるけれども、噴射復水器の場合は、廢汽の量の 20~30 倍、また表面復水器の場合は 80 倍位に取ります。しかし復水器の眞空度をわづかに増加させるにも、冷却水量は著しく増大するものであります。



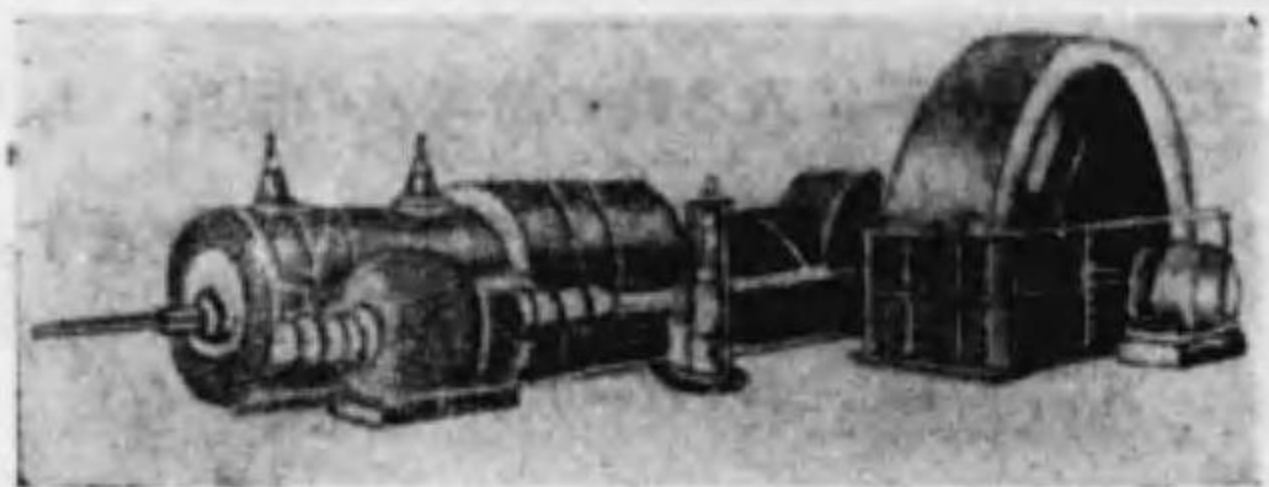
## 16. 各種の蒸気機関

(1) 陸用高速機関 (High speed land engine) 主として発電機の運轉に用ひられ、單動式と複動式があります。單動機関は構造が簡單で、高速回轉に適してゐます。一般の堅型の複動機関がピストンの両面に蒸気が作用して、軸の回轉に伴ふ軸受の衝動が激しいのに対し、單動機関は蒸気がピストンの一方にしか作用しないから、衝動から起る影響は少い。たゞ發生動力が半減される缺點は免れません。

(2) ユニフロー機関 (Uniflow engine) 普通の蒸気機関では蒸気がピストンの両面に作用し、蒸気は汽筒の両端から進入し、廢汽も両端から排出されるから、ピストンの運動方向に反する壓力も多少残ることになりますから、効率が低下します。この機関は前述の如く、蒸気をつねに一定方向に進ましめ、逆流することなからしめ普通の機関の缺點である廢汽の低溫度に基く汽筒の頭部溫度の下降することを防止し、その上新に進入し来る生蒸気 (Live steam) の溫度が低下しないので、その熱エネルギーははるかに有効に

第 19 圖

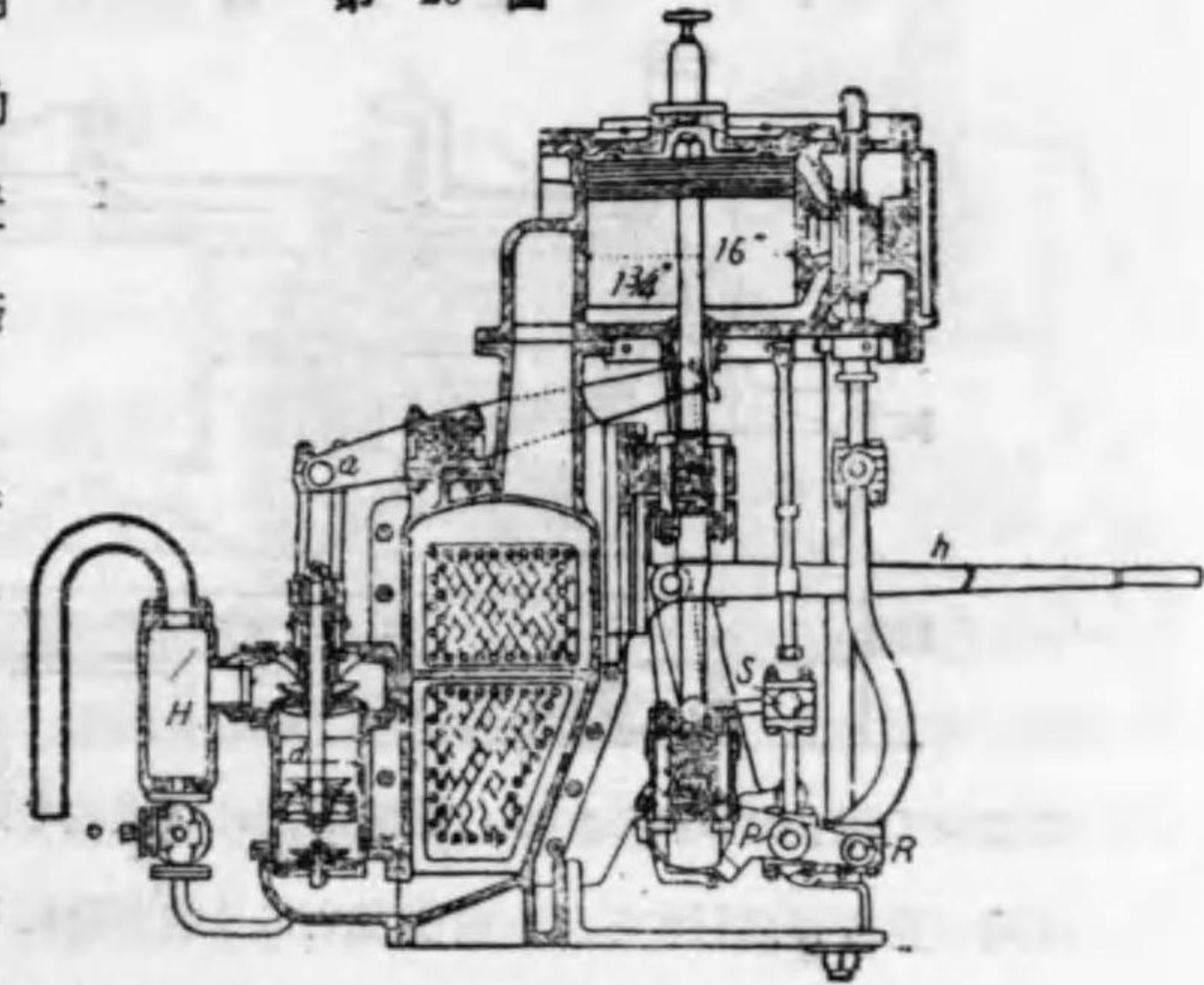
使用されます。第 19 圖はツルツア—抽汽機関で、高壓、低壓の兩汽筒を用ひ、高壓汽筒の排汽の一部を工場内の加熱用その他に利用し、残りの一部を低壓汽筒の方へ給します。



(3) 船用機関 (Marine engine) 最近の軍艦や巨船は、タービンを使用してゐますが、まだ普通船舶用としては、蒸気機関が廣く用ひられてゐます。第 20 圖は小蒸気船用複式凝結機関で、汽筒は別々に鑄造され、後方は復水器から鑄出した脚で、前方は鍊鐵製の柱で支へられてゐる。

機関の逆回轉に柄  
h を動かし、搖動  
腕の樞心 S の位置  
を轉じ、蒸気の締  
切り點を變へる。  
復水器内の眞鍮管  
には、送水ポンプ  
で冷水を循環さ  
せ、低壓汽筒から  
排出される廢汽が  
凝結して、ポンプで吸上げられ、湯溜 H 中に送られます。

第 20 圖

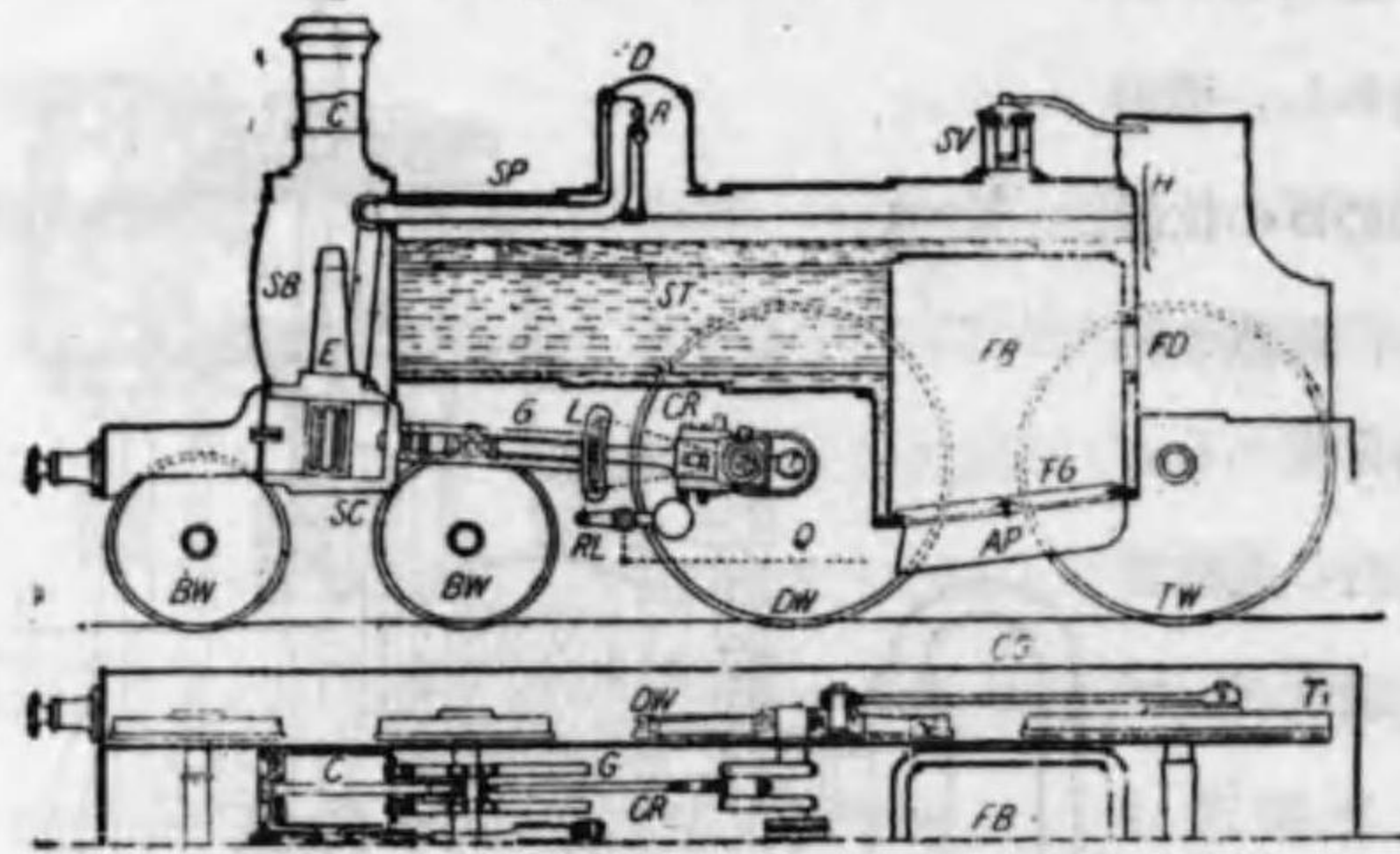


(4) 發電用機関 (Dynamo engine) 發電機に連結される機関は、高速回轉をするので、クランク軸及びクランク・ピンを比較的大きくし、また軸受の長さを長くして、その表面に受くる壓力の強さを少くします。回轉は毎分 250~500 位で、回轉力を平均するため運動部分を軽くし、比較的大きなはづみ車をつけ、軸受床盤及直立胴は全部一體に鑄造し、胴にクロスヘッドの滑り路をつくります。

(5) 機關車機関 (Locomotive engine) この機関は汽筒を小さく作り、高壓の蒸気を用ひ、汽筒の火格子面積を廣くして、石炭の燃焼量を多くし、一方汽筒の胴を長くして傳熱面を大きくします。第 21 圖においてクロスヘッドは滑り路 G の内部を滑り、これから連桿 CR を經て、働輪 (Driving wheel) DW の軸を廻す。この軸に固定してゐる偏心輪にリンク装置を仕掛けて、汽室内の滑り弁を動かす。機關手が棒 Q を引けば槓桿 RL が少しく廻つて、リンク L の位置を變ずるから滑り弁の作用を變じ、蒸気の締切り點を換へ、或は機關の回轉を逆にします。働輪 DW と後輪 (Trailing wheel) TW とは、連結棒 (Coupling rod) CG



第 21 圖

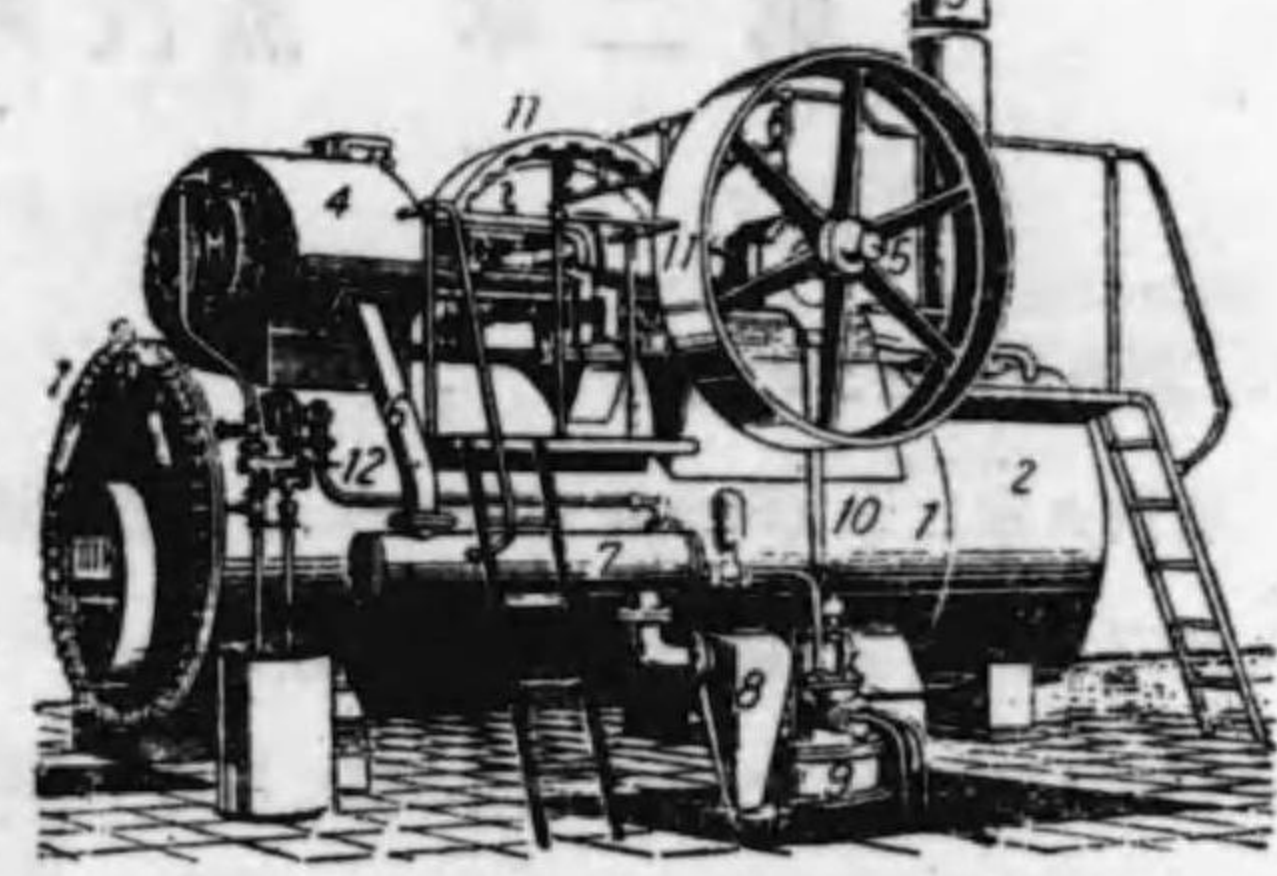


によつて組合せられるから、働輪が廻れば後輪も廻ります。これらの輪は同一車臺に取付けられ、前後左右に4輪が聯結されますから、この機關車を4輪聯結車と呼び、小徑の車輪 BW はボギーといひます。小さい機關車で運轉に要する水及び石炭を、その兩側に積むものをタンク・エンジンといひ、大きい機關車で後部の連結車に水及び石炭を積み込むものをテンドー・エンジンといひます。

(6) 工場用機關 (Factory engine) 工場用の蒸汽機關には單汽筒、復汽筒、單流機關等其目的に應じて種々のものが用ひられます。單汽筒は主に小馬力發生用で復水器を有せぬ場合が多く、復汽筒、單流機關は大馬力發生用で大抵復水器を有してゐます。又單汽筒には横型と豎型とがあり、横型の特徴としては各部に手が届き易いから掃除や検査に便利ですが、運轉中ピストンの重さで汽筒が橢圓形に磨滅する處があります。豎型の特徴は床面が狭くてすみ、又ピストン行程を少くして高速回轉をやらせる事が出来ませんが、割合震動が多く填物穴其他から凝結水や潤滑油が漏り不潔となり易い。復汽筒、單流機關には又夫々串型に連結して大馬力を發生させる場合もあります。

(7) ロコモビル (Locomobile) これは機關車罐に似た定置罐の上部に機關を取付けたもので、罐も機關も同一の臺上にありますから、場所の節

第 22 圖



約が出来て、その上移動式に適してゐるので、一時的の工事用及び小動力の發生や小容量の發電機に用ひられ効果があります。機關にははづみ車兼用の調車を備へ罐は煙管式で、過熱器を有し、鋼板の煙突を罐に取付け、燃焼した石炭の焰は罐の後部過熱器を通過し、煙突に通ずるから、燃料の節約となります。なほこの機關には、復水式のもの、不凝式のものがあります。(第 22 圖)

#### 17. 蒸汽消費量について

機關の蒸汽消費量を少なくすることは頗る必要なことで、このために單式より複式、また三段膨脹と機關の汽筒數が増加するほど、その効率は高まりますが、經費と設備費の經濟方面の點も考へねばなりません。

一般に過熱蒸汽を使用すれば當然熱効率は高まるが、汽筒の過熱や給油の面倒などの點より、普通には飽和蒸汽を使用してゐます。

復水器を設備したものは、不凝式機關より蒸汽消費量が遙かに少い。其理由を考ふるに汽筒内で蒸汽が膨脹する場合、ピストン面に働く終壓は理論上其脊壓にまで下げ得べきですが、斯の如き高度の膨脹を行ふには莫大の容積を要するが故に、普通には蒸汽の終壓は脊壓より 0.7 氣壓位高い所を膨脹の限度としてゐます。従つて不凝式では終壓は 1.7 氣壓、復水式では 0.9 氣壓位が膨脹の止りです。今機關を不凝式に運轉する場合に、蒸汽の平均有効壓力を假りに 2 氣壓とすれば、この機關に復水器を連結する事によつて脊壓が 0.8 氣壓許り減ずるから、平均有効壓力は 2.8 氣壓となり機關の出力は 4 割の増加となります。結局同じ仕事をさせるとそれ丈蒸汽消費量が少くてすむ譯です。

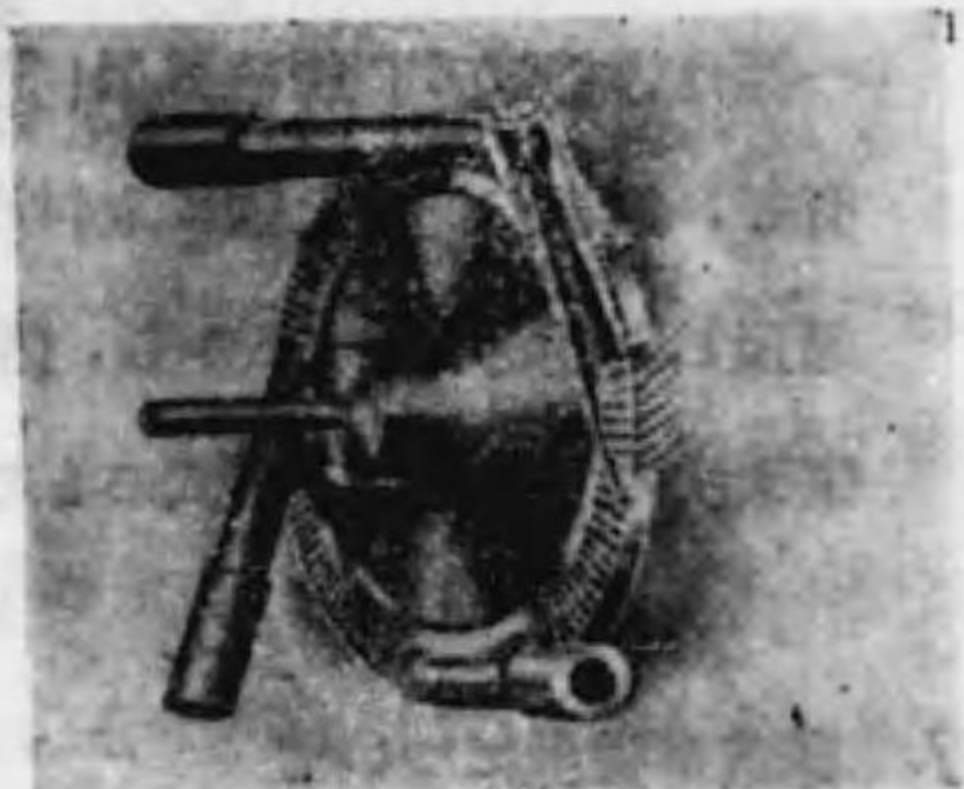


## 第二章 蒸気タービン

## 1. 蒸気タービンの目的

蒸気タービン (Steam turbine) は、蒸気機関と異り、蒸気罐から送られた蒸気が、第 23 圖に示したやうなタービンのノズル (Nozzle) を通る際に極めて短時間に膨脹して、非常な高速度でノズルより噴出し、回轉車の周圍に植付けられた羽根 (Blade) に打つかつて、これを回轉させ、動力を發生させます。この車を羽根車 (Turbine rotor) といひます。

第 23 圖



即ち、タービンは、蒸気の衝撃力によつて回轉され、動力を發生するものであつて、この目的と作用は水車に似てゐますが、水は壓力の高低に従つて速力の變化を起すも、蒸気の様な容積の變化は生じません。つまり、水は蒸気のやうに膨脹しないから、仕事をさせるのに取扱が困難です。

このやうにタービンは、熱エネルギーを機械的エネルギーに變換する熱機關の中で、蒸気の熱を利用する原動機としては極めて大切なもので、また蒸気機関に比べて蒸気の消費量が少く、効率ははるかに高く、且つ大動力を出すに適しますので、陸上や船舶の發電用は勿論、軍艦や船舶推進用にも廣く用ひられてゐます。

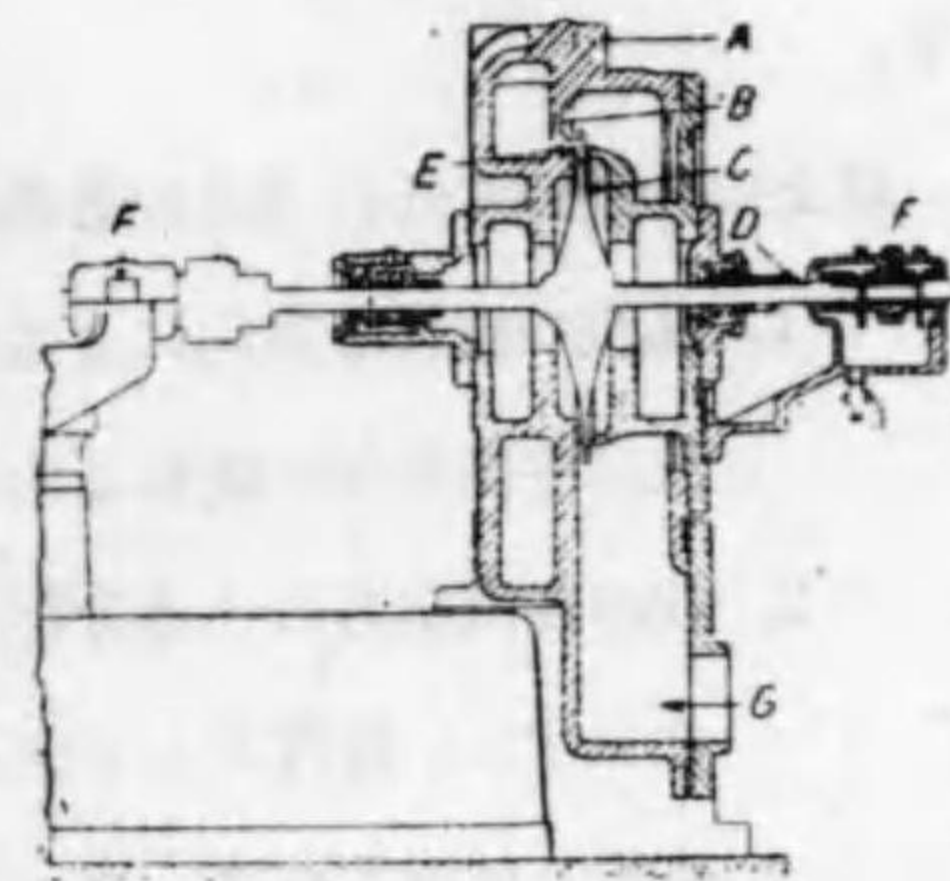
## 2. 蒸気タービンの構造

蒸気タービンの容量は蒸気機関と異り實に廣範圍に互つてをります。蒸気機関が一基の出力1000馬力、回轉數毎分 500 程度が其限度であるに對し蒸気タービンでは其發生馬力は數馬力より十數萬馬力に至るまで、又其回轉數

は、毎分1000回轉位より30000回轉位に至るまで自由に撰ぶ事ができます。其構造原理は皆同一で、次にその最も單純な初期のものであるツ・ラバルタービンについて其主要部の構造を説明します。

タービンの主要部は蒸気を密閉してゐるケーシング A と、適當な軸受に支持せられてゐる軸 D と其上に乗つてゐる圓盤 C から成立つてゐます。蒸気はノズル B より噴射して圓板 C の周圍に植えつけられた羽根 E へ吹きつけられて、之を回轉するものであります。以下に各種のタービンを簡単に説明します。

第 24 圖



## 3. 蒸気タービンの分類

蒸気タービンは噴出蒸気の衝動と、反動とを利用して回轉させるもので、之を次の如くに大別する事が出来ます。

1. 衝動タービン (Impulse turbine)
2. 反動タービン (Reaction turbine)
3. 衝動反動混成タービン (Impulse-reaction combined turbine)

この衝動といふのは一つの物體が他の物體に衝突して運動を與へる事を言ひ、反動といふのは、一つの物體が他の物體から飛び出る場合、他の物體を逆の方向に押しやる事をいひます。衝動タービンでは蒸気がノズルを出る間にのみ壓力が落ちて、高速の蒸気となり動羽根に衝突して運動を與へます。従つて動羽根を通る間は蒸気の壓力は一定です。所が反動タービンでは蒸気がノズルを出る間に壓力が落ちて高速の蒸気となり動羽根に衝突して運動を與へますが更に動羽根を通る間にも壓力が落ち、従つて蒸気は更に増加しますから、其反動により動羽根を更に後方に押しやつて出て行き



ます。反動タービンは蒸気の衝動作用と反動作用とを同時に利用したものです。

以上の分類法の他に 2.3 の著名な分類法を記してみましよう。

1. 蒸気の流れる方向による分類 ; 一軸流タービン, 輻流タービン (蒸気が半径方向に流れるもの,
2. 使用蒸気圧力による分類 ; 一超高圧タービン, 高圧タービン, 低圧タービン, 廢汽タービン (他に使用して廢汽となつた大氣壓程度の蒸気を使用するタービン,)
3. 終壓の状態による分類 ; 一復水タービン (復水器を用ひて終壓を眞空とするもの) 脊壓タービン (終壓が大氣壓以上のもの)
4. 蒸気の流れの状態による分類 ; 一單流タービン (タービンにはいつた蒸気が直接排氣にまで進むもの) 多流タービン (タービンにはいつた蒸気が途中で蒸気の一部を附加され, または抽出せられるもの) 抽氣タービン (途中で蒸気の一部を抽出せられるもの)

#### 4 蒸 汽 表

種々の状態に於ける蒸気の性質を表す線圖に蒸気表 (第25圖参照) なるものがあります。この線圖を使へば蒸気の計算を最も簡單に行ふ事ができます。以下に蒸気表と其使用法を簡單に説明ませう。

第 25 圖にて縦軸は種々の状態に於ける蒸気の1kgが有する全熱量 kcal (キロカロリー) を, 横軸はエントロピー (熱量と溫度とによつて變化する或單位) を表します。線圖の中程にある境界線を飽和線といひ, それより下を蒸發區域, それより上を過熱區域といひます。蒸發區域とは種々な溫度, 種々な壓力の元に於ける蒸気の中で水分子を含有する蒸気の範圍をいひ, 過熱區域とは蒸気の溫度を高めて行くとき水分子の全く無くなる蒸気の範圍を言ひます。従つて飽和蒸気とは水分子を有する蒸気と水分子を有せない蒸気との



作用と反動作用とを同時に利用したもので

な分類法を記してみましょう。

分類；一軸流タービン，輻流タービン（蒸  
の，

；一超高圧タービン，高圧タービン，低圧

（他に使用して廢汽となつた大氣壓程度の

復水タービン（復水器を用ひて終壓を真

ピン（終壓が大氣壓以上のもの）

分類；一單流タービン（タービンにはいつ

進むもの）多流タービン（タービンにはい

一部を附加され，または抽出せられるもの）

（の一部を抽出せられるもの）

表す線圖に蒸気表（第25圖参照）なるも

汽の計算を最も簡單に行ふ事ができます。

明ませう。

於ける蒸汽の1kgが有する全熱量 kcal（キ

（熱量と溫度とによつて變化する或單

境界線を飽和線といひ，それより下を蒸

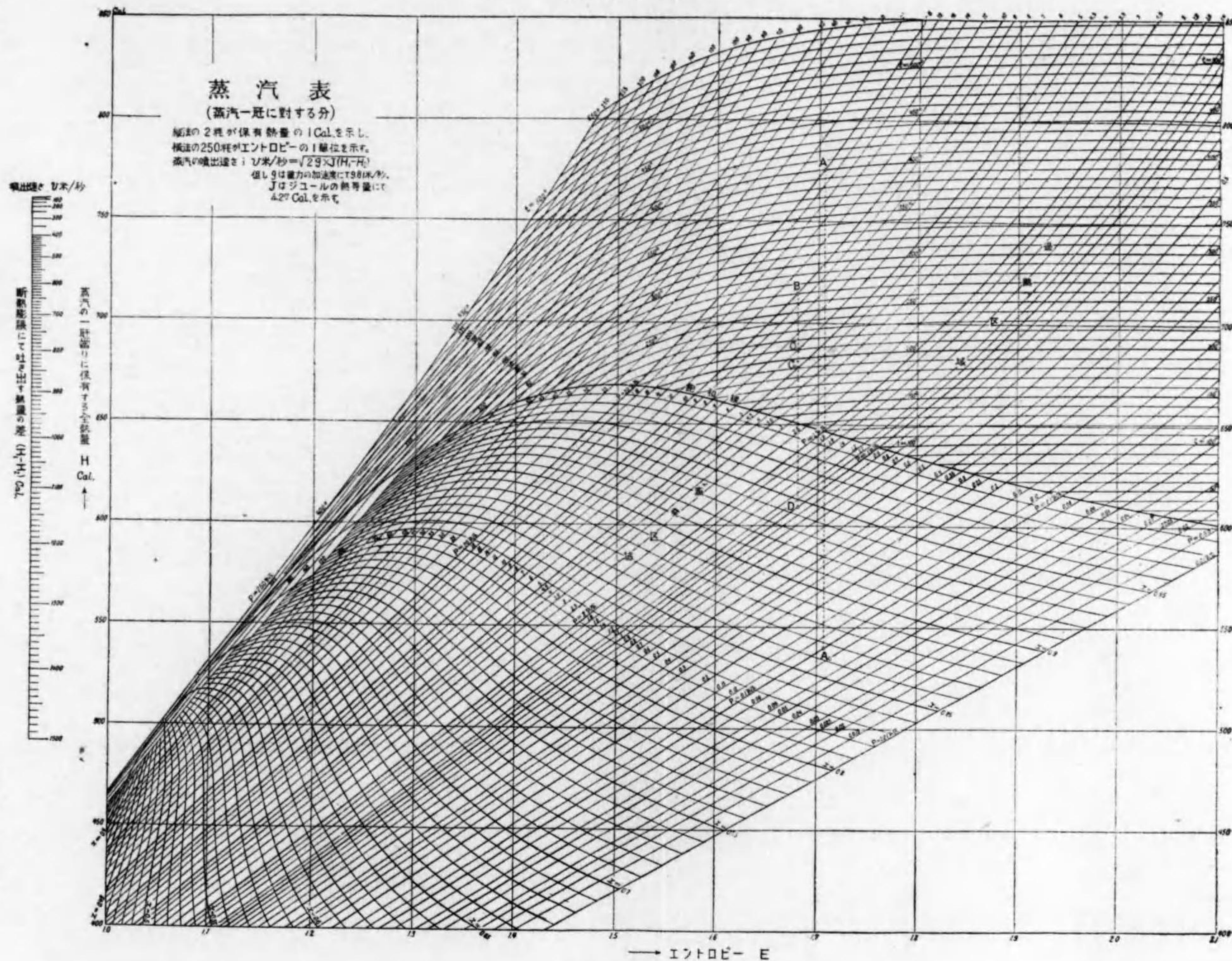
みます。蒸發區域とは種々な溫度，種々

子を含む蒸汽の範圍をいひ，過熱區

水分子の全く無くなる蒸汽の範圍を言ひ

有する蒸汽と水分子を有せない蒸汽との

第 25 圖



(312頁-313頁/間)



境目の蒸気の事です

線圖の内右上りの線  $P$  は蒸気の壓力を表し、過熱區域中の横線  $l$  は過熱された溫度を表し、蒸發區域中で右下りの線は  $1kg$  の蒸気の中に含まれる水分子の量の%を表します。蒸發區域中に溫度線の無いのは壓力線に沿つて溫度は一定だからです。圖から分る如く壓力の高い程溫度の高い程、蒸気の有する全熱量は多くなつてゐます。

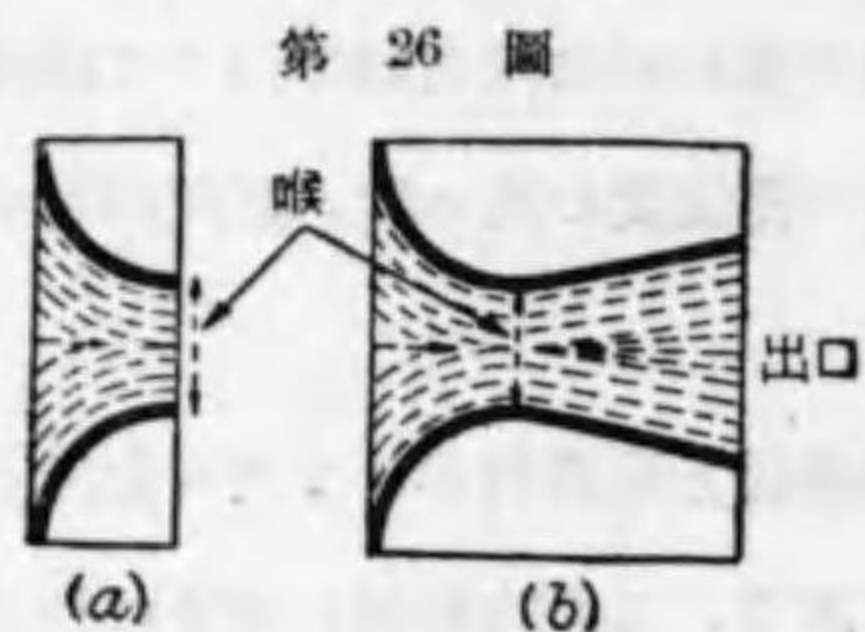
次に斷熱膨脹の事につき一言します。斷熱膨脹とは蒸気がノズルを出るときに如く熱の出入する暇なく急に膨脹する事で、この時膨脹の前後に於て蒸気の失つた熱のエネルギーの殆んど全部は速度のエネルギーに變るものです。この失つたエネルギーや蒸気速度を一例を擧げて簡單に求めて見ませう。壓力計壓力19氣壓、溫度 $400^{\circ}C$ の蒸気がノズルを通過して $0.1kg/cm^2$ の蒸気になつた場合、ノズル前ノ蒸気の狀態は圖中  $A$  點で表はされます。壓力計の壓力は大氣壓を零として $1kg/cm^2$ を1氣壓として目盛つてあり、又大氣壓は絕對壓力の約 $1kg/cm^2$ ですから、壓力計19氣壓は絕對壓力の $20kg/cm^2$ となります。又  $A$  點の有する全熱量は $775kcal$ です。この蒸気が斷熱膨脹したのですから、ノズル通過後の蒸気の狀態は  $A$  から垂直線を引き $P=0.1$ 氣壓の線と交はる點  $A_0$  で表はされます。  $A_0$  點の蒸気の有する全熱量は圖より $540kcal$ ですから蒸気はノズル通過中  $775-540=235kcal$  の熱量を失つた事になります。この熱量が理論上全部速さのエネルギーに變つたとしたときの蒸気の速度は、左端のスケールで読んで $1400m/sec$ となります。又  $A_0$  點の蒸気が水分子を含む割合は同圖より  $x=0.866$  ですから  $A_0$  點の蒸気 $1kg$ は水分子 $0.134kg$ を含む事になります。この蒸気表を使用すれば普通の實用範圍に於て種々の狀態の元に於ける蒸気計算を簡單に行ふ事が出来ます。

## 5. ノズル

ノズルの目的は蒸気の壓力を急に下げて、高速度の噴出蒸気を得るもの



で二つの種類があります。第26図の様に出口よりも喉の小さいものを末廣ノズルといひ、出口が一番小さくて丁度喉になつてゐるものを末細ノズルといひます。末廣ノズルでは其廣がりの割合を適當に選ばば、ノズルの



第26圖 末細ノズル末廣ノズル

出口に於ける蒸気の壓力は、いくらでも下げられ、従つて噴出蒸気の速度はいくらでも速くする事が出来ますが、末細ノズルでは、出口の蒸気の壓力を入口の蒸気壓力の約半分以下には絶対に下げ得ません。之を詳しく言へばノズル前の蒸気の壓力を

$p_0 \text{ kg/cm}^2$ , 出口の蒸気壓力を  $p_1 \text{ kg/cm}^2$  とするとき

(1) 過熱蒸気に於ては  $p_1 = 0.5457 p_0$

(2) 飽和蒸気に於ては  $p_1 = 0.5774 p_0$

出口の蒸気壓力は上式の  $p_1$  以下には絶対になりません。従つてこの時の蒸気速度も  $p_1$  に相當する値よりは絶対に速くなりません。斯かる場合の壓力及速度を夫々限界壓力、限界速度といつてゐます。

6. ノズルより噴出する蒸気の速度及ノズルの面積計算

蒸気がノズルを通過する際に失ふ熱量を  $H_1 \text{ kcal}$  とし、この熱量が悉く噴出の速さに變化すると假定すれば、噴出の速さ  $v_0 \text{ m/sec}$  は次の式から算出せられる。

$$v_0 = \sqrt{2gJH_1}$$

$g$  は重力の加速度を表し、 $J$  はジュール (Joule) の熱等量と稱へるもので、 $1 \text{ kcal}$  の熱量を仕事に換算した値、即  $427 \text{ kgm}$  を表します。これ等の定數を上式に入れると

$$v_0 = 91.5 \sqrt{H_1} \dots \dots \dots (1)$$

第25表の左端の蒸気速度の尺度はこの式から計算したものです。然し蒸

汽がノズルを通過する際の速度は、蒸気同士の間や蒸気と壁との間に摩擦があつて、理論速度より少し低い値となります。これを  $v \text{ m/sec}$  とすると

$$v = \varphi v_0 \quad \text{但} \quad \varphi = 0.95 \sim 0.97 \dots \dots \dots (2)$$

次にノズルの出口の面積を求めます。ノズルを通過する蒸気的全重量を  $G \text{ kg}$ , ノズルの出口斷面積を  $F \text{ cm}^2$ , 又ノズルの出口に於ける蒸気の比體積 ( $1 \text{ kg}$  の體積) を  $V \text{ m}^3/\text{kg}$  として之を別表より求めると。

$$F = \frac{GV}{v} \times 10000$$

末廣ノズルの咽喉の面積を求めるには、その咽喉部の壓力は丁度限界壓力ですから、之に相當する熱落差  $H_1$  と比體積  $V$  を求めると上式から咽喉部の斷面積を求める事が出来ます。

7. 羽 根

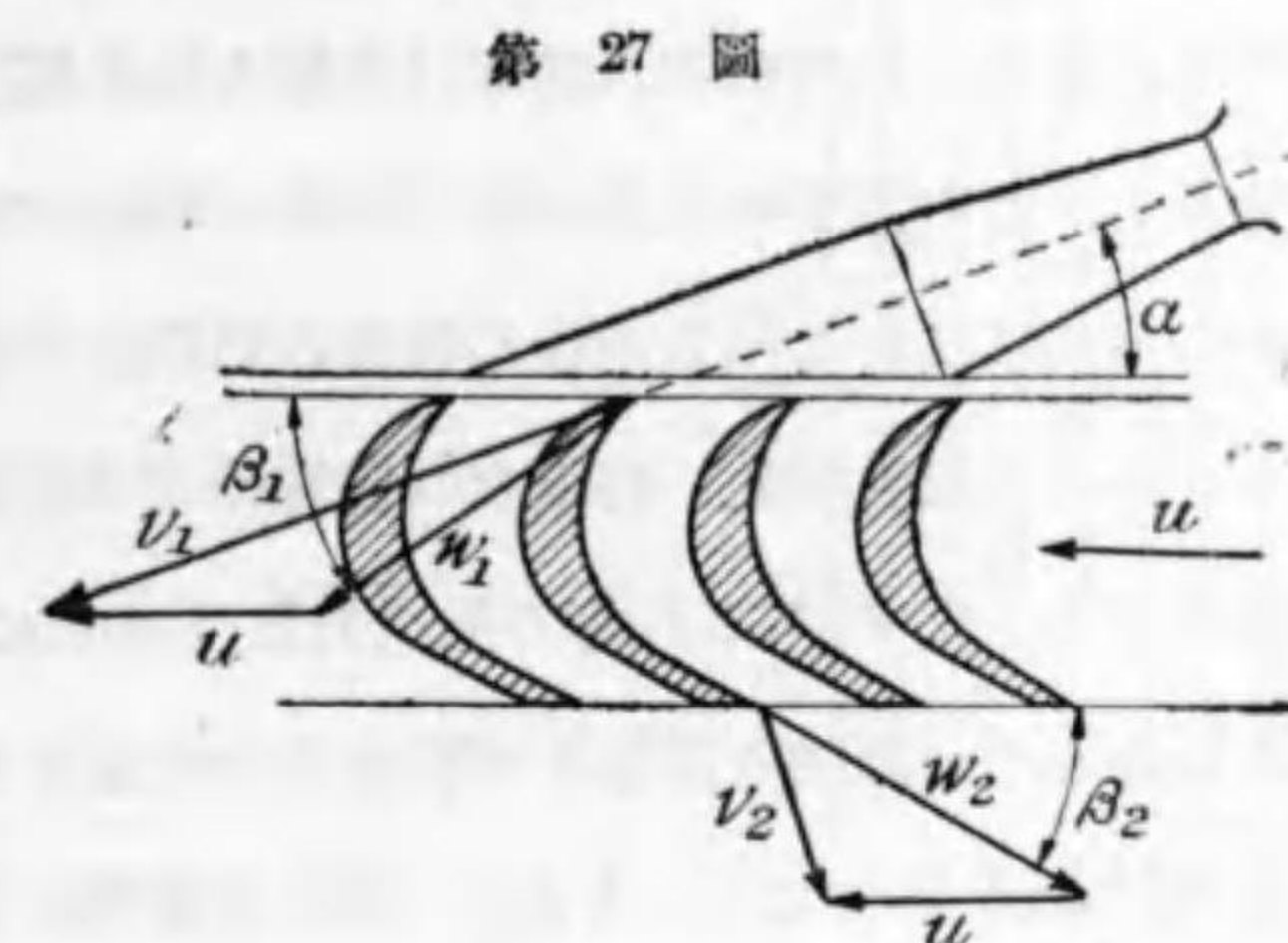
蒸気タービンの羽根は前述の如く蒸気の衝撃や反動をうけて羽根車を回轉させるものですから、表面が奇麗で摩擦のない事が必要であり、又蒸気が最も都合のよい角度で入つて衝撃を與へ、都合のよい角度で出て行く事が必要です。この角度は構造上又は能率上から大體定まつた値を探つてゐます。

以下には衝動タービンの羽根について説明しませう。

ノズルの出口角度は大體  $16^\circ$  前後が一番よろしい。ノズルの角度が定まると、次に述べる如く羽根の大體の角度が定まります。

羽根に於ける出入口の角度及出入口の蒸気速度をベクトルを用ひて求めてみませう。

羽根列に対してノズルの傾斜角を  $\alpha$  とすると蒸気は羽根に角度  $\alpha$  で流入する

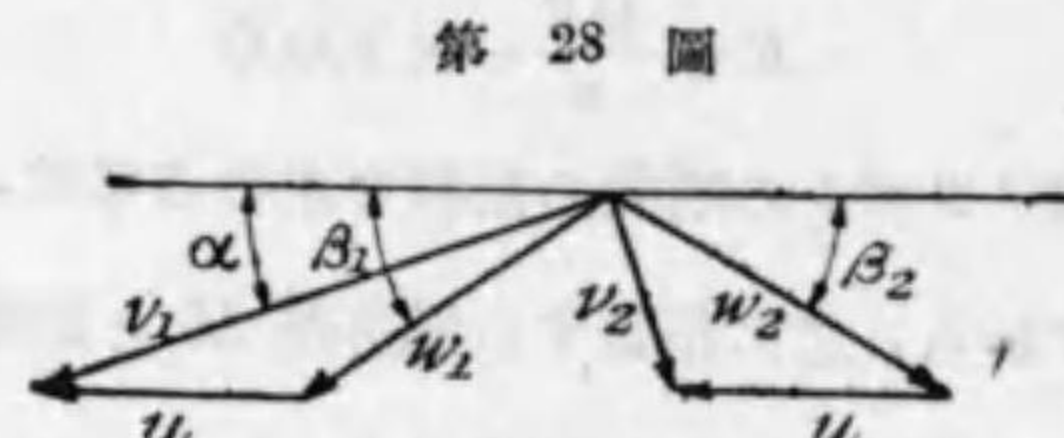


第27圖



事になります。このときの蒸気速度を  $v_1$ 、回轉羽根の圓周速度を  $u$  とすると、第一編8頁に述べた如く第27圖のベクトル線圖が描かれます。このとき  $w$  は相對速度です。即ち羽根が靜止したと考へたときの蒸気の假想の速度です。  $w_1$  の角度  $\beta_1$  は羽根の理論上の入口角度になります。之と同じことを出口について行ひます。但出口に於ける蒸気の相對速度  $w_2$  は摩擦の爲に  $w_2 = \phi w_1$  の値をとります。出口の蒸気は速度  $v_2$  で出て行き理論上の出口角度は  $\beta_2$  になります。

實際計算の場合には第27圖のベクトルを一緒にまとめて第28圖の如く表します。



又動き羽根が二列あるときは上述の  $v_2$  を次の列の固定羽根即ちノズルに入る蒸気速度として同一の操作を繰り返して、ベクトル線圖を描く事が出来ます。

高温度の蒸気をうけて回轉する羽根の材料は、十分高温度に耐へ、又濕り蒸気に對する發錆を防ぎ、而も高速度の爲に羽根に生ずる遠心力は相當大なるものとなるから、大なる張力に耐へる材料でなければならぬ。之が爲に現今は専ら羽根用不銹鋼とてニッケル及クロームの合金鋼を用ひます。

8. 蒸気タービンの計算

蒸気タービンの出力の計算は結局羽根の計算を行へばよい。ノズルの入口の蒸気速度、出口の蒸気速度（羽根入口の蒸気速度）羽根出口の蒸気速度が分ると、この速度の損失は何 kcal に相當するかを(1)式より求めます。熱量の損失はこれ等損失の外に最後の羽根から噴出する蒸気速度損失、パツキンからの漏洩損失、羽根車の回轉による搔き廻し損失、熱の傳導による損失等がありますが、これ等の全損失を kcal に換算して、之を全然損失がないとしたときの斷熱差より引き去つた残りが有効な仕事に變る譯です。之を  $H'$  kcal とすると、これは 1kg の蒸気のする仕事ですから蒸気タービ

ンの全蒸気消費量、即ちノズルを通つてタービンに流れ込む全蒸気量を  $G$  kg/s とし、このタービンの發生する力量を  $P$  馬力時とすれば

$$P = 5.7 H' G$$

9. 衝動タービン

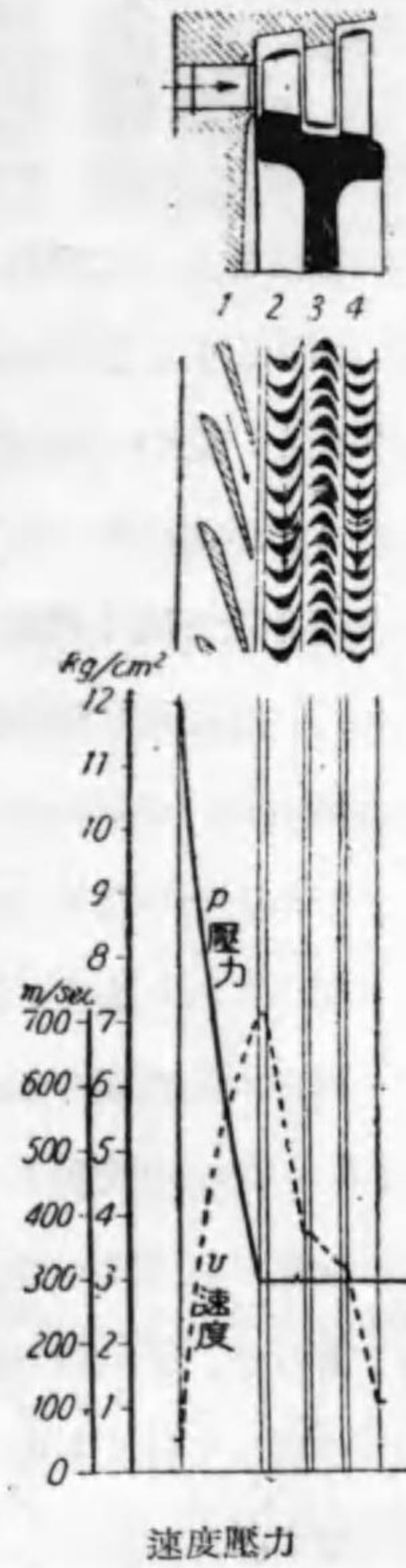
(1) 單一段衝動タービン (Simple impulse turbine) 第24圖に示したツラバルタービンがこれに屬します。蒸気の壓力を只一回ノズル通過中に排氣の壓力まで落し、極めて高速度の蒸気として、之を1列の動羽根

に衝突させるもので、蒸気速度は毎分1000米以上、回轉數は毎分30000回轉以上にも達します。

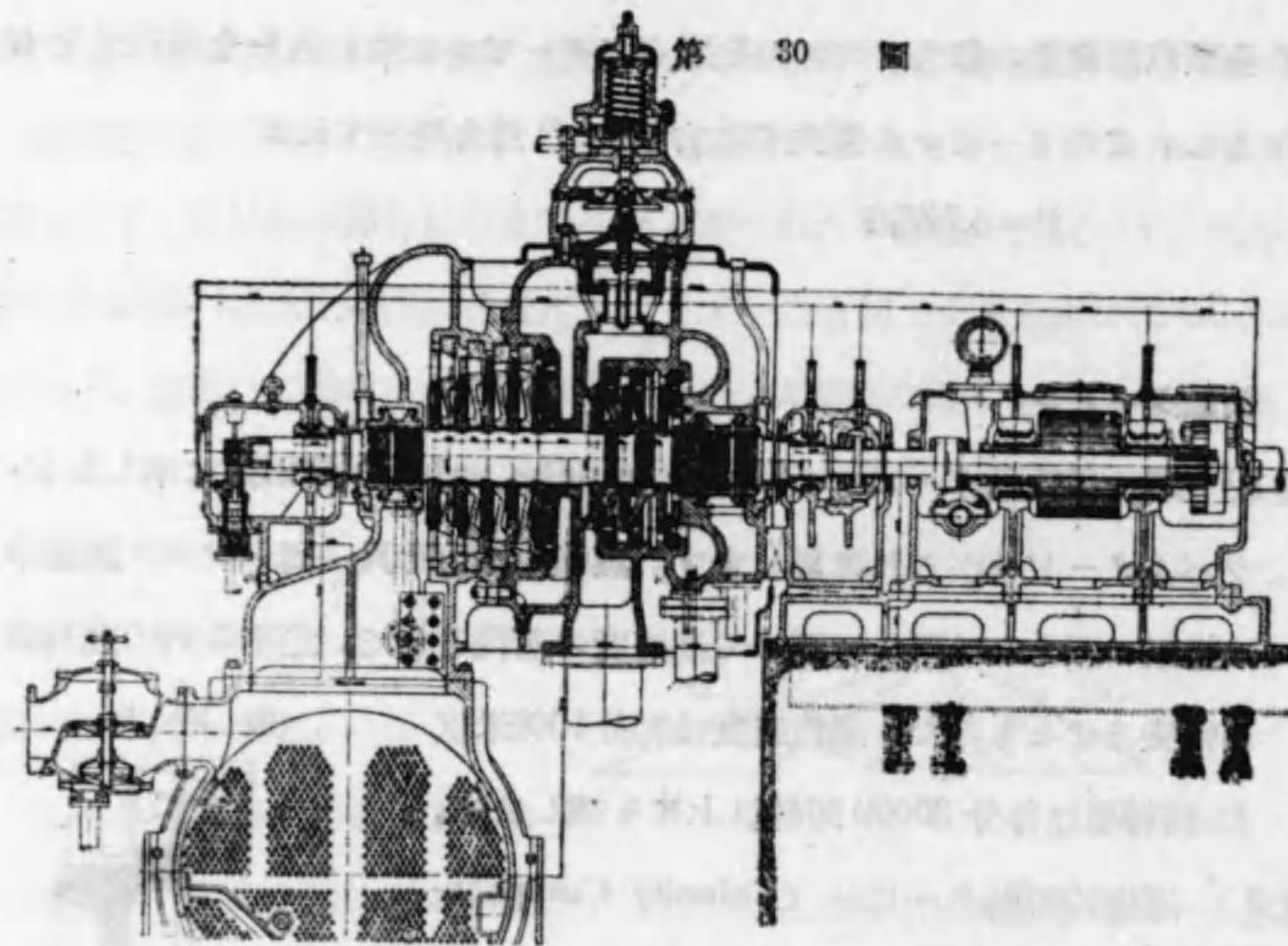
(2) 速度段衝動タービン (Velocity Compounded impulse turbine) これはノズルを出た極めて高速度の蒸気の一つの羽根車に植えられた2~3列の固定羽根に衝突させるものです。羽根通過中に蒸気速度は段々下るので、回轉の速さはずつと少く毎分100000回轉前後となります。第29圖は2列の動き羽根を有する羽根車に於ける蒸気の壓力と速度の變化の有様を示した圖です。羽根の入口に於ける蒸気速度は 700 m/sec で出口では 400 m/sec になり、第2列目の羽根の入口で速度は 350 m/sec、出口で 100 m/sec となつてゐます。之に反し壓力はノズルの入口で 12 kg/cm<sup>2</sup>、ノズルの出口で 3 kg/cm<sup>2</sup> となり、以後壓力は變つてゐません。

(3) 壓力段衝動タービン (Pressure compounded impulse turbine). これは丁度單一段タービンの

第29圖







第 30 圖

數個を直列に重ねたもので、各段はノズルを有する仕切板で仕切つてあります。蒸気は各段に分けられて噴出しますから、その速度は比較的 low、従つて回転数もずつと少くなり毎分3000~5000回転が普通です。これが爲にタービンの効率はずつとよくなります。第30圖がその一例で現今最も広く利用されてゐるものの一つです。

(4) 速度及び壓力段衝動タービン (Pressure velocity compounded impulse turbine) これは2~3列の動き羽根を有する羽根車が直列に幾つか重なつたもので、各々の羽根車の間はノズルを有する仕切板で仕切つてあります。斯うすると回転数も少く効率も良くなりますが、種々の理由から現今餘り利用されてゐません。

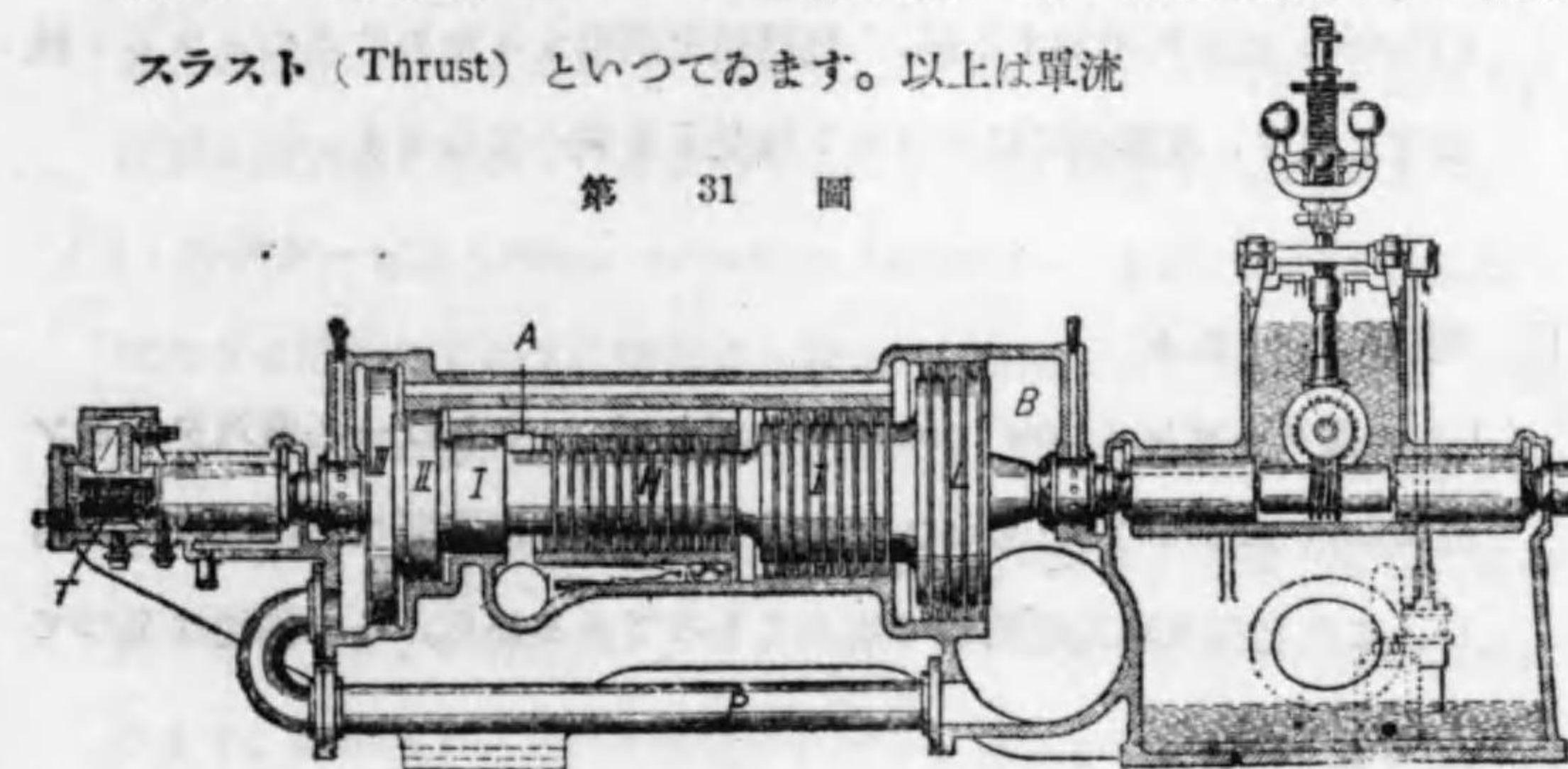
(5) 復成段衝動タービン (Combined impulse turbine) 2~3列の動き羽根を有する一つの羽根車と、単一段タービンの幾つかを直列に重ねたもので、第一段で蒸気の壓力を比較的大きく落し、二段以後では少しづつ落して行くもので、現今の大馬力のタービンの殆んど全部はこの型式です。

### 10. 反動タービン

反動タービンは、蒸気がノズル内を通過する間に僅に膨脹し、動き羽根の中に入つて更に膨脹し、壓力が降つて流れの速度が増加するから、反動を生じて羽根に仕事を與へると共に、蒸気の膨脹に従つて、その容積を増加します。これがため、その連結する段數に應じて、羽根の長さと同轉胴 (Rotor drum) の直徑を大きくする必要があります。

(1) 單汽筒反動タービン (Simple reaction turbine) このタービンは多數の壓力段から成り立つてゐますから、その速度は衝動タービンより少く、普通毎分數百乃至數千回転で、容量は數百乃至數萬キロワットに達します。第31圖は單汽筒、單流反動タービンで同轉胴は3段になつてをります。Aは高壓蒸氣の入り來る蒸氣室で、蒸氣はこれから動き羽根と案内羽根の交互の列を通つてBの廢氣室にゆく。蒸氣は壓力が下ると容積を増しますから、羽根の高さと幅は漸次大きくなり、汽筒も幾つかに分れ、直徑も増して容積の増加に備へるのですが、蒸氣が高壓側から低壓側に流れる間に、タービンの羽根はその衝擊をうけて回轉しますから、蒸氣の膨脹によつて生ずる同轉羽根の兩側の蒸氣壓力の差は、高壓側から低壓側へ、タービンを軸の方向に押す力を生じます。これをスラスト (Thrust) といつてゐます。以上は單流

第 31 圖

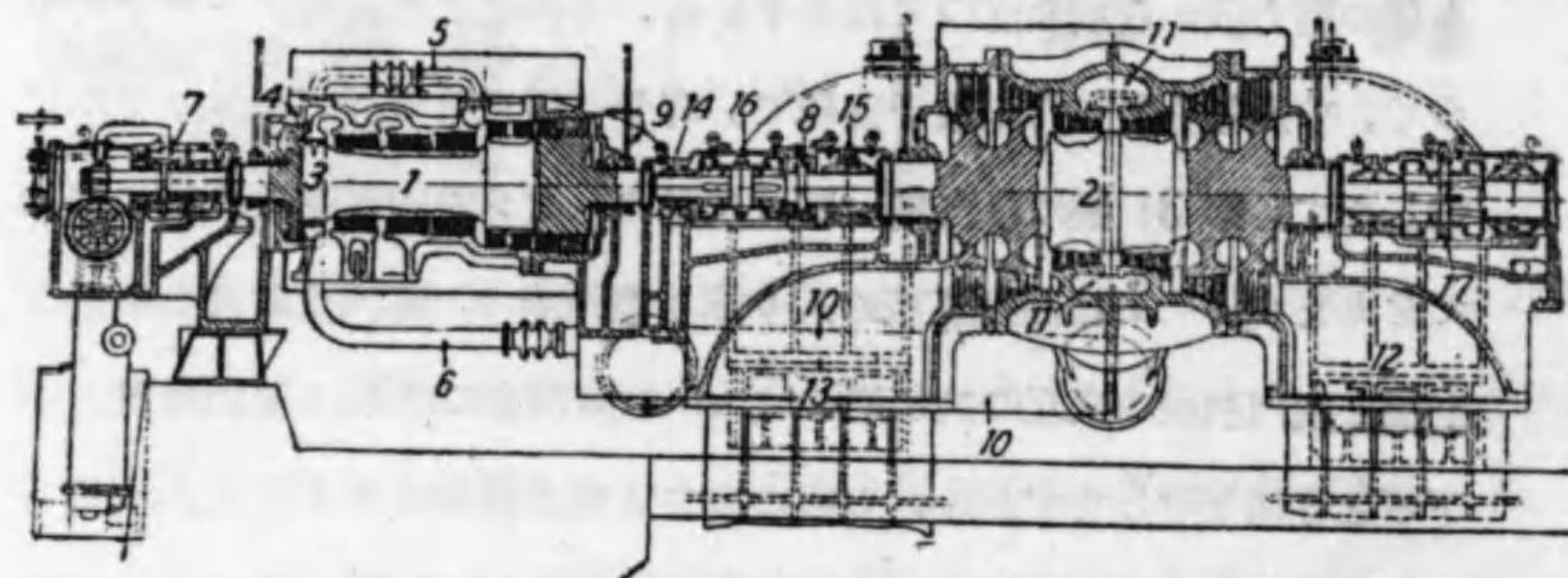




反動タービンですが、このほかに一名両向き流れタービンともいわれる複流反動タービンと、合流反動タービンとがあります。

(2) 複汽筒反動タービン (Compound reaction turbine) 大きい容量の反動タービンでは、汽罐から復水器に至る蒸気の壓力の低下に對して、その膨脹容積は非常に増大しますから、これを絞汽筒式として、多くの汽筒を用ひ、その型にもタンデム (Tandem), クロス (Cross), 塔式 (Steeple) の3種類があります。

第 32 圖



(3) タンデム複汽筒反動タービン (Parsons tandem compound reaction turbine) 第 32 圖がこのタービンで、高壓汽筒 1 は 2 段に作られ、低壓汽筒 2 には各半分を 2 段にしておきます。低壓部は複流式ですから、推力 (Thrust) は互に平均するが、回轉體を調節するために 8 のスラスト軸受けを設け、高壓側にはスラスト軸受 7 を備へておきます。

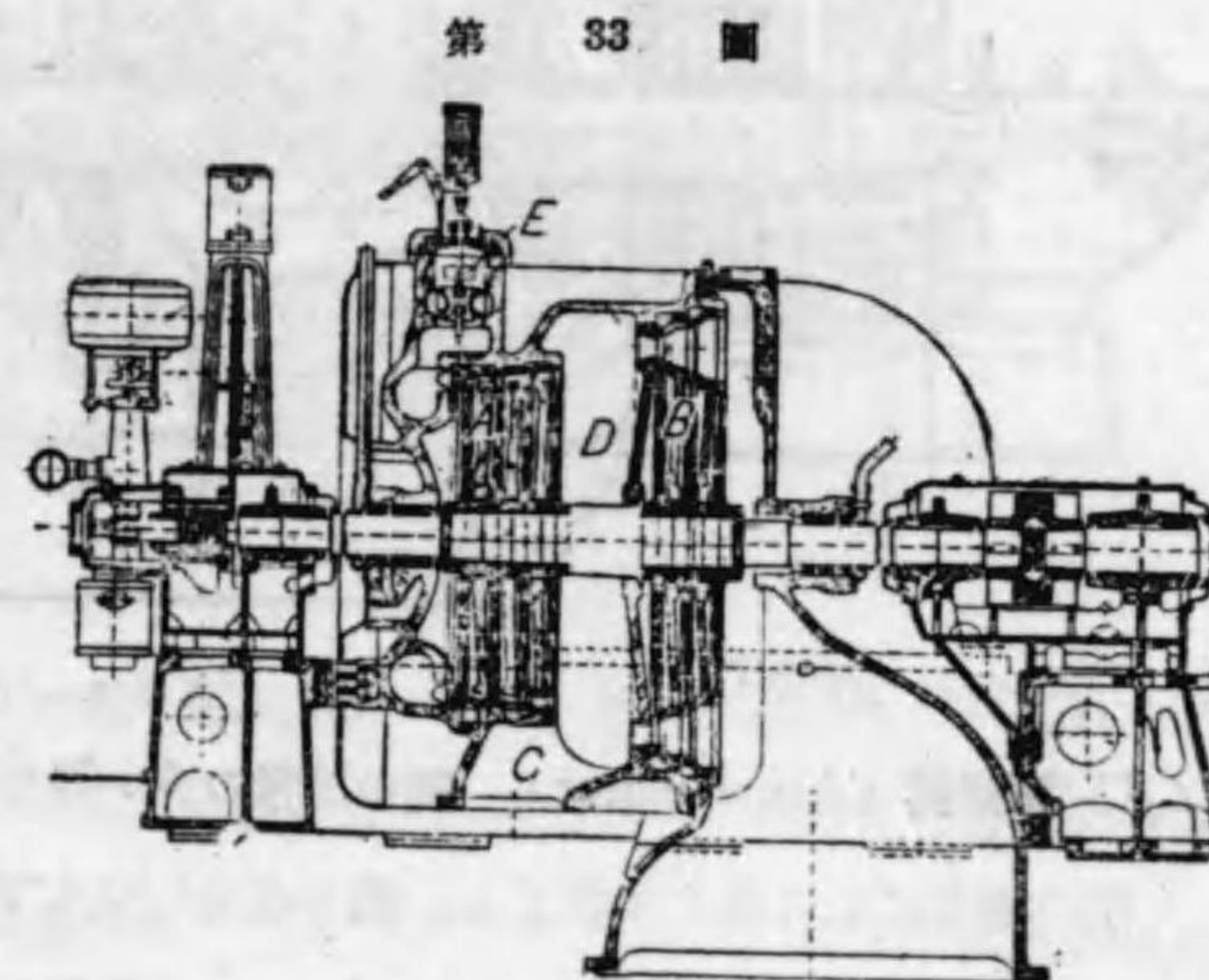
## 11. 特殊タービン

(1) 低壓タービン (Low pressure turbine) これは一名廢汽タービン (Exhaust turbine) ともいひ、工場で用ひる蒸気機關などの廢汽を使用し、これを復水器に連絡して用ふるものであるから、この構造は至つて簡單です。

(2) 混壓タービン (Mixed pressure turbine) これは高壓段に高壓の蒸気を用ひ、低壓段には蒸気機關の廢汽を蓄熱器 (Steam accumulator) といふ廢汽溜りに集めたものを使用するから、單に機關の廢汽のみを用ひる廢汽タービンに

比べて、任意に負荷を増減することが出来るし、容量を制限されることはありません。第

33 圖はこの一例で、高壓タービン



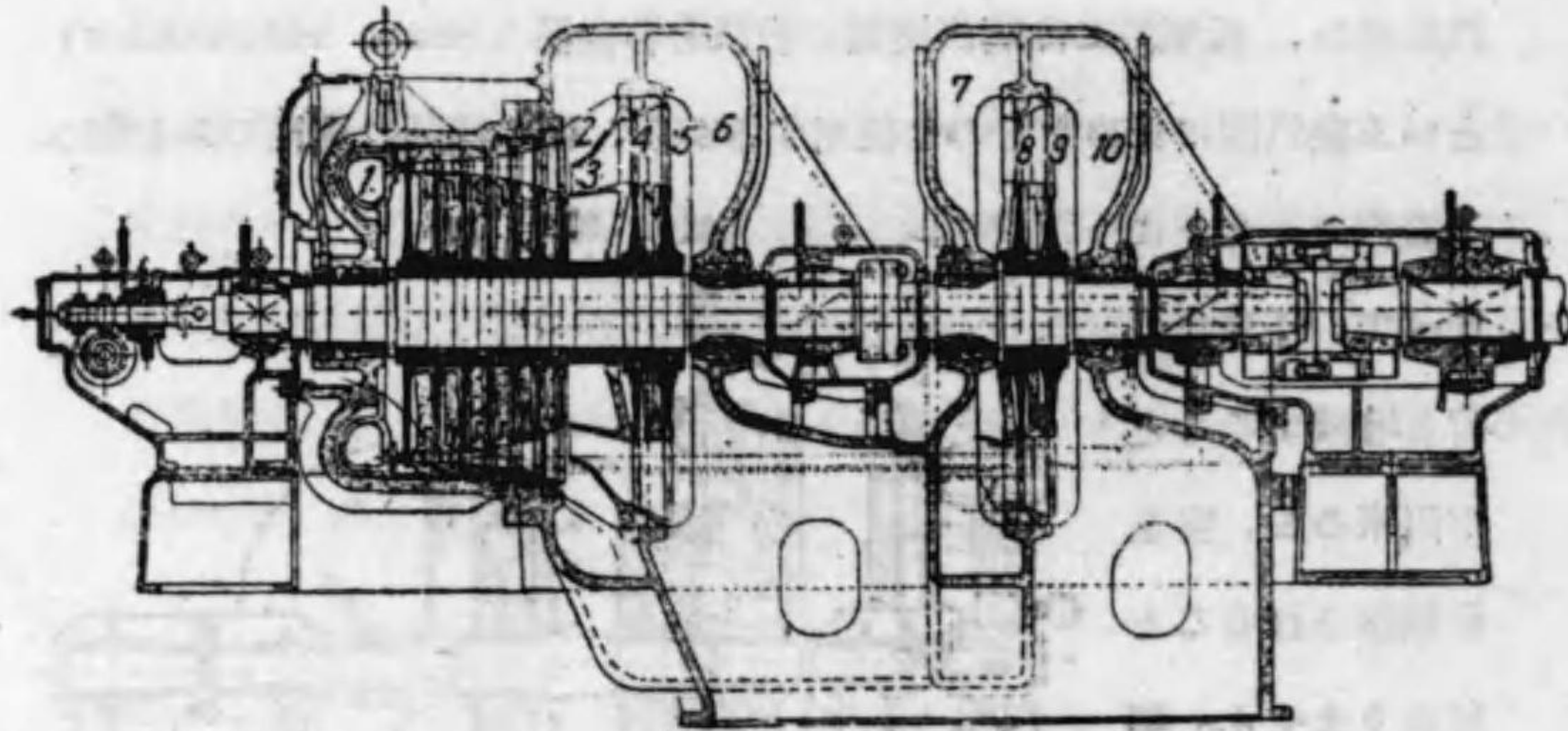
A を出た蒸気は、蒸汽室 D にて C から入り來つた他の機關の廢汽と合し、低壓タービン B, に入る様になつてゐます。

(3) 背壓タービン (Back-pressure turbine) これはタービンの廢汽を復水器に導かず、適當の壓力の儘にて排出せしめ、他の目的に使用するものでタービンの終壓が普通のタービンよりずつと高い (大氣壓程度) から脊壓タービンと言つてゐます。紡績工場、製紙工場、製糖工場等では多量の低壓の蒸気を必要としますが、この種タービンの廢汽を使用すれば別に蒸汽罐を設備する必要がないので非常に歓迎せられてゐます。

(4) 抽汽タービン (Steam extraction turbine) 上記の紡績工場其他で使用される蒸気の量が常に變化する場合に、脊壓タービンからの廢汽を使用すると不要の蒸気を其儘捨てる事になり、非常に不經濟になります。この場合タービンの途中より蒸気の必要量を取り出し、不要の場合には取出さなくてもよい構造のタービンを用ひますと蒸気は非常に經濟的になります。斯かるタービンを抽氣タービンと言ひます。第 34 圖は抽氣タ



第 34 圖



ービンの一例です。

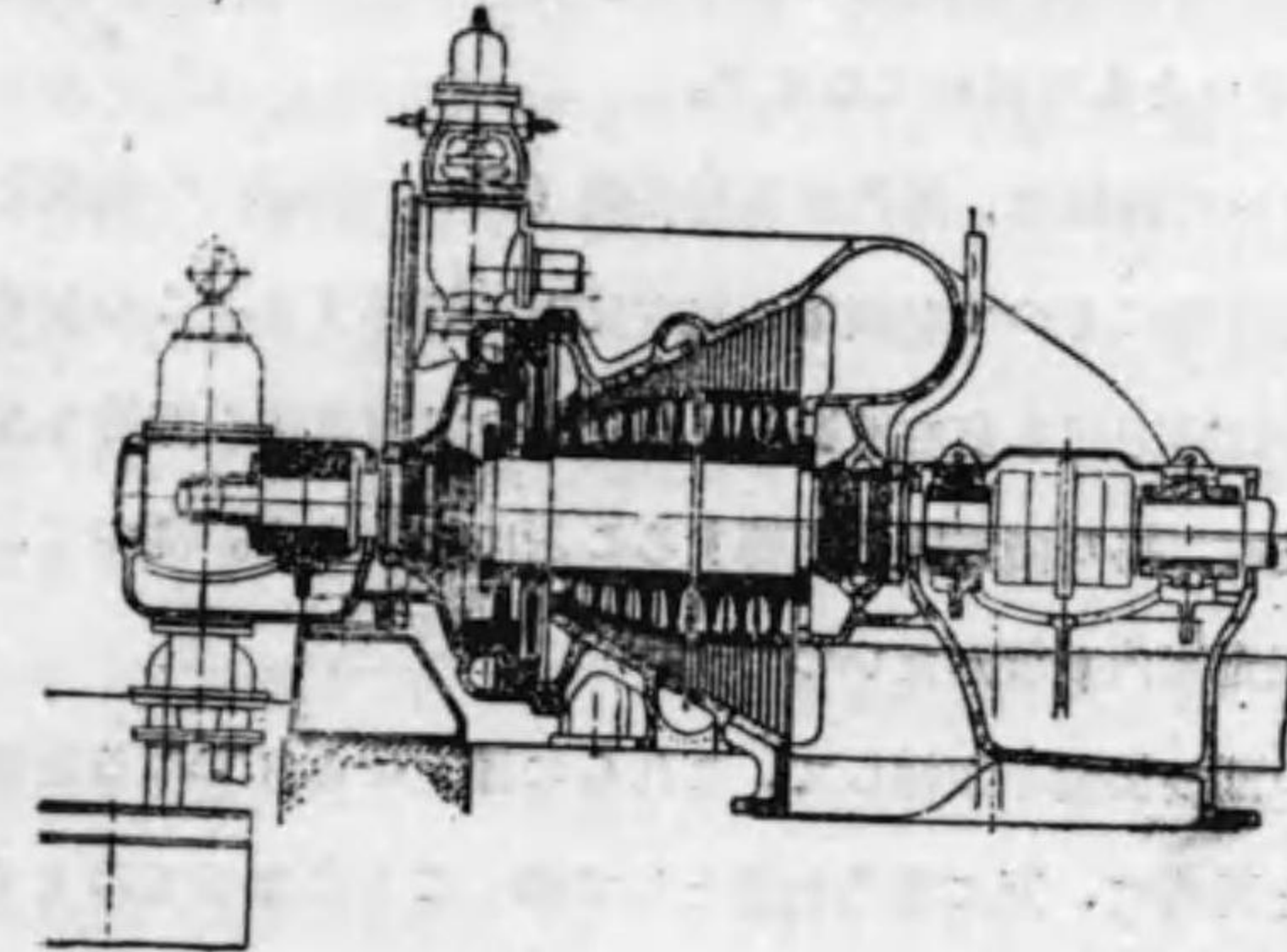
(5) 蓄熱器 (Accumulator) 熱の放散の少ない器中に入れ、水の温度を蒸気の温度にして温めて置くと、圧力が少しでも下れば、水の圧力が降下して水は沸騰しはじめ、蒸発します。これを再生器とか、發熱器とかといつて、使用蒸気量が一定しない工場で、汽罐容量を大きくしないで、蒸気の發生を適宜間に合せるには便利です。

## 12. 混成タービン

混成タービン (Combination turbine) は、多少とも缺陷の免れない衝動タービンや、反動タービンなどのその缺點を補ふために、その長所を取り、これを組合せたもので、特に高壓蒸気を用ひる大なる容量のものに盛んに採用されてゐます。いま一二のものを説明しますと

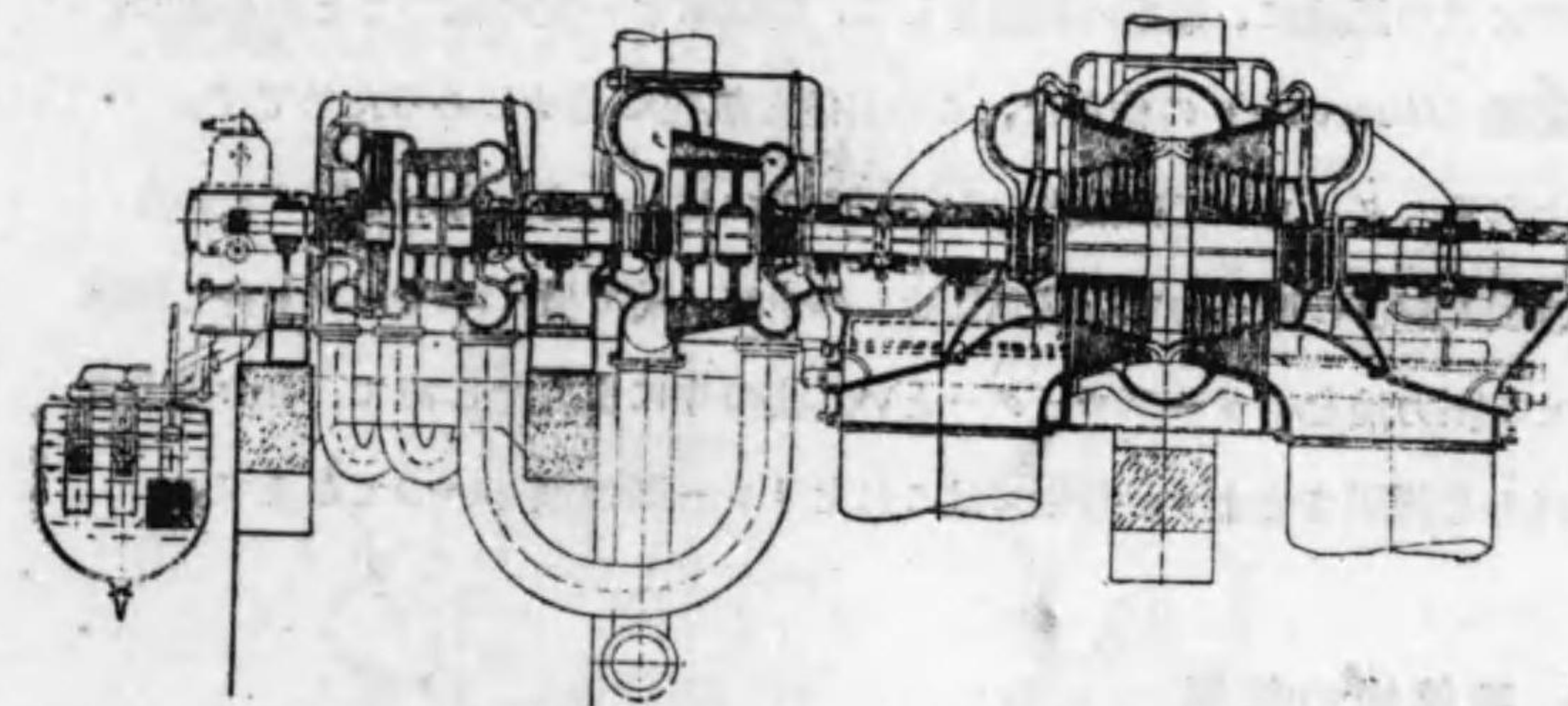
(1) ブラウン・ボベリ混成タービン (Brown boveri combination turbine) これは 2000 KW 以下の小型のもので、高壓段には二速度衝動式のカーチス車を用ひ、部分給汽とし、中壓段と低壓段とは、反動羽根の汽胴を有し、全周給汽になつてゐます。第 35 圖のものは 3000 回転、3000 ~ 10000 KW の出力を有する大容量のもので、

第 35 圖



(2) ブラウン・ボベリ三汽筒混成タービン 第 35 圖のものがこれですが、これは高壓段を複壓力衝動羽根車とし、第一中壓段及び第二中壓段では、共に反動羽根を植ゑた汽胴 (Drum) を用ひ、最後の低壓段は反

第 36 圖



動羽根車とし、その上蒸気を兩方に分けて働かしめる法、即ち複流式を採用してゐます。

## 13. 輻流反動タービン

スタール・タービン (Stal turbine) は唯一の輻流反動タービン (Radial



flow reaction turbine) で、發明者の名を冠してユングストローム (Ljungström) タービンともいわれています。

このタービンの特徴は、蒸気が各羽根輪 (Blade ring) の羽根を通過すると、その反動作用によつて羽根輪が左右反對に回轉する。このため左右兩盤車 (Disc) の回轉方向も左右反對となり、従つて兩車軸の回轉も反對となりますから、左右二基の發電機を運轉することになります。従つて、このタービンには、固定案内羽根がないのです。

即ち左右の兩羽根輪が回轉して、これらに固定せられてゐる各羽根は動き羽根であると同時に、互に案内羽根として働くことになつてゐます。

#### 14. 調速機の作用

タービンは、蒸気機関よりも複雑した調速装置を具へてゐます。元來、蒸気タービンの圓滑な運轉を行ふには、負荷の變動、蒸気壓力の變化に應じて、確實に且つ迅速に、速度の調節をして、回轉數を一定に保つことが必要で、調速機 (Governor) の作用は、この目的を敏速に達せしめるためです。

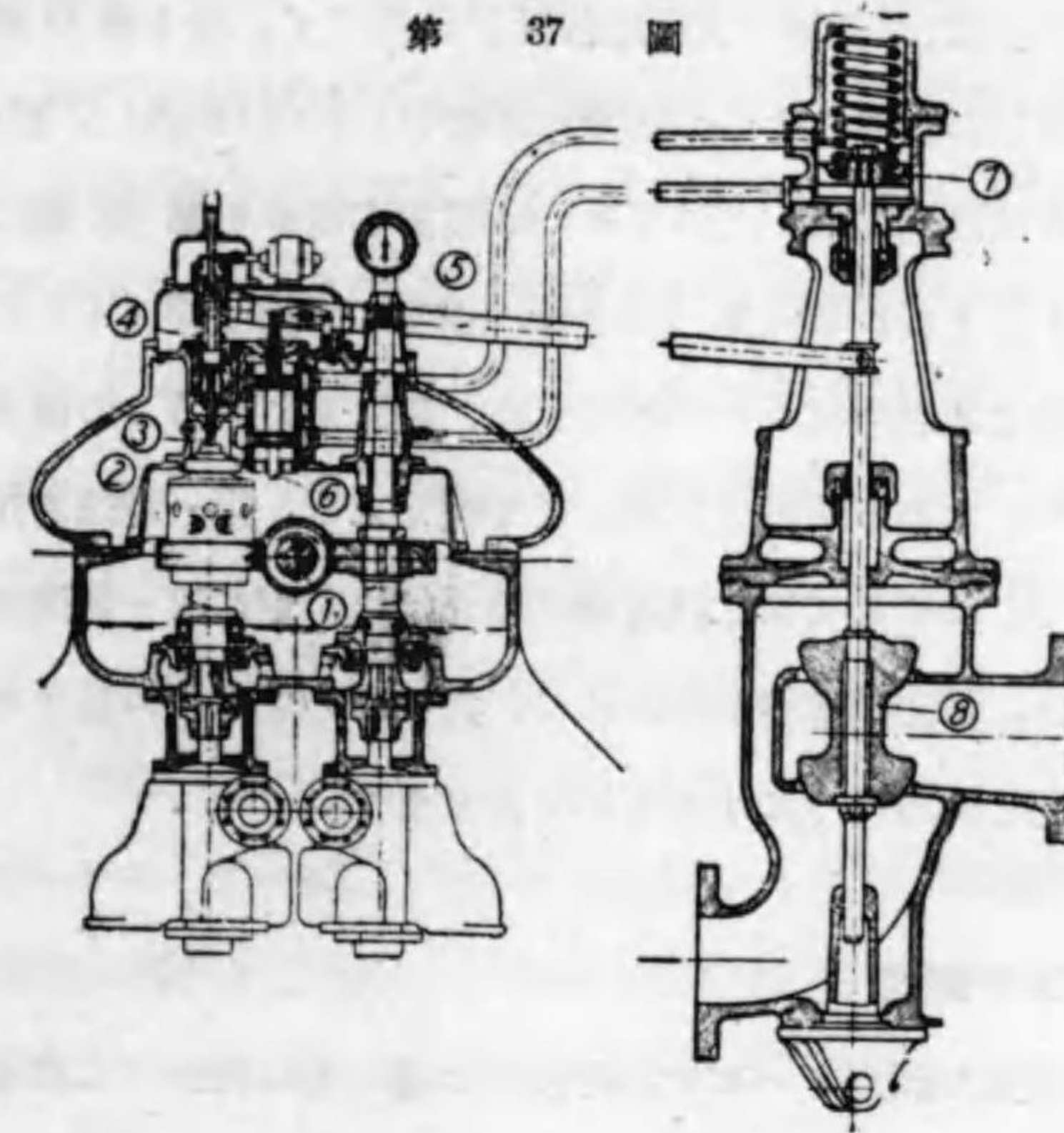
大容量のタービンでは蒸気弁を開閉するのに、大きな力が必要ですから、調速機の錘りの遠心力で直接動作せしめずに、油で働くパイロット弁を開閉させて壓力油を、サーボモーターといふ筒の中に入出せしめて、その壓力で蒸気弁を開閉させます。普通にはこれをリレー調速機といつてゐます。

#### 15. 調速機の種類

蒸気タービンの調速法には絞り弁による調整と、ノズルの面積による調整との二方法があり、前者は負荷の變動に對して出来る丈回轉數の變化を少くせんとする所謂調速であり、後者は壓力を一定にせんとする所謂調壓で、この外に兩方を同時に行ふ調速調壓の場合もあります。

(1) 絞り式調速機 (Throttle governor) この調速機は絞り弁の絞りによつて流入蒸気量を加減して調速するので、これを第 37 圖によつて順次に説明すれば、つぎの通りです。即ち、タービン棒 (1) から螺齒車によつて回轉される遠心調速機 (2) があつて、タービンの負荷が増加すると回轉數が減少するから (2) の廻轉も下り、調速支腕も降つてこれに連絡する針弁 (3) も下降し、調速差働弁 (4) の下面の油壓を低下させるから (4) の上下面に働く油壓の平均が破れて (4) は下降し、これに連絡する調速桿 (5) を介して、調速油案内弁 (6) を引下げるので、壓力油は調速油嘴弁 (7) の下側に流入してこれを押し上げ、これに連絡する絞り弁 (8) を開くことゝなります。そしてこれと同時に調速桿 (5) は引上げられて、調速油案内弁 (6) をこの中間位置に復歸させるので、油路を遮斷することゝなつて、調速油嘴弁 (7) はこの位置に停止し、従つて絞り弁は増加荷重に對する開度を保つて、タービンの回轉數を増加させることゝなります。

第 37 圖





## (2) ノズル締切式調速機 (Nozzle cut-off governor) これはノズル

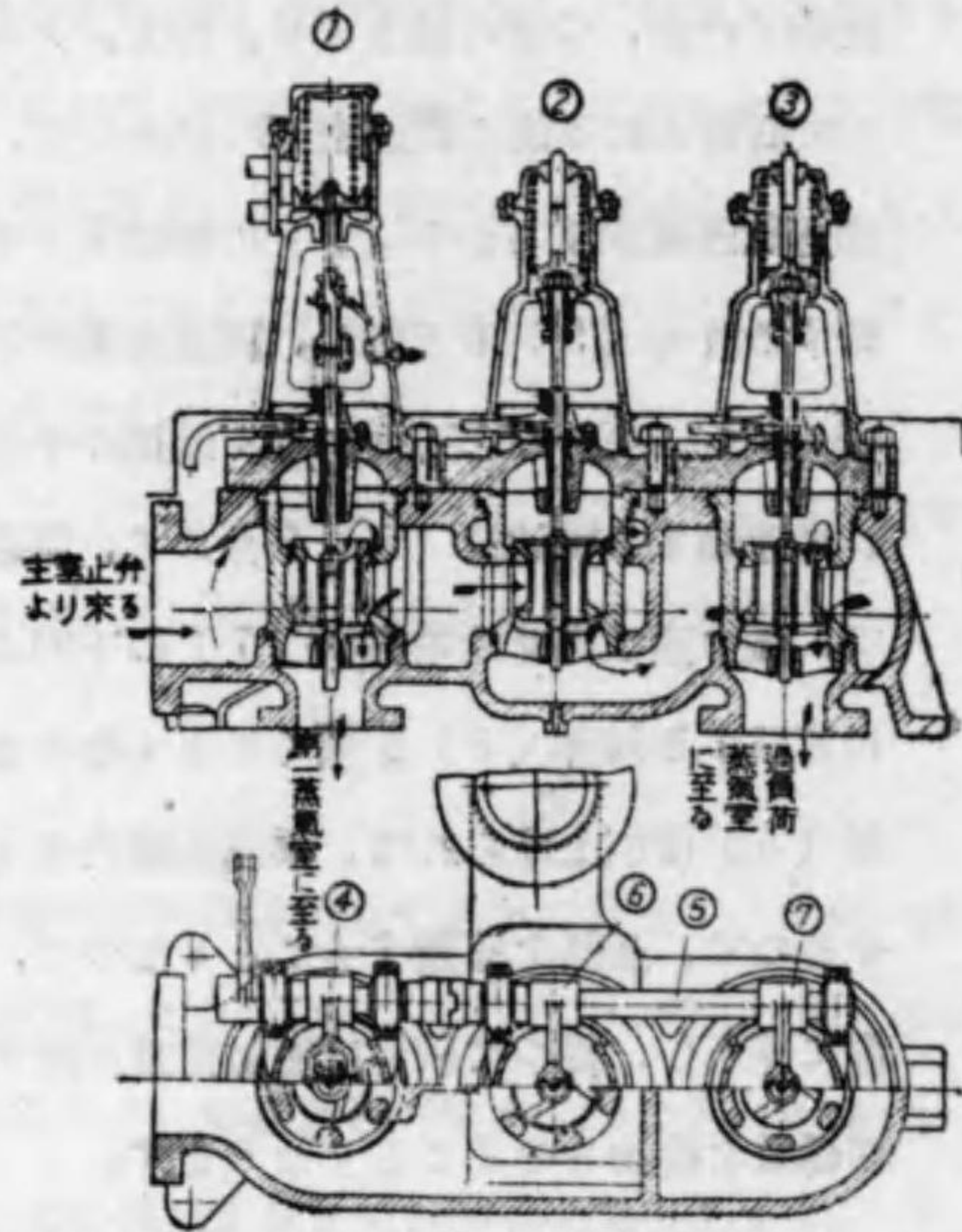
の面積を変へて、蒸気の量を加減する機械で、規定の壓力の蒸気をタービン羽根に働かせますから、軽負荷の時も効率がよいのです。即ちノズルを數群に適當に區分して、夫々に別個の調速弁を設け、この開閉の調節で、使用ノズル面積を増減して調速を行ふ型式で、その個々の調

速弁の作用は、殆ど絞式調速装置と同様です。即ち第37圖の調速油案内弁(6)の昇降によつて調速油筋弁(7)が昇降し、絞弁(8)を開閉するまでは同様で、この(8)に相當する弁を第38圖に示す第一調速弁(1)とし、この第一調速弁の心棒に運動槓(4)の一端を取付け、他端を運動軸(5)に楔で止め、更に(6)(7)の揚弁槓杆を同軸上に(4)とある角度づつ遅らせて楔で止め、第一調速弁揚程がある量に達して、はじめて第二調速弁が開き始め、更に第一調速弁の揚程が上昇すれば、第三調速弁が開かれて、次々にノズルの數を増し、負荷の増加に應じ得るやうにするものであります。

## 16. タービンの型式

構造上から見た蒸気タービンの分類は上述しましたが、これを各型式の代

第 38 圖

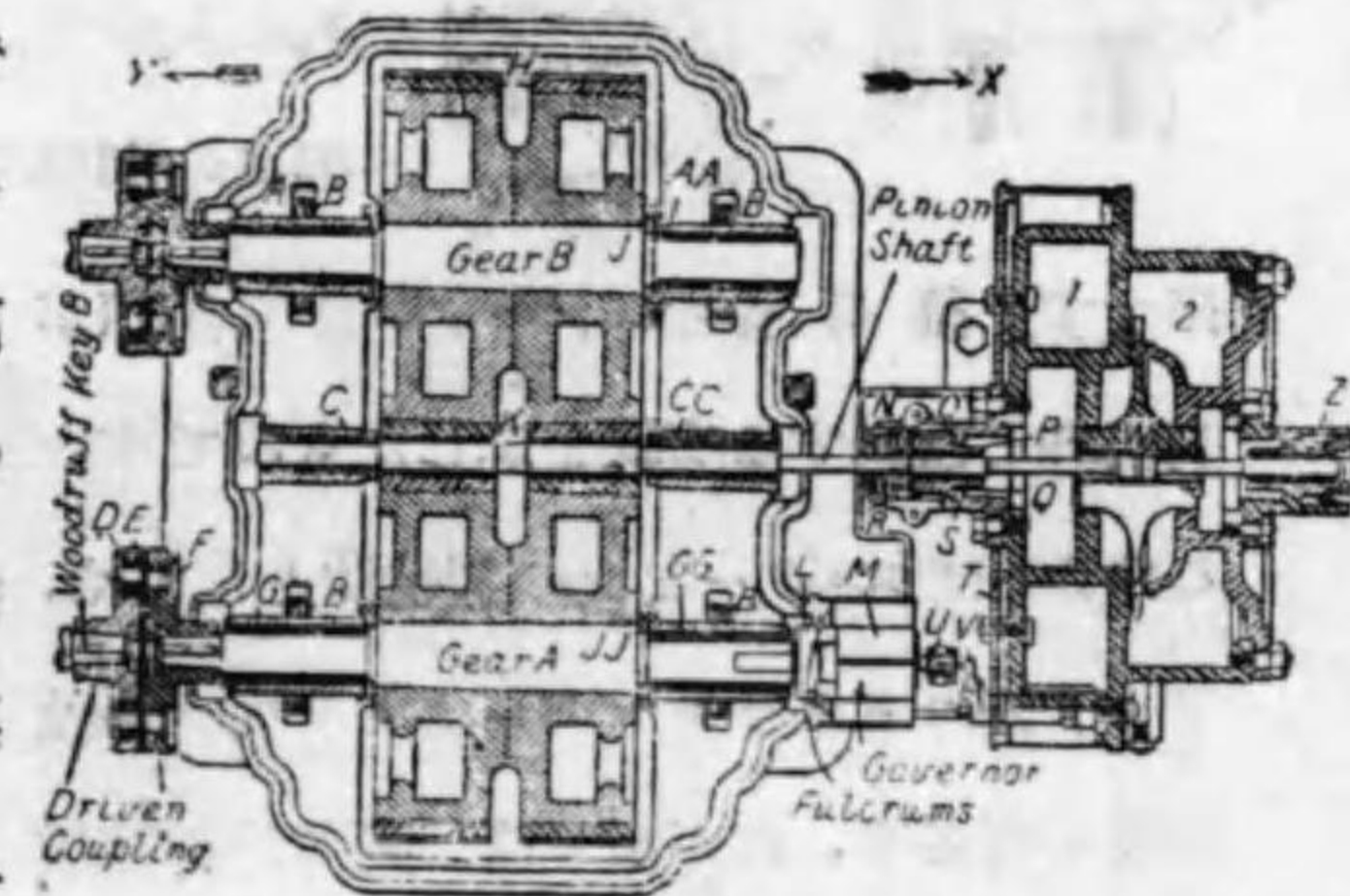


表的なものについて、その大要を説明するとつぎの通りです。

(1) ヅ・ラバル・タービン (De Laval turbine) これはヅ・ラバル博士の發明で、衝動タービンの第一期のものであります。その主要な部分は、羽根車の周圍に1組のノズルを設け、蒸気の壓力をノズルの通過中に落して高速の蒸気としタービン羽根に吹きつけて回轉させる。その速度エネルギーは、1列の羽根に

1回衝擊して終るのであります。第39圖はヅ・ラバル・タービンの断面圖ですが、この圖中のWは羽根車、Zは軸受、Pはグランドで蒸気は最初蒸気室1に入

第 39 圖

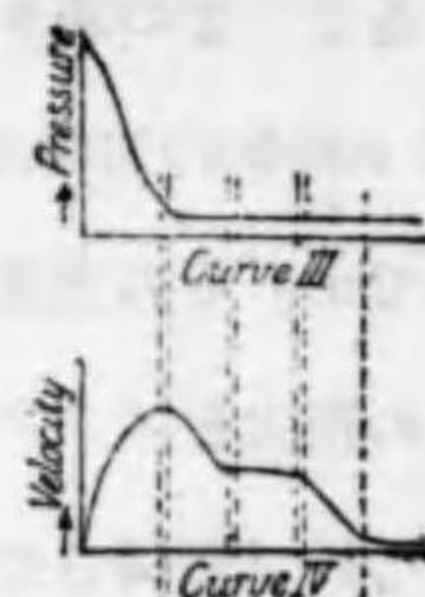


り、蒸気室に設けてある數本のノズルから噴出し、Wの羽根車に植えられた羽根に衝擊して仕事を與へ、吐出口から逸出します。又ノズルに行く蒸気量は調整弁により調整せられ、全負荷でない時も、經濟的に運轉が出来るやうにしてありますが、壓力を一度に落すため、噴出蒸気速度は毎秒1000米から1200米位で、一分間30000回轉にも達する小型タービンもあります。かかる高速度では實用上困るところから、減速装置によつて一分間2000乃至5000回轉位に減速します。羽根車が高速回轉をするときには相當振動を生じますから普通軸の徑を適當に小さくし、羽根車の兩側と軸受との間に相當距離を置いて、軸の可撓性を利用して振動を消すやうにしてあります。

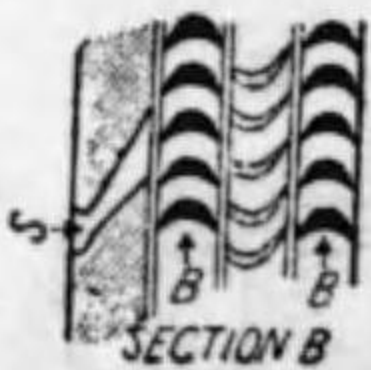
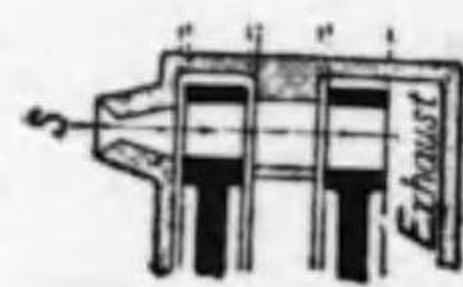
(2) カーチス・タービン (Curtis turbine) これは速度段衝動タービンで、高速の蒸気を二列以上の羽根に衝擊せしめるものです。たとへば二速度段 (Two velocity stage) の場合には、蒸気を二列の動き羽根を通



第 40 圖

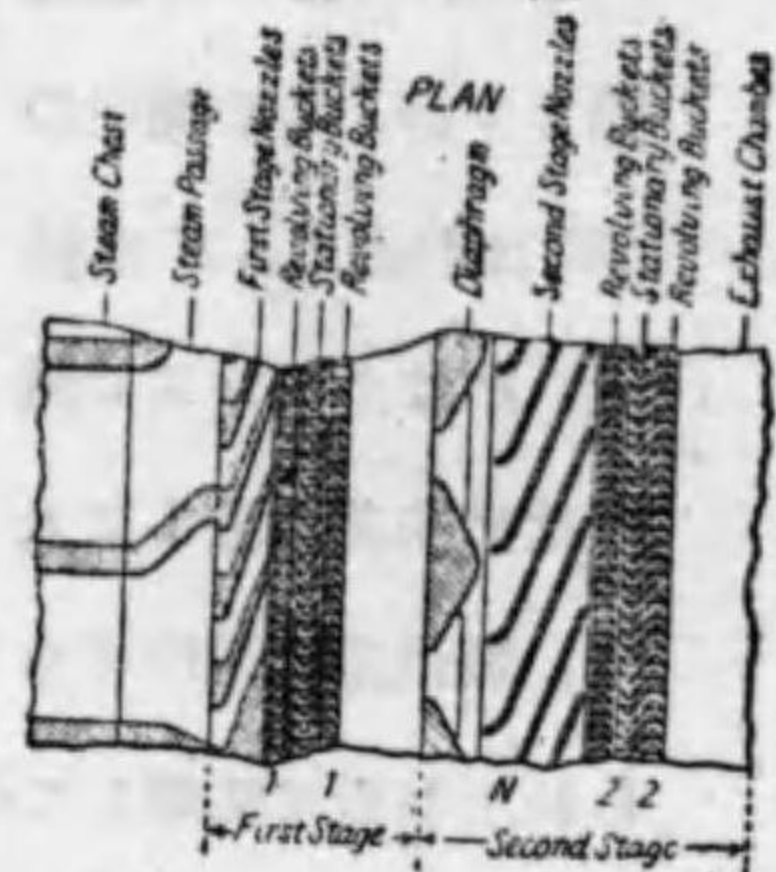


過せしむる間に、そのエネルギーと速度を減少せしめるもので、全體としては一つの壓力段 (Pressure stage) を形成してゐます。第 40 圖はこのタービンを示す。ノズル S から噴射する蒸気は第一列の羽根に衝突し、更につぎの固定羽根の列に入つて、方向をかへられ、更に第二列目の羽根に衝撃し、廢汽となつて出て



來ます。第 41 圖は、ノズルから蒸気が羽根列を通過する有様を示したものです。このカーチス・タービンの製造所としては、アメリカのゼネラル・エレクトリック會社が最も有名で、わが國では三菱神戸製造所で製造されてゐます。

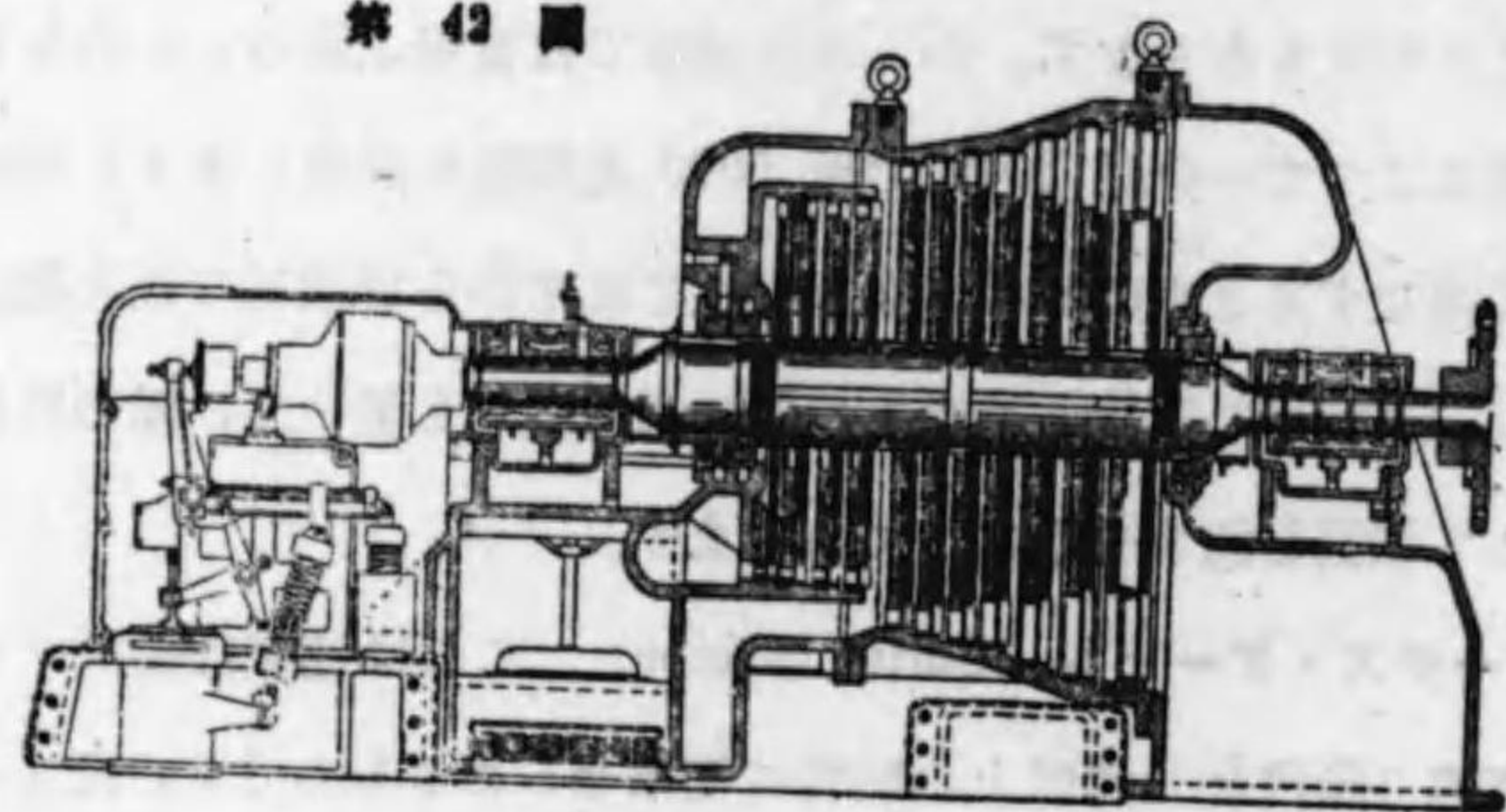
第 41 圖



(3) ラトー・タービン (Rateau turbine)

これは壓力段衝動タービンで、単一タービン即ツ・ラバル・タービンの直列式のもので、壓力段が連続してゐる多段一列式ですから、その名をマルチセルラー式 (Multi-celler type) とも稱せられ、蒸気の壓力を各段

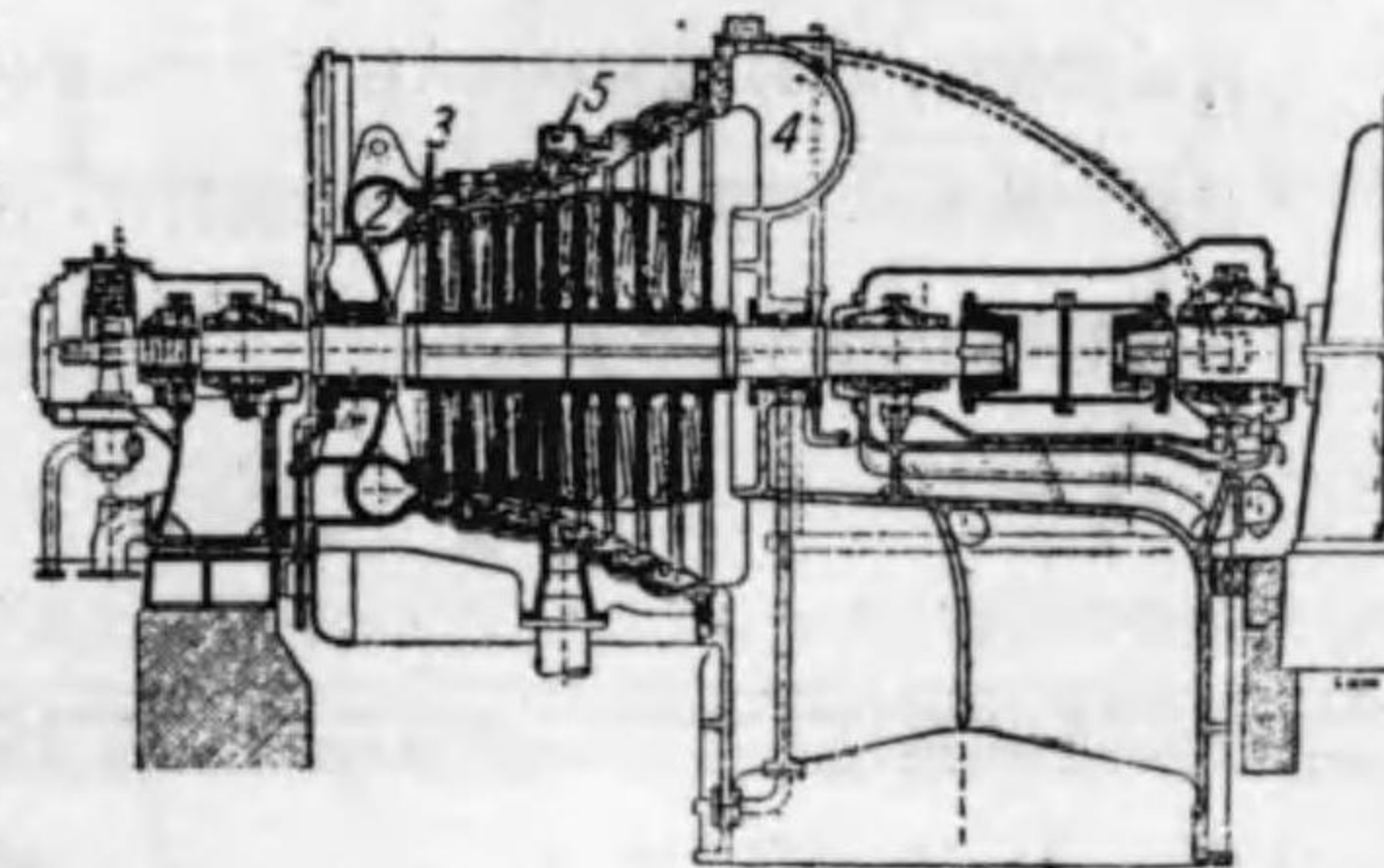
第 42 圖



で分けて、膨脹させ、速度に換へるので、動き羽根の各列は仕切板 (Diaphragm) で分けられ、この仕切板の各々にはノズルがあります。カーチス式に比べると、段數が増加しますから、汽胴が長くなります。

(4) ツェリー・タービン (Zölly turbine) これは単一段衝動タービンで、前述のラトー・タービンを改良したもので、わが國の東京石川島造船所と、三菱長崎造船所では、独自の考案と改良より成る優秀なタービンが製作されてゐます。

第 43 圖



第 43 圖はエツシャー・グイス衝動タービンの断面圖で、回

轉數一分間 3000 回轉、出力 14000 KW のものです。蒸気は二重座式絞瓣 (1) から、タービン管の周圍汽室 (2) に入つてノズル (3) に進み、順次動き羽根とノズルを通過して、復水器に排出せられるので、第二周圍汽室 (5) はタービンの負荷が増加した場合に、餘分の蒸気を送るため設けられたものです。

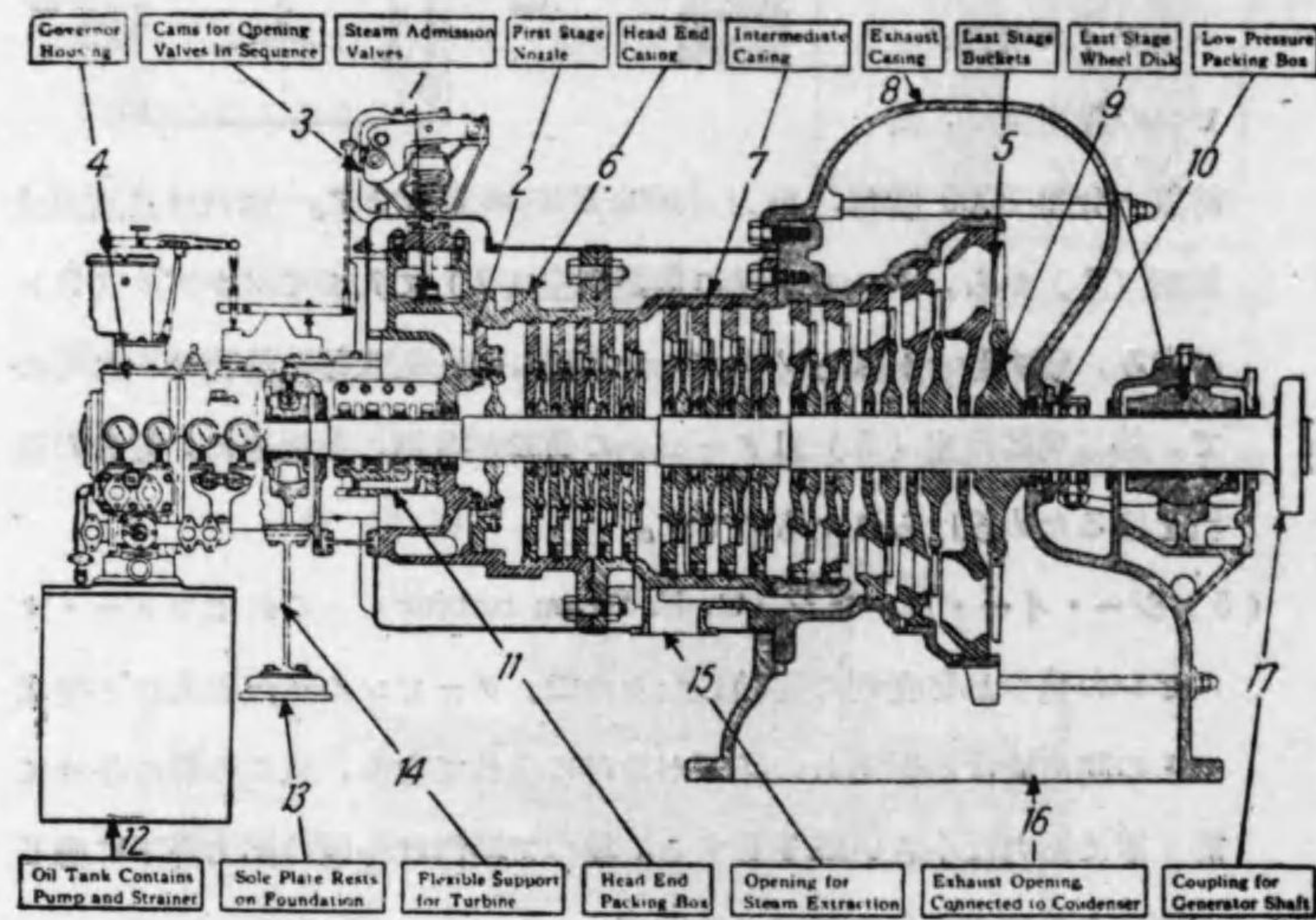
(5) ジー・イー・タービン (G. E. Steam turbine) これはラトー・タービンの幾つかを直列に連結したもので、タービンの蒸気の入口と排出口との間に於ける全壓力の降下が數群に分れてをり、且この群の各々に於て更に壓力は小さい降下をする。従つて蒸気は各段の壓力降下に應じた速度を以て羽根を衝撃するのです。

第 44 圖はジー・イー衝動タービンの切斷面で、これをごく簡略に説明すると、出力は 30000 KW, (1) は蒸気の進入弁で、蒸気はこれから



第一段のノズル(2)に入り、カーチスの二列羽根車に蒸汽を吹きつけます。又この進入弁の作動は调速機(4)が作動した場合にカム(3)を介して加減せられます。カーチス羽根車を出た蒸汽は、順々に固定ノズル及び動き羽根を通過し、最終段階の動き羽根(5)から復水器に排出せられます。タービン筐は頭部(6)中部(7)排出部(8)の三部分から成り、(9)は最終段階の羽根車、(10)は低圧詰め函、(11)は頭部詰め函、(12)は油槽でこの中に油唧筒と濾過器があり、(13)は基礎豪板、(14)は可撓性支柱で、タービンの伸縮膨脹に耐へ、(15)は蒸汽抽出口、(16)は復水器への連絡口、(17)はタービンで運轉される發電機との接手であります。

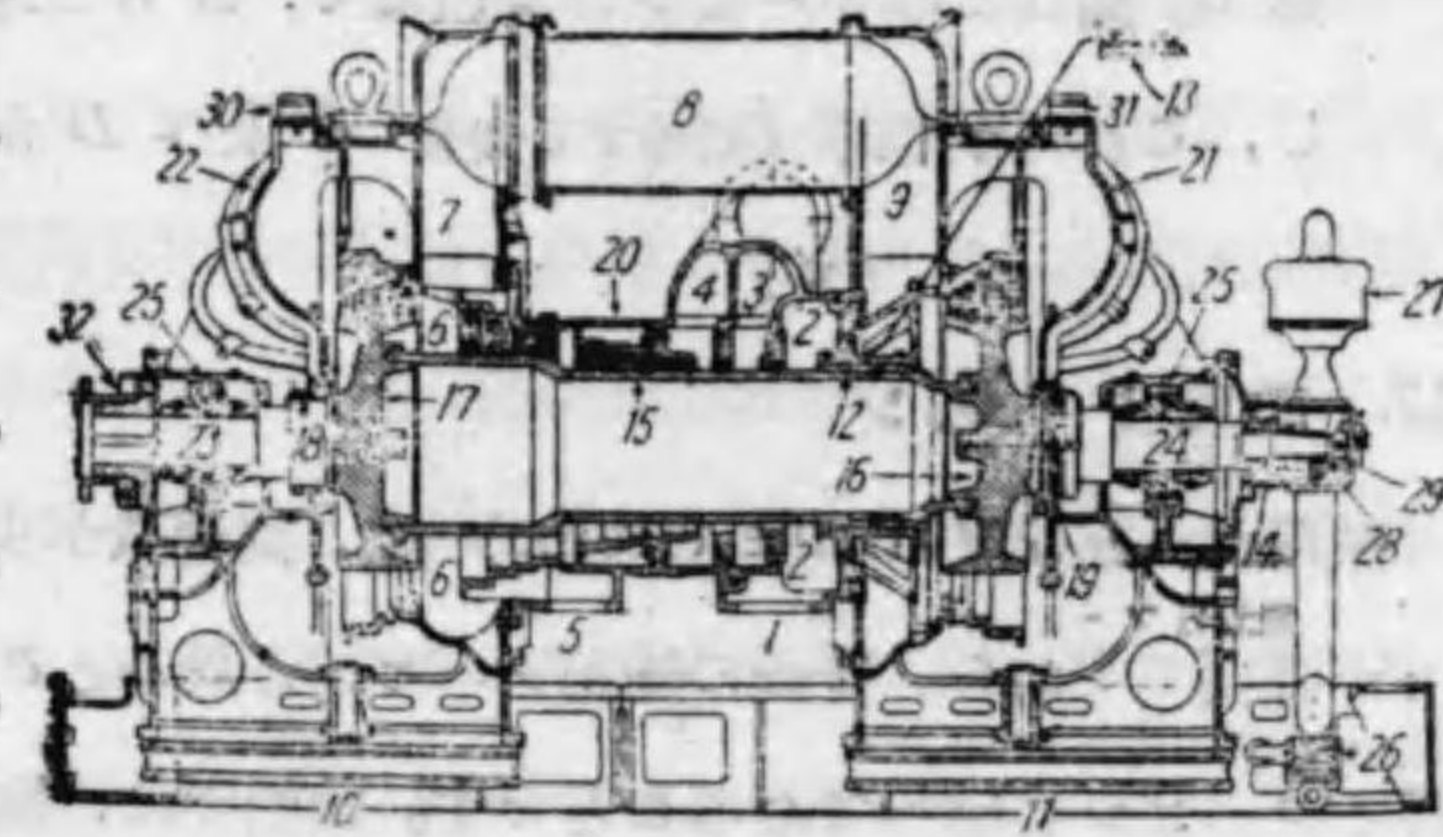
第 44 圖



(6) パーソンス・タービン (Parson's turbine) これは反動式タービンの代表的なもので、

第 45 圖

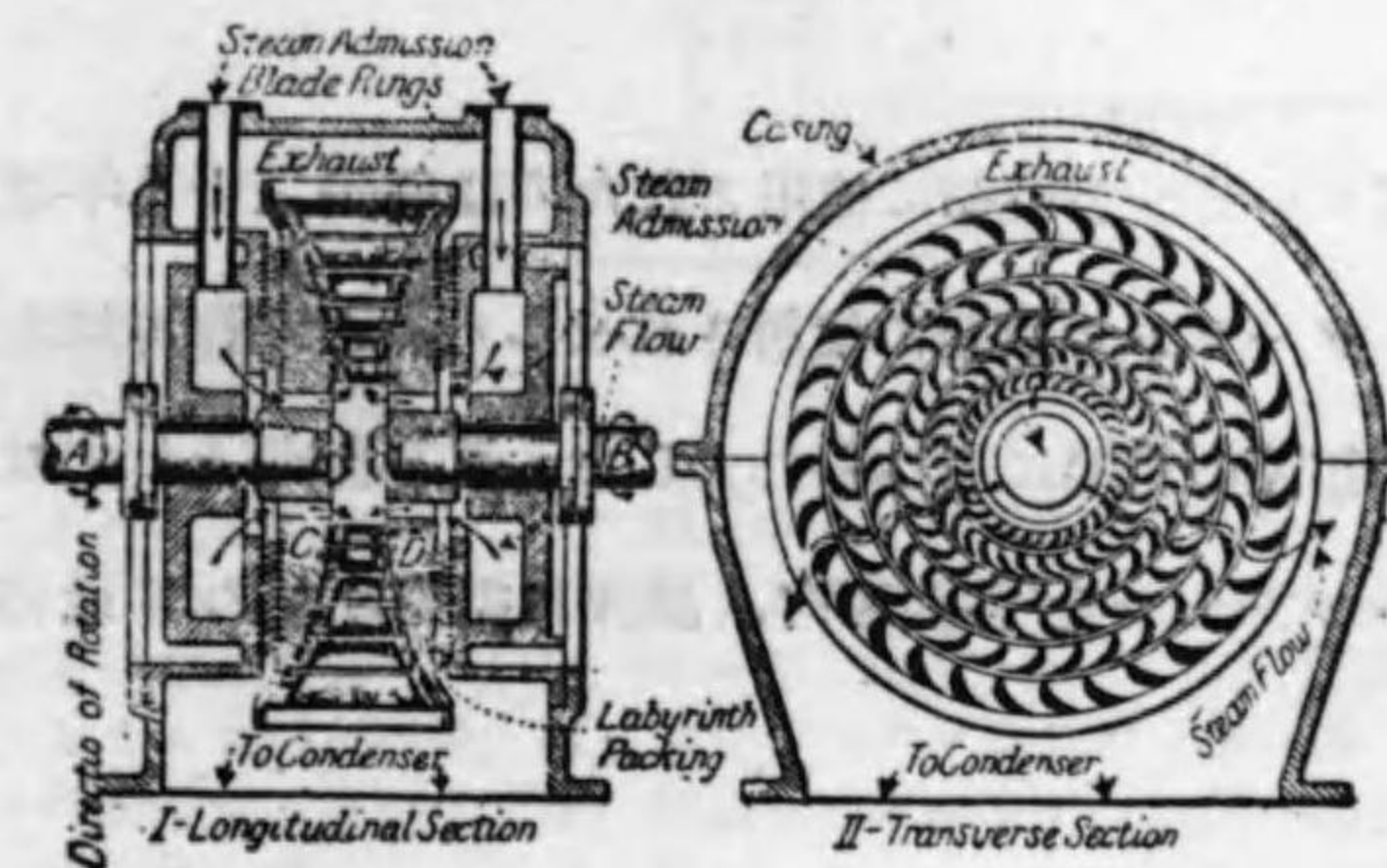
イギリス人パーソンズが發明したものです。第 45 圖はウエスチングハウス社の出力 30000 KW のもので、蒸汽は(1)の蒸汽管から入り、



高圧部の羽根(2)に働くが、過負荷の場合は、補助蒸汽管(3)及び(4)からも給汽します。發電所の補助機關の廢汽を利用するため使用さるゝ補助蒸汽管(5)が低圧部に連絡してゐます。高壓の羽根に作用した蒸汽は中壓部に入り、出て來た蒸汽の一部は左端の低壓部(6)に行き、他の一部は支管(7)、(8)、(9)を通りて右端の低壓部に行きます。この兩低壓部に進んだ蒸汽は、仕事をした後に廢汽口(10)と(11)から復水器に流入します。

(7) ユングストローム・タービン (Ljungström turbine) これは輻流反動タービンで、製造會社の名稱を省略してスताल (Stal) タービンとも

第 46 圖



もいはれてゐます。このタービンの特徴は、固定羽根と、動き羽根の双方が、共に逆方向に回轉する複動 (Double Motion) 式のもので、左右二組の羽根車の



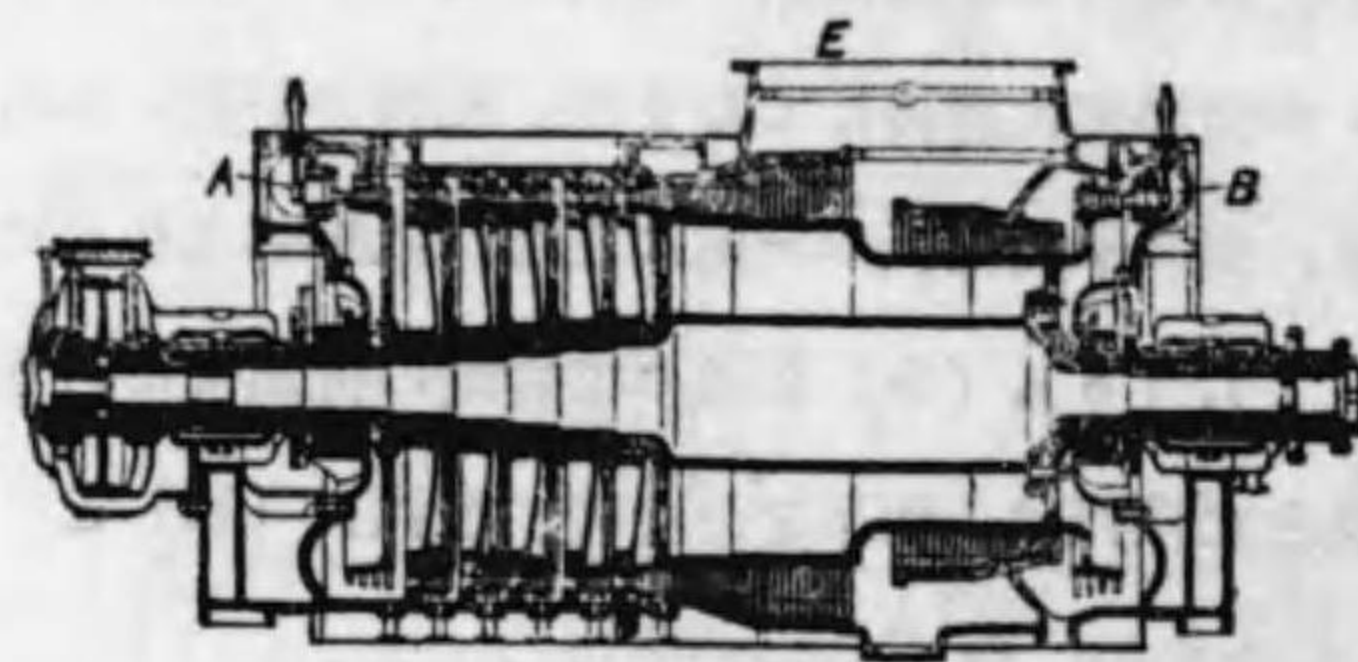
羽根は、互に動き羽根または固定羽根となつて、反対方向に回轉するから、羽根の関係速度は二倍となつて、高い効率が得られるのであります。

第 46 圖はこのタービンの骨組圖で、*A B* 二軸が矢の示すやうに回轉し、これに羽根車(回轉する圓盤) *C* 及び *D* が固定されてゐます。

17. 船用タービン

船用タービン (Marine turbine) は、回轉數が少く、その上逆轉し得ることが必要ですから、普通の陸用タービンと異るところは、廢汽室に逆回轉し得るタービンを備へてゐることです。船舶では、推進機<sup>(7)</sup>の回轉數は陸用のものに比べて遙かに少いから、必ず減速装置を必要とします。

第 47 圖



第 47 圖は、軍艦用タービンの一例で、高壓部と中壓部は衝動式となり、低壓部は反動式です。高壓衝動部の羽根は四列のカーチス車、中壓部は六段の羽根車

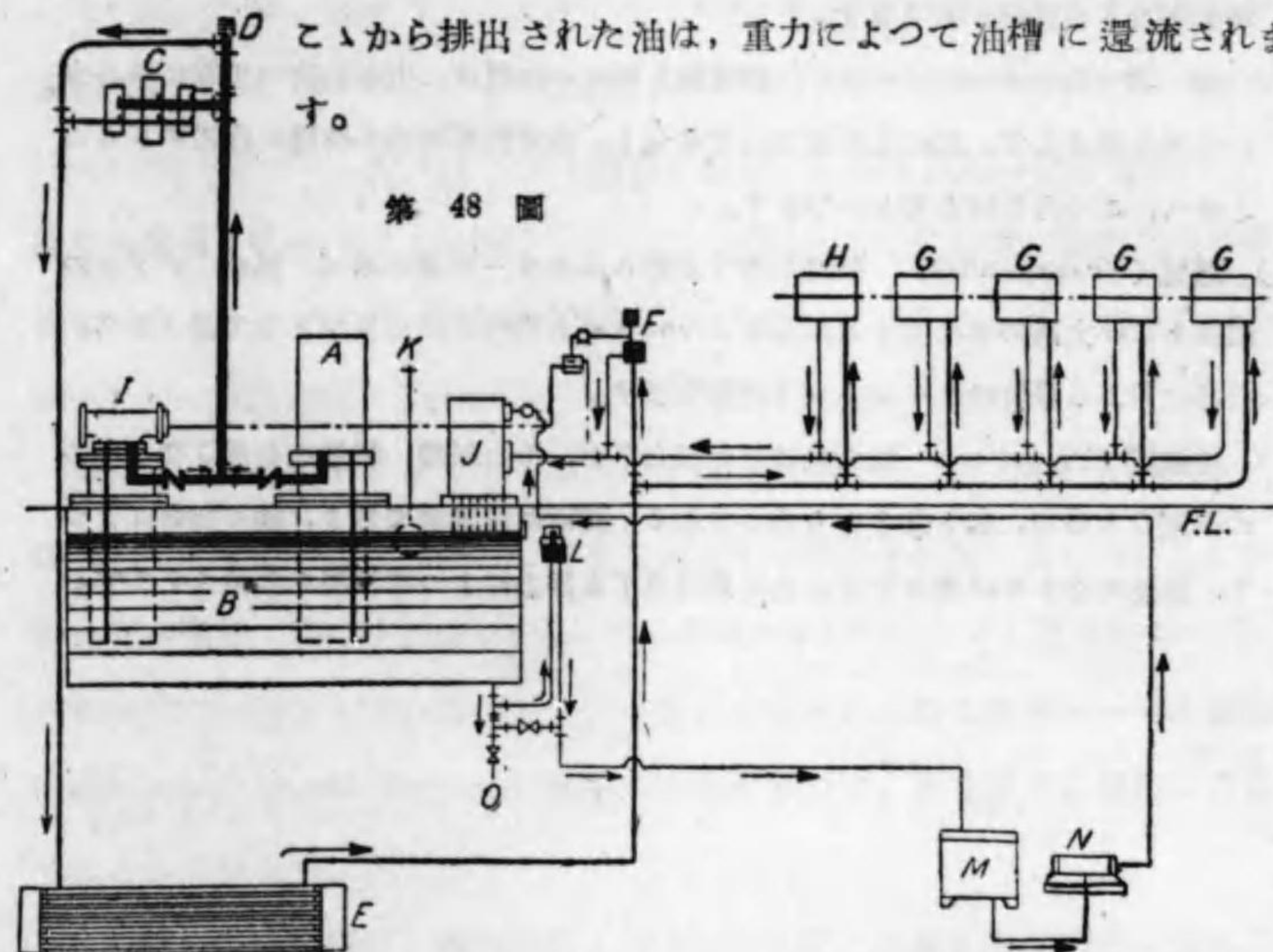
からなつてゐます。後進用タービンは、この低壓部の端に取付けられてゐます。蒸汽は入口 *A* から羽根に衝擊しつゝ進み、廢汽口から排出され、後進用タービンには入口 *B* から蒸汽が進入して羽根を撃ち、廢汽口から吐き出されます。

船舶の推進機關としてタービンが最初に使用されたのは明治二十八年頃で英國に於てパーソンズ、タービンが最初に使用されました。わが國には十年後に輸入され、青森と函館間の汽船に用ひられました。又軍艦用としては、明治四十三年カーチス・タービンを戦艦河内、攝津に据付けたのが最初です。

18. タービン運轉上の注意

タービンの容量の大小によつて程度はありますが、給油装置を完全に施して、良好な潤滑油を使用します。普通齒車ポンプによる強制循環装置で潤滑せられ、油は油槽から装置内を通つて潤滑を必要とするすべての部分に壓送されるのです。第 48 圖はタービン装置の循環給油装置を圖解したもので、*(A)* の齒車ポンプはタービン軸により驅動せられ唧筒の吸入端はつねに油槽 *(B)* 内の油に浸つてゐます。油中の不純物は唧筒の吸入口及油槽への環流線路上にある篩によつて取除かれます。この油槽内の油は温いので冷油器 *(E)* 内に壓送され、こゝで冷却されて軸受 *(H)* 及び *(G)* に導かれ、こゝから排出された油は、重力によつて油槽に還流されます。

第 48 圖



- |                            |                           |                                     |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| <i>A</i> —メインオイルポンプ        | <i>F</i> —軸受に到る油壓を調節する油緩瓣 | <i>K</i> — <i>B</i> に於ける油面表示器       |
| <i>B</i> —タービン油槽           | <i>G</i> —タービン軸受          | <i>L</i> —バイパスフィルター(側流濾油装置)への自動溢流連結 |
| <i>C</i> —オイルリレー装置         | <i>H</i> —スラストベヤリング       | <i>M</i> —濾油器                       |
| <i>D</i> — <i>C</i> に対する緩瓣 | <i>I</i> —補助オイルポンプ        | <i>N</i> —還油ポンプ                     |
| <i>E</i> —冷油器              | <i>J</i> —油篩              | <i>O</i> —排出ヴァルヴ                    |



## 用語解説Ⅸ

- (1) 熱 (Heat) 物体の温度を上昇せしむる原因をいふ。温冷二物体を接触すれば、温度の高い物体は冷え、温度の低い物体は暖まつて、二物体はつひに同一温度に至るこの現象を説明するのに、熱なる物理量を考へるのであります。
- (2) エネルギー (Energy) 物体が仕事をする能力を具ふる時、その物体はエネルギーを有するといひます。電気、磁気、熱、火、エツキス光線、高所の物体、風、波などはみなエネルギーを有つてゐます。
- (3) 汽筒 (Cylinder) 汽筒とも書き、蒸気機関及び瓦斯機関において、ピストンが往復運動をなす汽筒がこれです。
- (4) 弁 (Valve) 水、瓦斯、蒸気などの流動体の通路に挿入して、その流量を加減する器具。作用によつて、吸込弁、吐出弁、滑り弁、絞り弁、ピストン弁、安全弁、制止弁などの種類があります。
- (5) 遠心力 (Centrifugal force) 圓運動をなせる物体は、中心に向つて常に求心力の作用を受けます。故にこれを大いさ等しく、方向反対の力が物体に作用するものと考へ、この力を遠心力といひます。
- (6) 熱量 (Heat quantity) 物体の有する熱エネルギーの量の事で、純水1グラムの温度を1°C 丈高めるに要する熱量を1カロリーと名付け之を単位として測ります。普通に用ふる単位は1キロカロリー単位です。
- (7) 推進機 (Propeller) 船艦或は飛行機などが、その船體、機體を前進させるために必要なもので、軸と翅とから成つてゐる。翅面は螺輪面であり、軸の回轉によつて、急速に水または空気を押しおける其時生ずる浮力によつて機體を前進させます。

## 第十篇 内燃機関

## 第一章 内燃機関一般

## 1. 内燃機関の意義

西暦1877年、ドイツ人オットー (Nicolaus Otto) が、燃料瓦斯と空気との混合氣體を直接汽筒内に吸入して、更にこれを壓縮した後點火し、爆發によつて動力を發生せしむる4サイクル瓦斯機関 (4 Cycle gas engine) を作成したものが、實用的内燃機関 (internal combustion engine) の最初です。

その後1880年、イギリス人クラーク (Dugald Clerk) が2サイクル瓦斯機関 (2 Cycle gas engine) を完成し、1885年にはドイツ人ダイムラー (Gottlieb Daimler) が4サイクル機関の燃料として揮發油の使用に成功し、揮發油機関 (Gasoline engine) として、自動車及び航空機の發明發達の基礎をつくりました。ついで數年にしてイギリス人ブリーストマン (Priestman) が、石油機関 (Kerosene engine) を作成しました。

更に1898年にはドイツ人デーゼル (Rudolf Diesel) が、安價ではあるが、揮發性の最も困難な重油を、そのまま使用する機関を完成しました。これがデーゼル機関 (Diesel engine) で、その熱効率は36%といふ高率なもので、内燃機関に新機軸を開いたのでした。最近研究されてゐる高速デーゼル機関 (High speed diesel engine) は更に優秀なもので、高速度交通機関に君臨せんとしてゐます。

これらの内燃機関が、蒸気機関と異るところは、瓦斯または石油の蒸氣を機関内に吸入し、これを空気と混合せしめて壓縮し、これに適當の方法で點火し、その爆發によつて生じた瓦斯の壓力でピストンを壓し、動かして機械的エネルギーを生ずる装置です。つまり、機関内で、直接燃料を燃焼せしめ



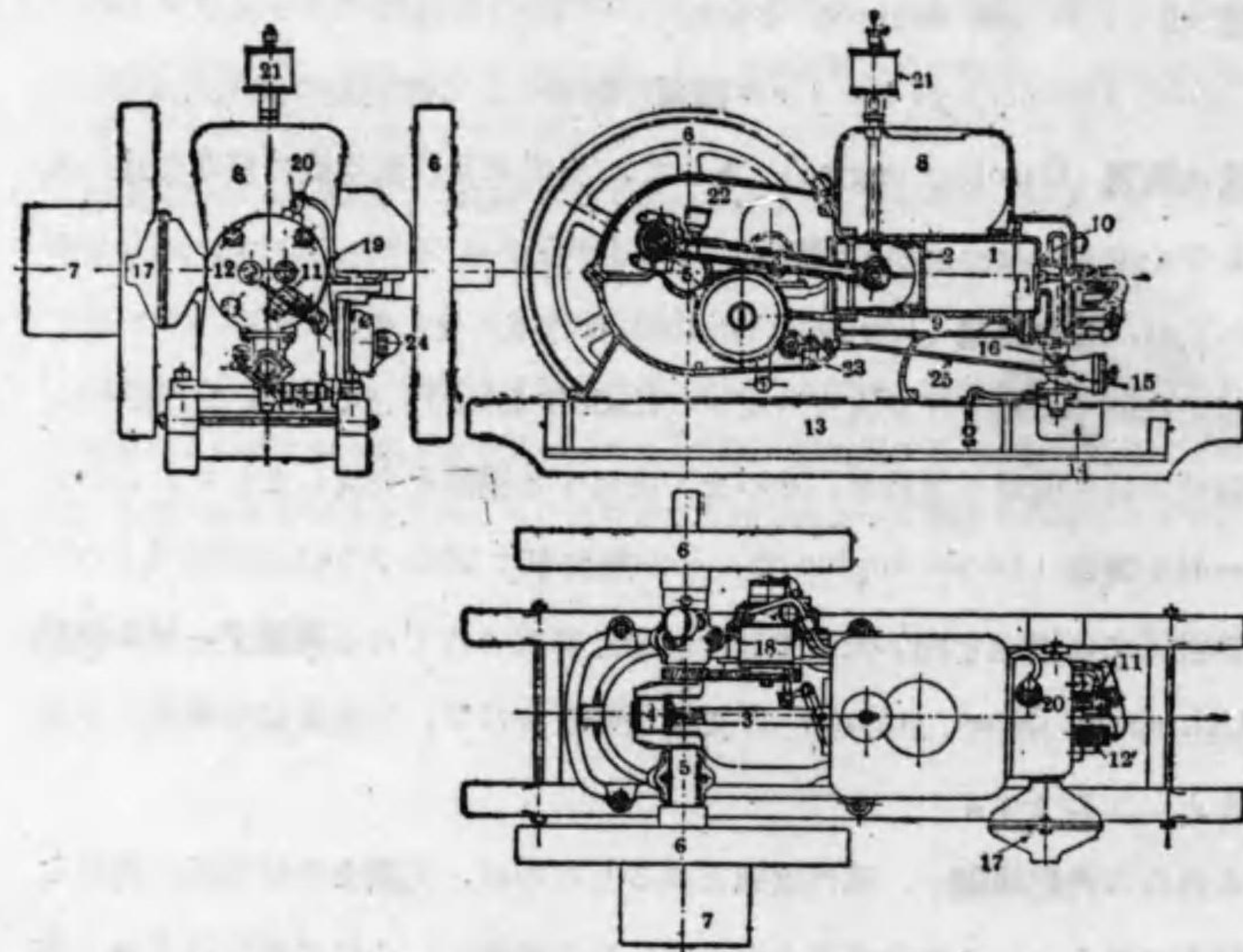
るので内燃機関といひ、これに對して、蒸氣機関のごときは、これを外燃機関といふのです。

内燃機関の長所は、蒸氣原動機が動力發生が迂遠のために熱の損失が多く場所も廣くとりますが、内燃機関はこれに反して一般に輕量であつて、燃料消費量も少く、よく燃焼するため清潔であり、また熱効率も高いので、内燃機関は近年急速な進歩をなし、その用途も非常に高まつてゐます。

## 2. 内燃機関の構造

これを説明する便宜上、最も單純な第1圖の農業用燈油機関を掲げましたが、これによつて大要を知ることが出来るでせう。

第 1 圖



(1) は氣筒で、ピストンは、内部で左右の往復運動をします。(3) はピストン桿で、(4) はクランクピン、(5) はクランク軸で、(6) ははづみ車、

(7) は調車で(5)の軸に固定してゐます。(8)は水槽で、その下部と氣筒との間は水套(9)をつくり、氣筒の冷却作用をします。氣筒蓋(10)は吸氣弁(11)と、これに並んで廢氣弁(12)を有し、その内側には水套があります。(11')は吸氣弁用、(12')は廢氣弁用のバネで、弁を弁座に押しつける作用をします。

(13)は燃料槽で、(14)は油槽、(15)は氣化器で、こゝで氣化した燃料は空氣と混じて絞り弁(16)を通つて、吸氣弁(11)より氣筒内に吸ひ込まれます。(17)は廢氣管の先端に付けてある消音器です。(18)のマグネットが発電された電氣は、コード(19)を経て着火栓(20)に傳はり、氣筒内の壓縮混合氣に點火します。(21)は氣筒注油器で、氣筒と、ピストンとの間に潤滑油を供給し、グリースカップ(22)は、クランク・ピン上にグリースを供給します。

又(23)の調速器用齒車で、ケース(24)内にある調速機に運動を與へ、その作用は桿(25)を経て、絞り弁(16)に傳はる仕組になつてゐます。

## 3. 内燃機関の分類

内燃機関は、その分類を(1)使用燃料により(2)着火方式により(3)氣筒數とその配列方法により、(4)用途(5)回轉數によつて行ふことが出来ます。即ち、

### (1) 使用燃料によつて

- A. 瓦斯機関 (Gas engine) 發生器瓦斯、コークス瓦斯、熔鐵爐瓦斯、木炭瓦斯または都市瓦斯などを使用するもの。
- B. 揮發油機関 (Gasoline engine) 揮發油を主體として、これにベンゾールとか、アルコールなどを混することもある。
- C. 石油機関 (Kerosene engine) 燈油または輕油<sup>(1)</sup>を使用するもの。
- D. 重油機関 (Heavy-oil engine) 重油<sup>(2)</sup>を燃料とするが、タール油



や鯨油を混用することも出来、ディーゼル機関として広く用ひられてゐます。

(2) 着火方式によつて

- A. 火花着火機関 (Spark ignition engine) これは電気火花により着火するもので、重油機関以外は、皆これです。
- B. 壓縮着火機関 (Compression ignition engine) ディーゼル機関のことで、壓縮空氣の昇騰温度によつて、自火發火するもの。
- C. 燒玉着火機関 (Hot bulb ignition engine) セミディーゼル機関。

(3) 氣筒數及配列方法によつて

即ち、氣筒の數によつて單氣筒機關、複氣筒、3, 4, 5……氣筒、等があり、配列方法では横型 (Horizontal), 豎型, (Vertical) 直列型または V型, W型, 星型などがあります。

(4) 用途によつて

定置機關 (Stationary engine) 可搬機關 (Portable engine) 自動車機關 (Automobile engine) 航空機關 (Aero engine) 陸用機關 (Land engine) 船用機關 (Marine engine) 發電用機關 (Dynamo engine) 工場用機關 (Factory engine) 農業用機關 (Farm engine) などがあります。

(5) 回轉數によつて

これには低速機關 (Low speed engine) と、高速機關 (High speed engine) の別があります。

#### 4. 内燃機關のサイクル

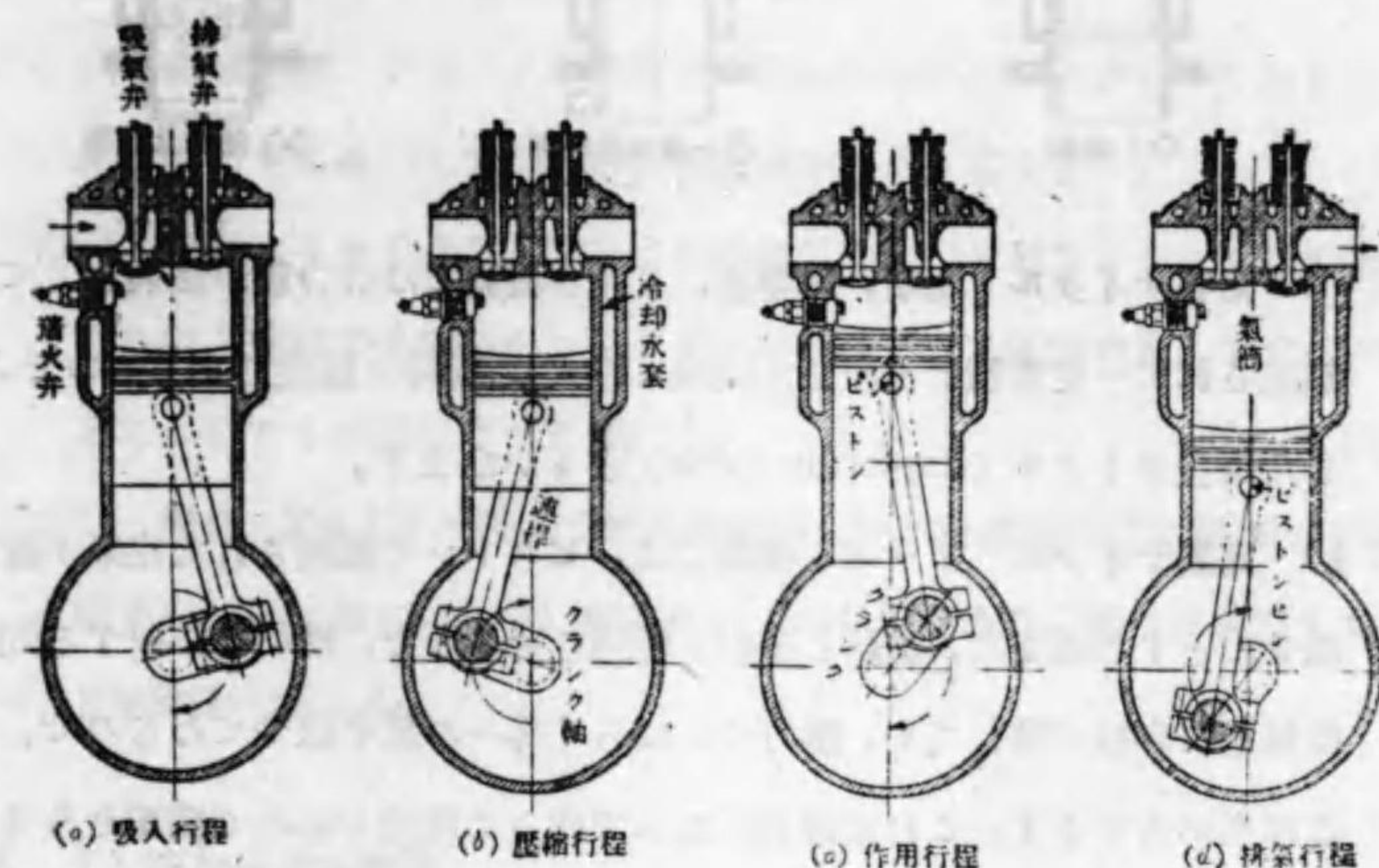
内燃機關のサイクル (Cycle) とは、氣筒内に吸入された燃油が、別に吸入された空氣と共に燃焼すれば熱を發生し、燃焼瓦斯の温度と、壓力とは高まる。この瓦斯は膨脹しながらピストンを押し、これに動力を與へ、つひに廢

氣となつて放出せられ、更に新しく吸氣が行はれて、前と同一の過程をくり返すのですが、この過程を内燃機關のサイクルといふのです。

このサイクルには、様式によつて、4行程サイクル (4 Stroke cycle), 2行程サイクル (2 Stroke cycle), 定積サイクル (Constant volume cycle) 定壓サイクル (Constant pressure cycle) 等があります。そしてその働きはつぎの通りです。

- (1) 4サイクル (略稱) これはピストンの4行程、即ちクランクの2回轉を以て1サイクルを終了するもので、發明者の名をとつてオットー・サイクル (Otto cycle) といつてゐます。第2圖は、その各行程に対する作

第 2 圖



(a) 吸入行程

(b) 壓縮行程

(c) 作用行程

(d) 排気行程

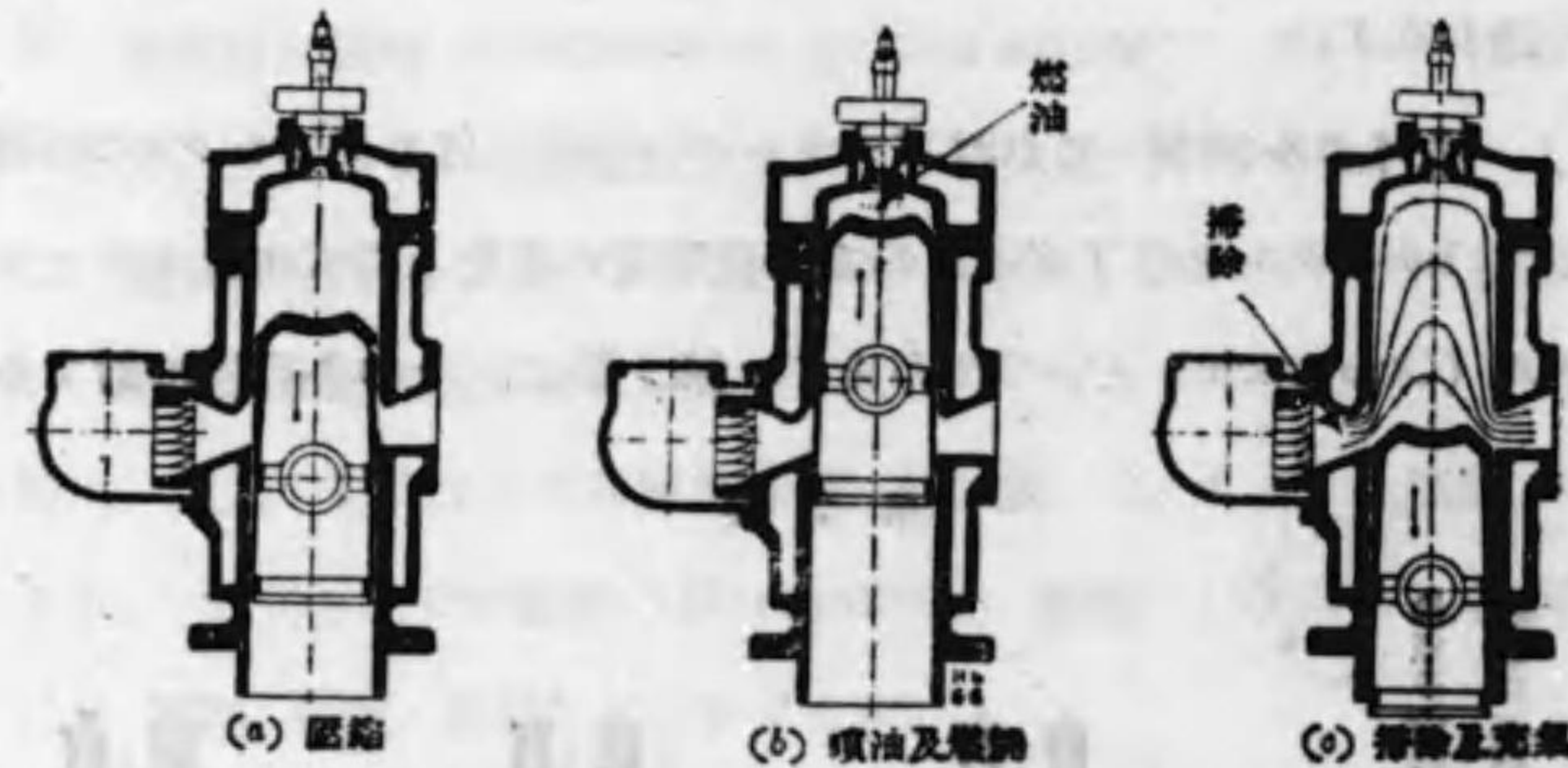
用で、第1行程を吸入行程といつて、ピストンの下降行程として新鮮なる空氣を吸込む。第2行程を壓縮行程といひ、上昇行程にて總ての弁は閉ぢ、吸込まれた空氣は壓縮され、高壓高温となります。第3行程を作用行程といひ、燃油は氣筒内に霧化して噴射され、燃焼に伴ふ瓦斯膨脹によつて動力を發生します。第4行程を排気行程、といひ吐出弁より廢



氣が吐出されます。

- (2) **2サイクル** これは發明者クラークの名を冠してクラーク・サイクル (Clerk cycle) とも呼びます。主としてディーゼル機關、またはセミディーゼル機關に採用されてゐます。第3圖はこれを示すものです。

第 3 圖



- (3) **定容サイクル** 瓦斯、揮發油、石油各機關では混合氣が燃焼室にて壓縮されて一定容積を占めると同時に點火し、瞬時に爆發させるもので、また爆發サイクル (Explosion cycle) ともいひます。
- (4) **定壓サイクル** ディーゼル機關では、ピストンで壓縮された空氣が膨脹せんとする瞬間に、燃料を注射し燃焼させるので、燃料を注射する間は氣筒の容積が増しても、壓力はしばらく等一の値を保つてゐるので、この名があります。これは爆發しないで徐々に燃焼するので衝撃をうる事が少く機體は堅牢です。

### 5. 兩サイクルの比較

4サイクル機關と、2サイクル機關との優劣については、容易に斷定し難いけれども、一般に考慮されてゐる點を挙げるとつぎの通りです。

- (1) **燃料消費量** 4サイクル機關の方は、氣筒内で燃油の燃焼が完全に行はれますから、2サイクル機關のそれより20%位少くても足ります。

- (2) **容量** 大きさが同一の氣筒なれば、2サイクル機關の方が出力大です。従つて同一馬力のものに對し、2サイクル機關は廉價です。
- (3) **回轉速度** 一般に4サイクル機關の方が多く、陸用に望ましいけれども、船用には適しません。
- (4) **故障** 4サイクル機關では氣筒蓋の龜裂、吐出弁の故障なども起りやすいが、最近は改良されてゐます。
- (5) **冷却水の水密** 機關冷却用水の水密は、2サイクル機關の方が困難です。従つて水の爲潤滑油は粘性を減じ、軸承金を焼く事があります。
- (6) **掃除唧筒** 4サイクルには、ポンプがないから、その故障のために、機關を停止するやうなことは起りません。
- (7) **機械効率** 2サイクル機關では掃除作用が比較的不十分であり、且壓縮壓力も不足がちですから、機械効率はやゝ劣ります。
- (8) **始動** 4サイクル機關では6氣筒以上、しかも3クランクを手廻ししないと始動できないが、2サイクル機關では4氣筒でも、クランクのどこからでも始動ができます。
- (9) **製作** 2サイクル機關では弁機構がないから構造はごく簡単ですが、氣筒の加熱が激しいので、掃除ポンプが必要であり、製作に當つても、比較的むづかしい。

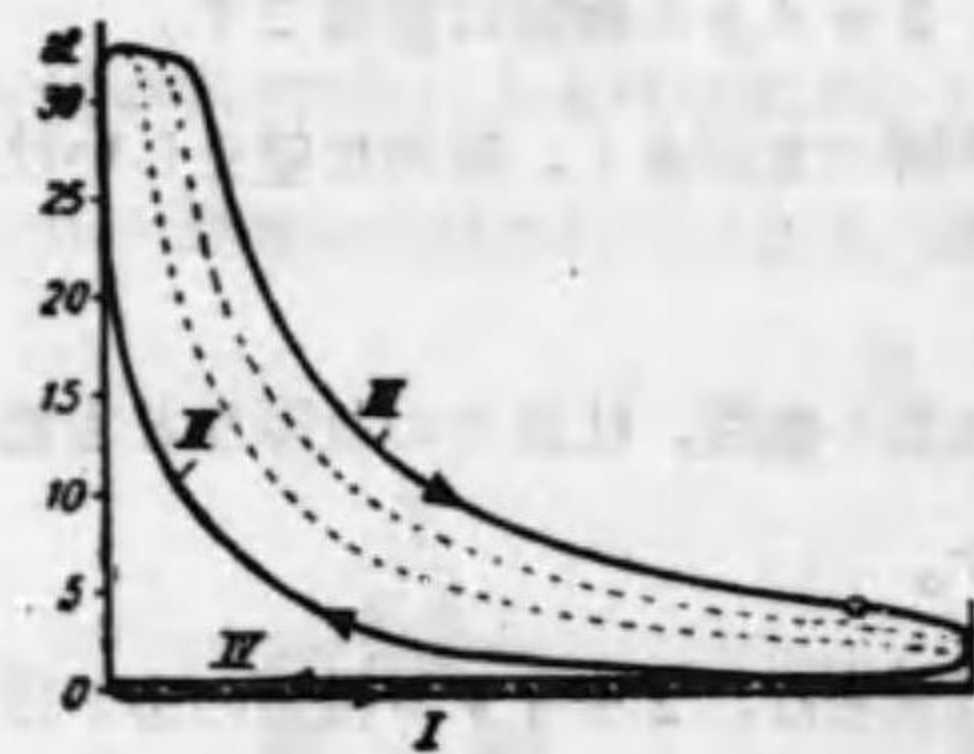
### 6. インヂケータ線圖

インヂケータ線圖 (Indicator diagram) は、前篇にも述べたところで、その目的とするところは氣筒内に起る壓力、容積の變化の關係を示すもので、インヂケータを使用して描きます。この線圖は、機關の出力を算定し、またはサイクルの實際狀態の研究に資するものです。

たとへば、ディーゼル機關の作用を知るには、このインヂケータ線圖に據るのが一番よいのです。第4圖は4サイクル式、第5圖は2サイクル式のも



第 4 圖



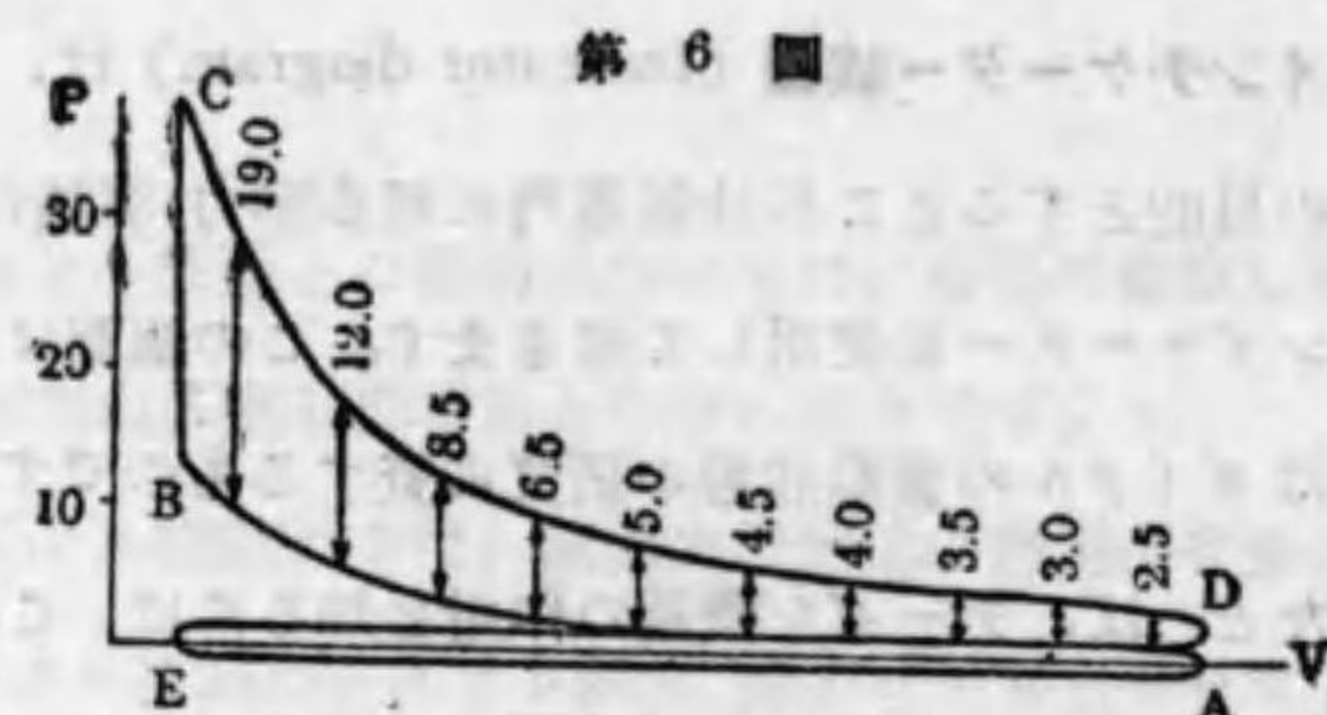
ので、横軸にはピストンの行程を従つて気筒の容積を、縦軸には燃焼瓦斯の圧力をとつておきます。

第 4 圖 I は吸込行程にして、新鮮なる空気が急激に吸込まれるため、圧力は大気圧線より幾分低くなつておきます。壓縮行程 II においては空気の圧力が上昇するを示しておきます。III は気筒内に噴入せる燃料油の燃焼に據る膨脹行程を、また IV は廢氣行程を示したもので、吐出作用の必要上、気筒内の圧力は大気圧より幾分高くなつておきます。

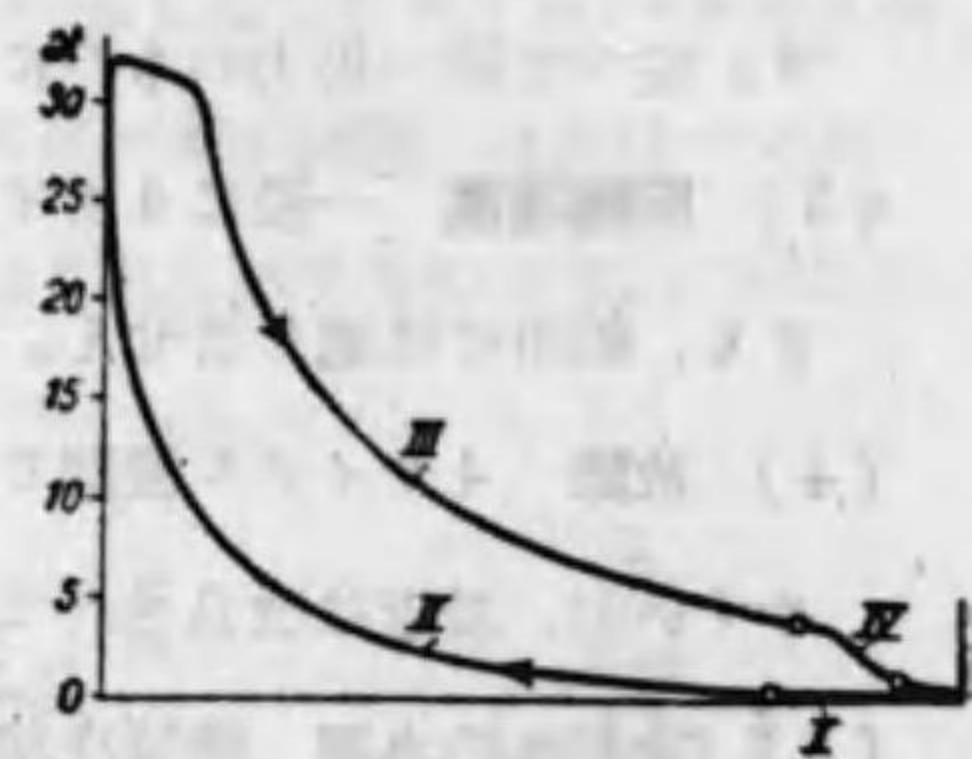
第 5 圖 I において、掃除作用 (Scavenging) が終り、吐出弁及び掃除弁の閉ぢたる後、II のごとく気筒内の空気が壓縮せられ、その圧力は上昇します。III は膨脹行程を示し、その末端 IV の部分において吐出弁及び掃除弁が開き、廢氣の大部分吐出される状態を示しておきます。

7. 平均有効圧力と馬力

平均有効圧力 (Mean effective pressure) とは、インヂケータ線圖を第 6 圖のやうに垂直線を以て 10 等分し、その各區劃



第 5 圖



の中央の高さを測つて平均値を求め、これをインヂケータに使用したバネの強さから圧力に換算したものです。バネには  $1 \text{ kg/cm}^2 = 0.7 \text{ mm}$  等記してあり、これはこのバネを使用した線圖では、高さ  $0.7 \text{ mm}$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  の圧力を示すといふことです。而して現今使用されてゐる諸種の機關に對する平均有効圧力の大體はつぎの通りです。

第 1 表

機 關	瓦 斯	燒 玉	石 油	自 動 車	航 空	デ ー ゼ ル
平均有効圧力 $\text{kg/cm}^2$	4.0~6.0	2.5~3.0	4.0~6.0	5.0~6.0	7.0~10.0	6.0~8.0

いま單氣筒機關において、ピストンの面積を  $A \text{ cm}^2$ 、燃焼瓦斯の平均有効圧力を  $p \text{ kg/cm}^2$ 、ピストンの行程を  $L \text{ m}$  とすれば、1 サイクルをなす間にピストンの受取る仕事量は、 $pAL$  珎米であります。4 サイクル機關なれば 2 回轉毎に 1 サイクルを終り、2 サイクル機關なれば 1 回轉毎に 1 サイクルを終る故、機關軸の回轉數を毎分  $n$  回轉とすれば指示馬力  $N_i$  は

$$N_i = \frac{1/2 npAL}{60 \times 75} \text{ 馬力} \dots\dots\dots 4 \text{ サイクル機關}$$

$$N_i = \frac{npAL}{60 \times 75} \text{ 馬力} \dots\dots\dots 2 \text{ サイクル機關}$$

又機械効率を  $\eta_m$  とすれば正味馬力  $N_o$  は次の式から求められます。

$$N_o = \eta_m N_i \quad \eta_m = 0.6 \sim 0.85$$

實際の場合には気筒數  $Z$  を乗じたものを  $N_i$  としなければなりません。

デーゼル機關では平均有効圧力  $p$  は普通次の如き値をとつてをります。

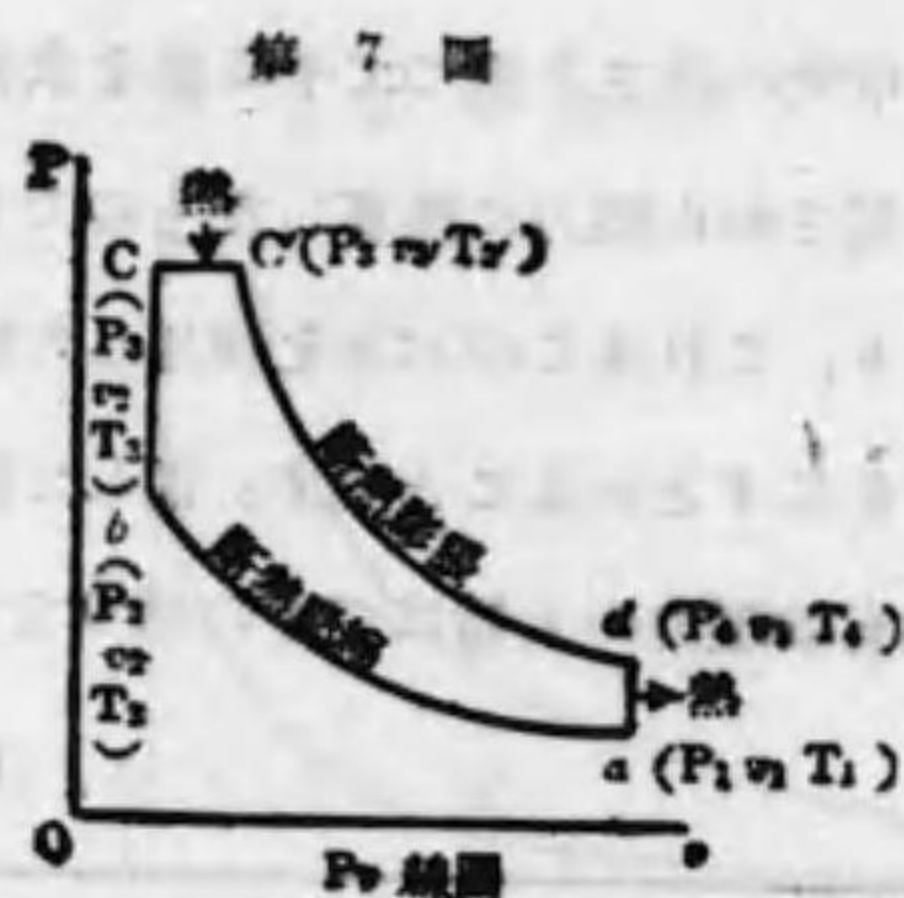
$$p = 4.2 \sim 4.9 \text{ kg/cm}^2 \text{ (4 サイクル)}$$

$$p = 3.8 \sim 4.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (2 サイクル)}$$

8. デーゼル機關のサイクルと熱効率



普通のディーゼル機関では気筒に燃料を噴入するのに、空気噴油と言つて壓縮空気を用ひますが、無氣噴油と言つて壓縮空気を用ひず、燃料のみを 300 乃至 400 気壓の壓力で噴入すると、定容サイクルと定壓サイクルが結合して表れ、丁度第 7 圖の様



になります。前者で噴入と同時に油は悉く微粒化し、気筒内にて直に燃焼を始めますが、後者では油は悉く微粒化せず、従つて直ぐに燃焼を始めません。それで壓縮行程の少し前即 b の少し前で油を噴入すると、丁度 b 點で油は一時に燃焼し、b から c までの間で急に壓力が上昇する。ピストンが動き出してもまだ油の噴入をつづけ、c にて停止するとこの點まで壓力は一定です。c から壓力が下り始め、斷熱膨脹線 c d を描きます。このサイクルの事をサバテサイクルと呼びます。

サバテサイクルに於ける瓦斯の熱の授受を考えると、b から c までは定容積の元 瓦斯に熱量  $Q_1'$  を與へる事になり、c から d までは定壓力の元で瓦斯に熱量  $Q_1''$  を與へる事になります。又 d から a までの間では定容積の元で熱量  $Q_2$  を奪はれる。今瓦斯の定容比熱を  $C_v$ 、定壓比熱を  $C_p$  とし、気筒中の瓦斯の全重量を 1 kg とすれば、燃焼によつて瓦斯に與へられた熱量  $Q_1$  は

$$Q_1 = Q_1' + Q_1'' = C_v(T_3 - T_2) + C_p(T_3' - T_3)$$

排出した熱量  $Q_2$  は

$$Q_2 = C_v(T_4 - T_1)$$

$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$  として、このサイクルの熱効率  $\eta$  を求めると

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_v(T_3 - T_2) + C_p(T_3' - T_3)}$$

$$= 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2 + \gamma(T_3' - T_3)} \dots\dots\dots(3)$$

$r = \frac{v_1}{v_2}$  ... 壓縮比とすれば 斷熱壓縮に於ては

$$T_2 = T_1 r^{\gamma-1} \dots\dots\dots(4)$$

又定容加熱に於ては

$$T_3 = T_2 \frac{P_3}{P_2} = T_1 r^{\gamma-1} \frac{P_3}{P_2} \dots\dots\dots(5)$$

定壓加熱に於ては

$$T_3' = T_3 \frac{v_3'}{v_3} = T_1 r^{\gamma-1} \frac{v_3'}{v_3} \frac{P_3}{P_2} \dots\dots\dots(6)$$

斷熱膨脹に於ては

$$T_4 = T_3' \left(\frac{v_3'}{v_4}\right)^{\gamma-1} = T_1 r^{\gamma-1} \frac{v_3'}{v_3} \frac{P_3}{P_2} \left(\frac{v_3'}{v_4} \frac{v_3}{v_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$= T_1 r^{\gamma-1} \left(\frac{v_3'}{v_3}\right)^{\gamma} \frac{P_3}{P_2} \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\gamma-1}$$

而して  $v_4 = v_1, v_3 = v_2 \therefore \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\gamma-1} = \frac{1}{r^{\gamma-1}}$

$$\therefore T_4 = T_1 r^{\gamma-1} \left(\frac{v_3'}{v_3}\right)^{\gamma} \frac{P_3}{P_2} \frac{1}{r^{\gamma-1}} = T_1 \left(\frac{v_3'}{v_3}\right)^{\gamma} \frac{P_3}{P_2} \dots\dots(7)$$

(4) (5) (6) (7) を (3) に代入して

$$\eta = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{v_3'}{v_3}\right)^{\gamma} \frac{P_3}{P_2} - T_1}{T_1 r^{\gamma-1} \frac{P_3}{P_2} - T_1 r^{\gamma-1} + \gamma \frac{P_3}{P_2} r^{\gamma-1} T_1 \left(\frac{v_3'}{v_3} - 1\right)}$$

$$= 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \left\{ \frac{\left(\frac{v_3'}{v_3}\right)^{\gamma} \frac{P_3}{P_2} - 1}{\frac{P_3}{P_2} - 1 + \gamma \frac{P_3}{P_2} \left(\frac{v_3'}{v_3} - 1\right)} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

(8) 式を見るに、このサイクルの効率は、壓縮比  $r$ 、壓力比  $\frac{P_3}{P_2}$ 、噴油膨脹比  $\frac{v_3'}{v_3}$  の函数であります。



## 9. 内燃機関の燃料

内燃機関においては、直接燃料 (Fuel) が気筒内で燃焼 (Combustion) するので、その性質上次のやうな条件が必要です。

1. 完全燃焼 (Complete combustion) して灰分を残さないこと
2. 廢氣を瓦斯の状態に吐出し得ること
3. 取扱上に危険のないものであること

一般に液体燃料としては、つぎのやうなものがああります。即ち石油燃料、つまり原油 (Crude oil) を分溜<sup>(6)</sup> (Fractional distillation) したのものには、つぎの種類がああります。また人造の液体燃料をも挙げると

- (1) 揮発油 (Gasoline) 比重が小にして引火し易く、標準状態において元の容積の 160 倍位に氣化します。その發熱量<sup>(6)</sup>は 11000 kcal/kg です。
- (2) 燈油 (Kerosene) 輕油 (Light oil) 燈油といふのは單に石油と呼ばれ、主として點燈用として使用されます。輕油の方が比重は少し重く、又やゝ濁り、粘性を帯びてゐます。發熱量は共に 11000 kcal/kg 程度です。
- (3) 重油 (Heavy oil) 燈油を蒸溜した殘滓で、黒褐色の濃厚な液体であるが、火力つよく、運搬や貯藏にも便利なところからディーゼル機関の燃料に用ひられます。發熱量は 10000 kcal/kg 程度です。
- (4) タール油 (Tar oil) ベンゾール (Benzol) これは何れも石炭瓦斯製造の際に生ずるコールタールを蒸溜精製したもので、ディーゼル機関及び自動車機関の燃料に適してゐます。
- (5) アルコール (Alcohol) 石油に代る重要な燃料で、發熱量は重油の半分です。
- (6) シェール油 (Shale oil) 油母頁岩を乾溜<sup>(7)</sup>して製したもので、重油と同様の性質をもつてゐます。

また瓦斯燃料としては、石炭瓦斯及び發生器瓦斯が用ひられてゐます。

第 2 表

名 稱	蒸 溜 温 度 °C		比 重	低 發 熱 量 kcal/kg
	パラフィン系 原 油	ナフテン系 原 油		
揮 發 油	150 以下	125 以下	0.60~0.74	10,700~11,500
燈 油	150~300	125~275	0.74~0.82	10,300~10,700
輕 油	300~350	275~325	0.82~0.88	10,000~10,300
重 油	350 以上	325 以上	0.88 以上	10,000 内外

## 10. 液体燃料の霧化と氣化

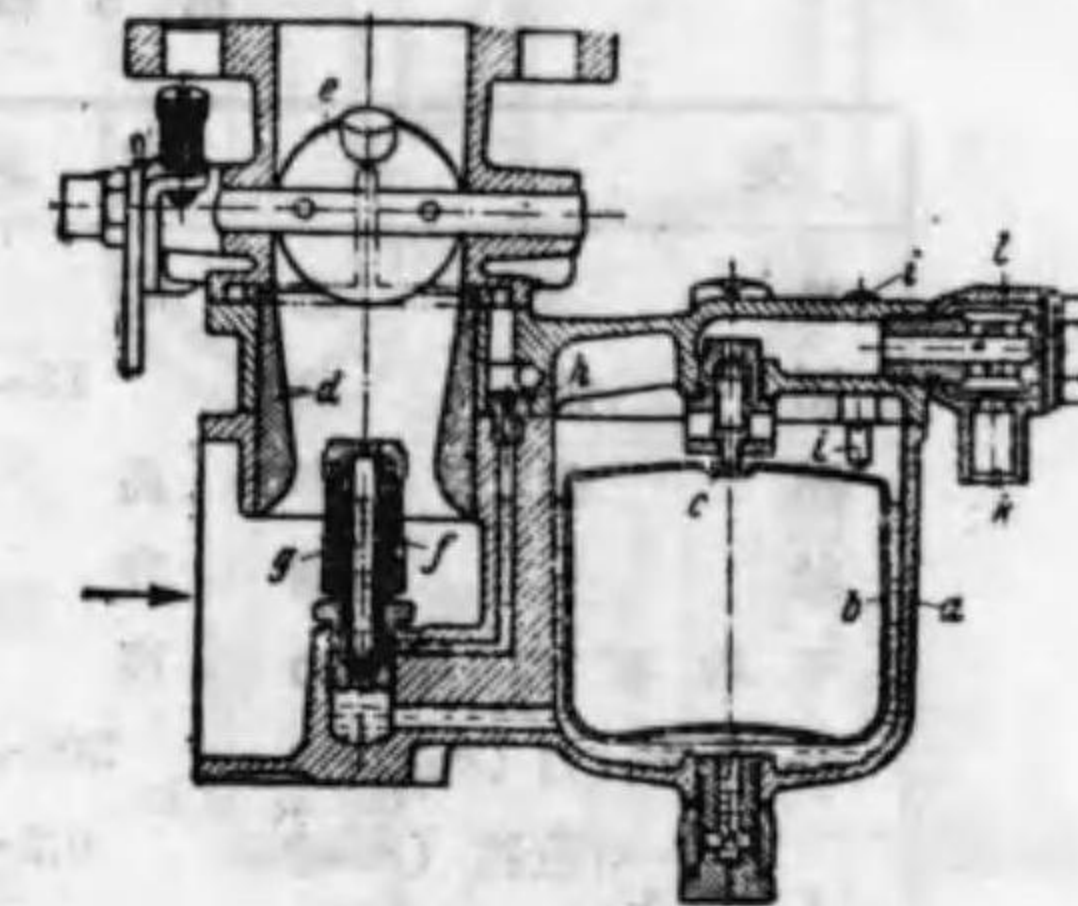
内燃機関の気筒内に燃料を供給し、これを燃焼して作用行程を行ふたのは、つぎの各装置を必要とします。

- (1) ガソリン機関の場合 自動車及び航空機等に用ひられるガソリン機関に於ては、ガソリンと空氣を混じて可燃性混合氣をつくるために氣化器 (Carburettor) が用ひられます。この氣化器といふのは、流入し來る空氣中にガソリンを噴出せしめ、機械的に兩者を混合せしめる装置です。

第 8 圖はその 1 例で、ノ

第 8 圖

ツズル  $g$  の高さは、浮子室  $a$  内の油面よりやゝ高く、機關の停止中は燃料は噴出しない。始動後吸込行程が始まれば、左方より空氣が高速度で吸引せられ、そのためベンチ



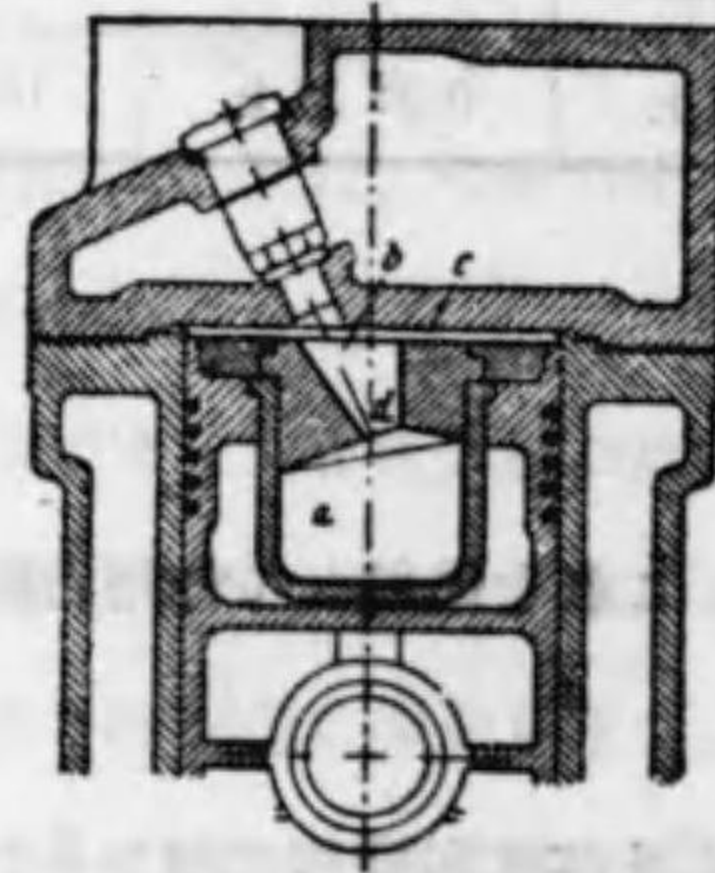
ュリ管  $d$  内の壓力は低下して、燃料はノツズル  $g$  から噴出します。この時、燃料は霧状に破碎せられ、空氣とよく混合して絞り弁  $e$  を經て氣筒



内に導かれます。つぎに針弁 $c$ 及び浮子 $b$ は油面を調整し、補助ノズル $f$ は、回転数の激増に伴つて、混合氣の濃くなるを防止する作用があります。

(2) デーゼル機關の場合 氣筒の一端に燃焼室 (Combustion chamber) が設けられ、これに開放式 (Open chamber type) と、前室式 (Pre-chamber type) とがあります。

第 9 圖



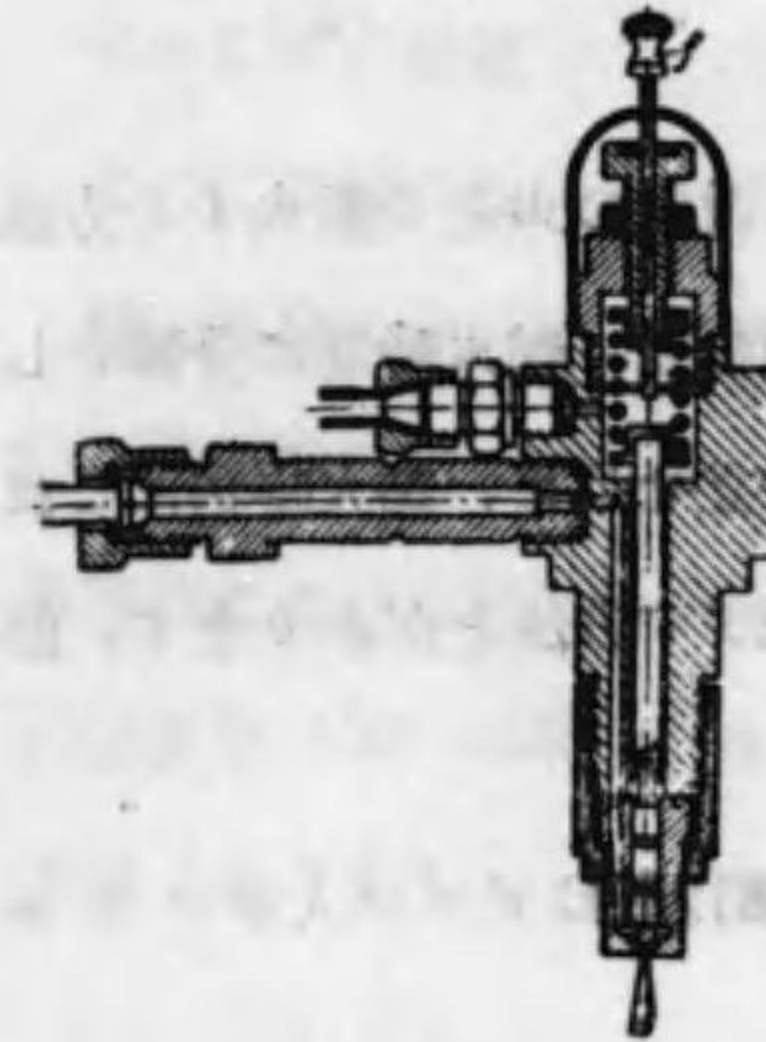
開放式では、空氣は氣筒軸の周りに旋回しながら吸込まれると共に、この運動が壓縮行程中も行はれ、氣筒中心から放射状態に噴射される燃料油と、互に流れが直交するやうにな

つてゐます。第9圖は前室式で、主燃焼室と連絡せる副燃焼室内で燃料の一部が燃焼し、その爆發力によつて燃料を十分霧化せしめ、高速度で主燃焼室に送り、その燃焼を促進せしめる装置です。

第 3 表

要 項	開 放 式	前 室 式
構 造	簡 單	複 雜
壓 縮 比	13~14	15~17
熱 効 率	高 い	低 い
始 動	容 易	困 難
平均有効壓力	高 い	低 い
噴射壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	300~400	60~80
ノズル (直徑 (mm))	0.2~0.5	2~4
故障	起り易い	起り難い
燃料の種類	限定される	限定されない

第 10 圖



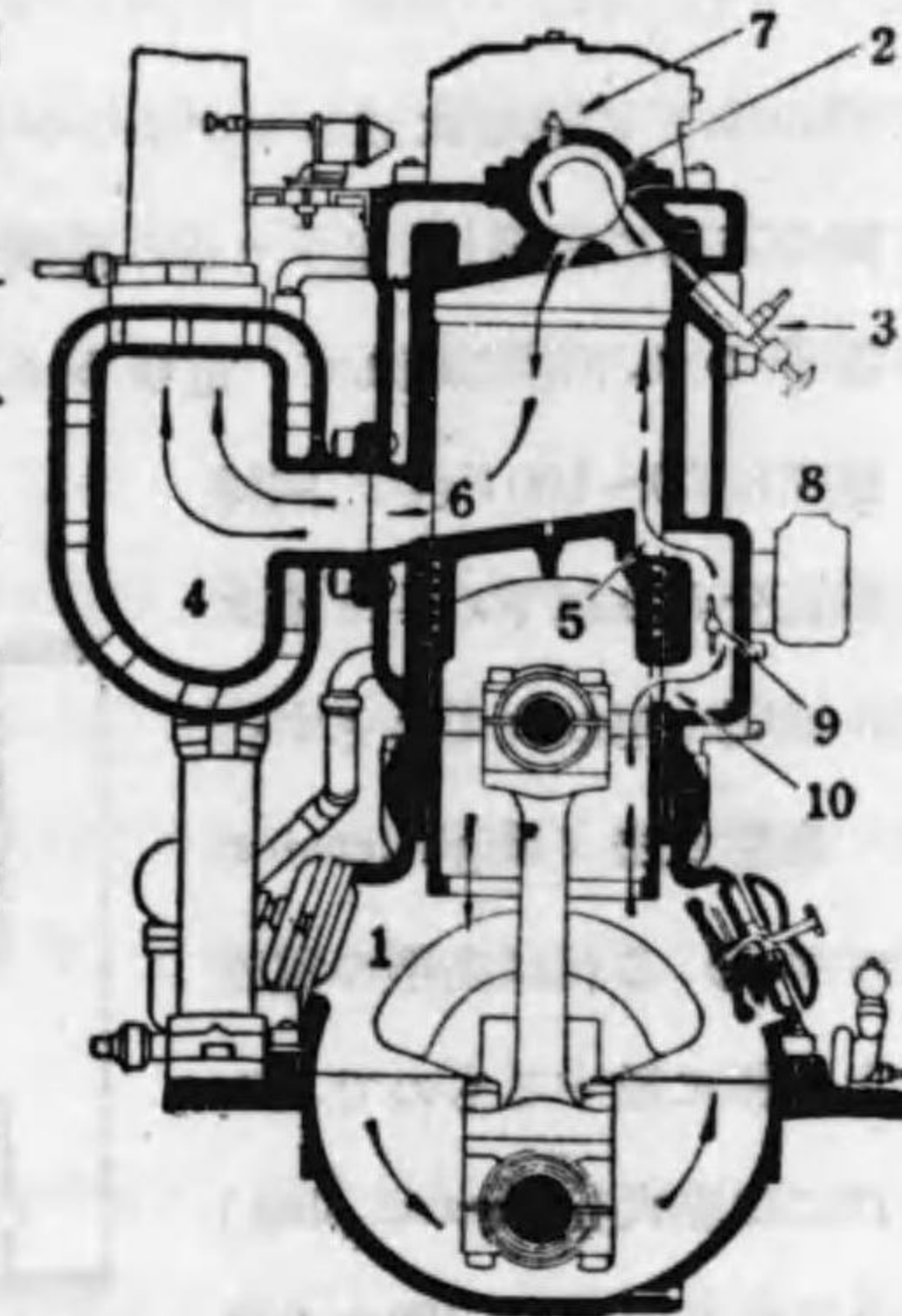
つぎに第10圖のやうな燃料噴射弁 (Injection valve)といつて、氣筒内へ適時一定量の燃料を噴射すると同時に、これを霧化する作用をもつものがあります。更に燃料ポンプ (Fuel pump) があつて、燃料油の調整が容易なことが特徴です。

11. 點 火 装 置

氣筒内の混合氣體を壓縮の終りに點火するのですが、この點火時期は極めて正確でなければなりません。といふのは内燃機關の運轉中の故障といふものは、この點火法 (Ignition method) に原因することが多いからです。

點火法には、つぎの三方法がありますが、この中、火花點火法は最も點火が確實で、故障も少く、その上修理とか、取換とかも容易なので、今日では一番多く行はれてゐます。

第 11 圖



(1) 燒玉點火法 (Hot-bulb ignition)これは氣筒の燃焼室を一部球状に作り、始動の際豫めこの部分を熱して鈍赤色に保たしめ室内に進入する混合氣に點火する方法で、この装置は構造簡單なるも點火が不確實であり、且つ連続して爆發が起らなければ運轉出來ない虞れがあります。第11圖はこの一例を示す

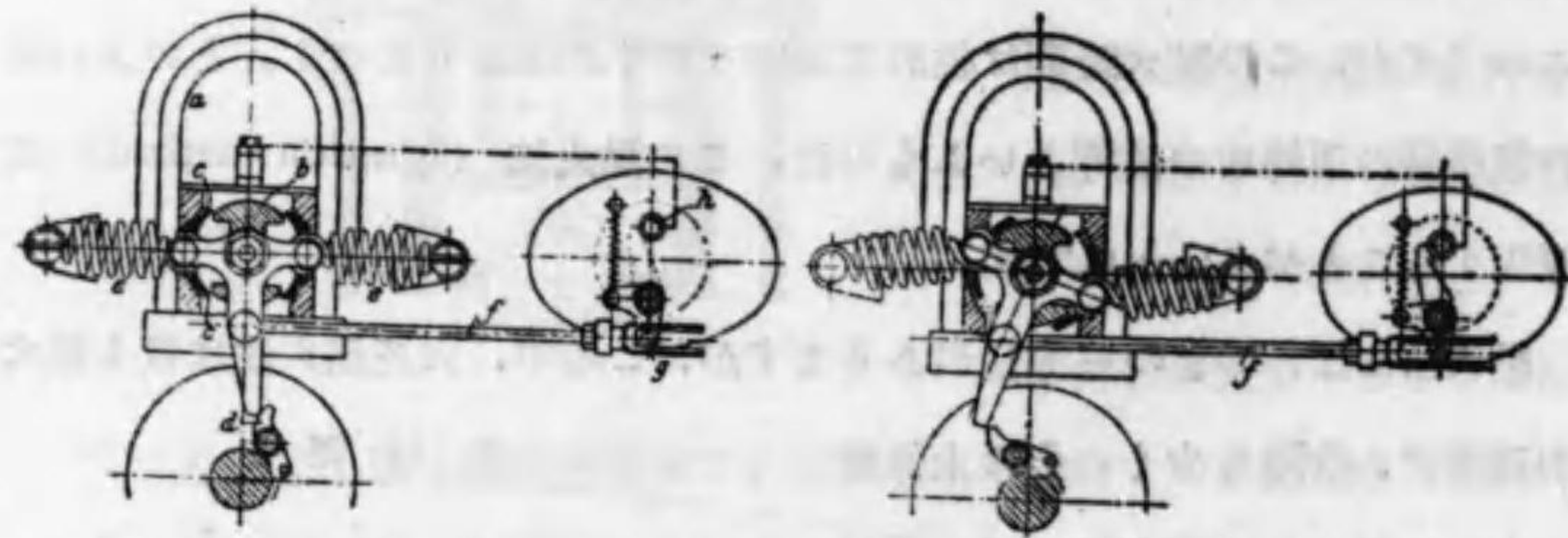


ミデーゼル機関 (Semi-diesel engine) で、主として小型漁船などに用いらてゐます。

(2) 火花點火法 (Spark ignition) これは電氣の火花で點火する方法で、氣筒内に覗かせた互に接觸せる2導線の兩極を、點火時期に分離せしめて火花を飛ばす方法と、また常に兩極を對立せしめ、點火時刻にこれに高壓の電流を通じ、その兩極間に火花を飛ばす方法とがあります。即ち前者が低壓式で、後者が高壓式です。

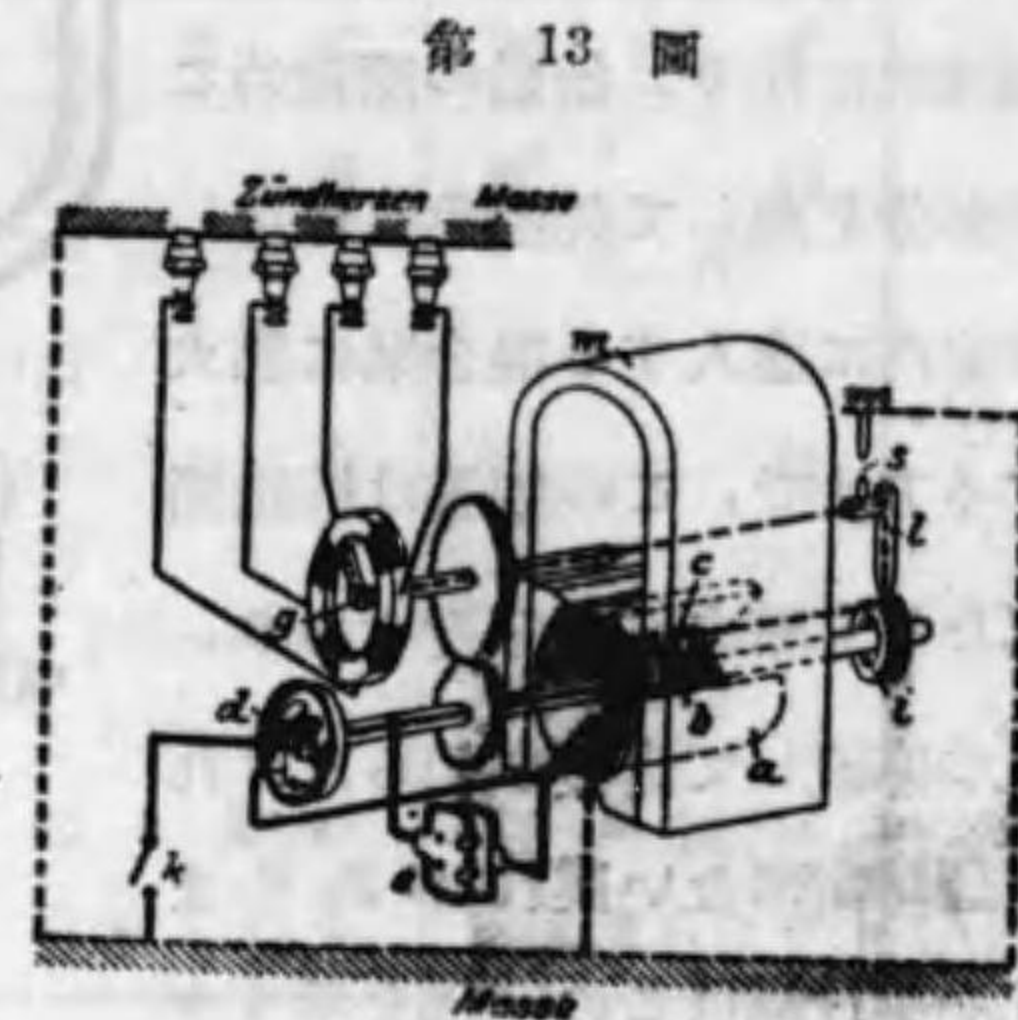
A. 低壓式法 (Low tension system) 第12圖はドイツ人ボツシュ

第 12 圖



(Bosch) の考案に成るマグネットを利用したもので、圖中カム  $d$  が圖の方向に回轉し、挺子  $c$  との接觸が外れる時、棒  $f$  は右方に弾かれ、挺子  $g$  の下端に觸れて、電極  $h$  の部分に火花を散らすのです。使用電壓は  $50 \sim 100$  Volt で、回轉數毎分  $500$  以下の4サイクル機関に用ひれてゐます。

B. 高壓式法 (High tension system) これは高壓の電流を電極に通ずるもので、これには點火栓 (Spark plug) を用ひます。第13圖は4氣



第 13 圖

筒機関の高壓點火法を示すもので、圖中  $m$  はマグネット、 $a$  は發電子にして、發電子の一次コイル  $b$  に生ぜる電流回路が、遮斷器  $d$  によつて切放されると、二次コイル  $c$  の高壓電流が配電器  $g$  を経て、順次各點火栓に火花を飛ばします。

(3) 壓縮點火法 (Compression ignition) これはデーゼル機関のやうに氣筒内にまづ空氣を吸込み、これを  $30$  氣壓内外の高壓に壓縮して、その溫度を  $500^\circ \sim 550^\circ C$  位に高め、これに燃料を噴射して燃焼せしめる方法であります。

## 12. 調 速 装 置

内燃機関も他の熱機関と同様、運轉中におけるクランク回轉力の變化並に機関に加はる負荷の輕重によつて、回轉速度に變動あるを免れません。そこで、この變化を自動的に調整し、以て圓滑なる回轉を得んがため、普通つぎの方法が行はれてゐます。

(1) 啄き調速法 (Hit and miss governing) 機関の回轉が速くなると燃料の供給を斷ち、その瞬間爆發を生ぜしめず、専らはずみ車の惰性を利用して回轉力の不足を補ふ方法にして、この装置は構造簡單にして燃料も經濟的ですが、爆發力が同じくないから、大型機関、特に發電用のものには適しません。

(2) 等量調速法 (Quality governing) 混合氣中の燃料と、空氣の成分割合を變化して、燃料分の濃淡によつて爆發力を調整する方法で、實際には廢氣の一部を再び氣筒内に吸収するか、または空氣及び燃料の何れかの供給量を加減して行つてゐます。この方法は、輕負荷では却つて燃料が不經濟です。

(3) 等質調速法 (Quantity governing) 混合氣の品質を變化せず、その供給量のみを加減し、爆發力を調整する方法です。この方法によれば、



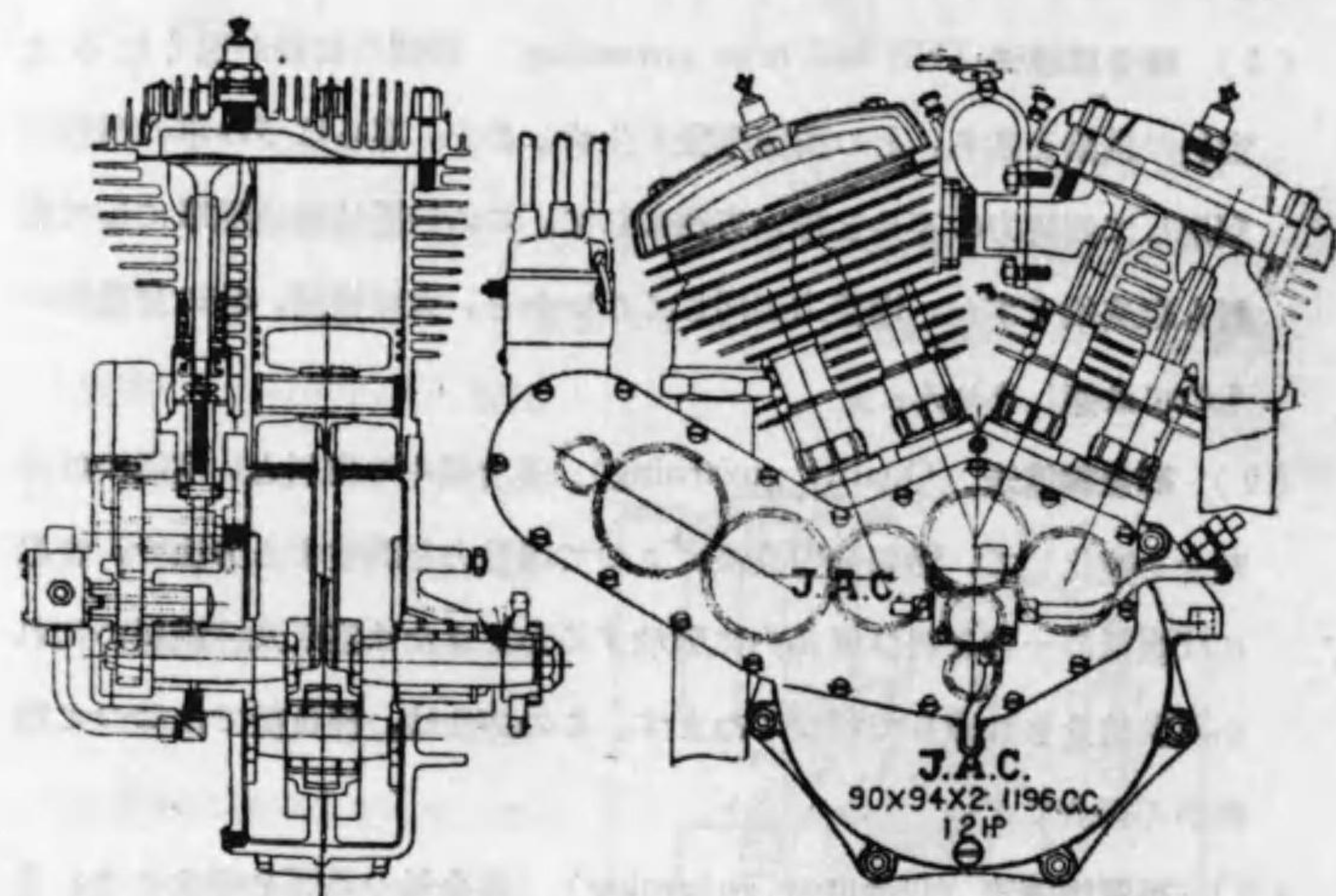
軽負荷の際にも爆発が確實に行はれ、燃料も経済的ですから、主として大型瓦斯機関にはこの方法が用ひられます。

### 13. 冷却装置

内燃機関では、気筒内で直接燃焼が行れ、その燃焼熱のうち、熱力として利用される他は、気筒及びその他のものゝ温度を高め、つひには滑油をも燃焼させ、ピストンと気筒とを焼付かせるやうになりますから、これを防ぐためには気筒やピストンを適当な方法で冷却し、餘分の熱を除かなければなりません。それにはつぎの方法があります。

(1) 冷却水強制循環法 (Cooling water forced circulation system) これは自動車及び飛行機用の各機関に用ひられるもので、少量の水をポンプによつて強壓循環せしめ、その途上の廣き放熱面を有する冷却器 (Radiator) の熱を奪ひ、迅速に冷却する方法です。

第 14 圖



(2) 空気冷却法 (Air cooling system) 飛行機やオートバイに用ひられるもので、気筒の外周に環状または筋状の多數の冷却ひれ (Cooling fin) を鑄出して、空気との接觸面を廣くし、これに吹きつける冷風によつて、生ずる燃焼熱を奪ひ去らしめる方法です。第14圖はオートバイ機関を示すものですが、この方法は水冷式に比べて冷却効果が少く、気筒は相當強熱されるために壽命は短いけれども、機関の重量を軽減する必要がある場合には最も適してゐます。

なほこのほかに、沸騰式冷却法なども行はれてゐます。これは気筒の周圍に水槽を設け、その蓋を開放しながら運轉し、燃焼熱を水に吸収せしめてこれを蒸發して気筒を冷却する方法で、主として農業用發動機などに使用されてゐます。

### 14. 消音装置

気筒より吐出される廢氣は、その壓力がまだ大氣壓より高く、これをそのまま大氣中に放散せしむれば、急激に膨脹して不快な爆音を發します。即ち、音を生ずる原因は、廢氣が吐き出されて急に膨脹するために、空氣に振動を生じて音波を生ずるのですから、この音を消すには、廢氣が外部に出るまでの間に徐々に膨脹して吐出口から連続的に、すこしづつ排出されるやうにすればよいのです。

だから消音器の作用も、吐出弁から吐出口に至る途中に大きな空室を置き、廢氣は一旦こゝへ吐出されて膨脹し、この中に淀んだ後、吐出口から少しづつ連続的に吐き出されるやうにする。または吐出弁と吐出口との途中に澤山の小孔を設けた板のやうなものを置き、徐々に吐き出されるやうにする。または廢氣管の外側を二重壁にして水を通し、冷却して廢氣の壓力を下げてやるかすればよいのです。

そこでこの消音器 (Silencer or Muffler) にはつぎのやうなものが用ひられ

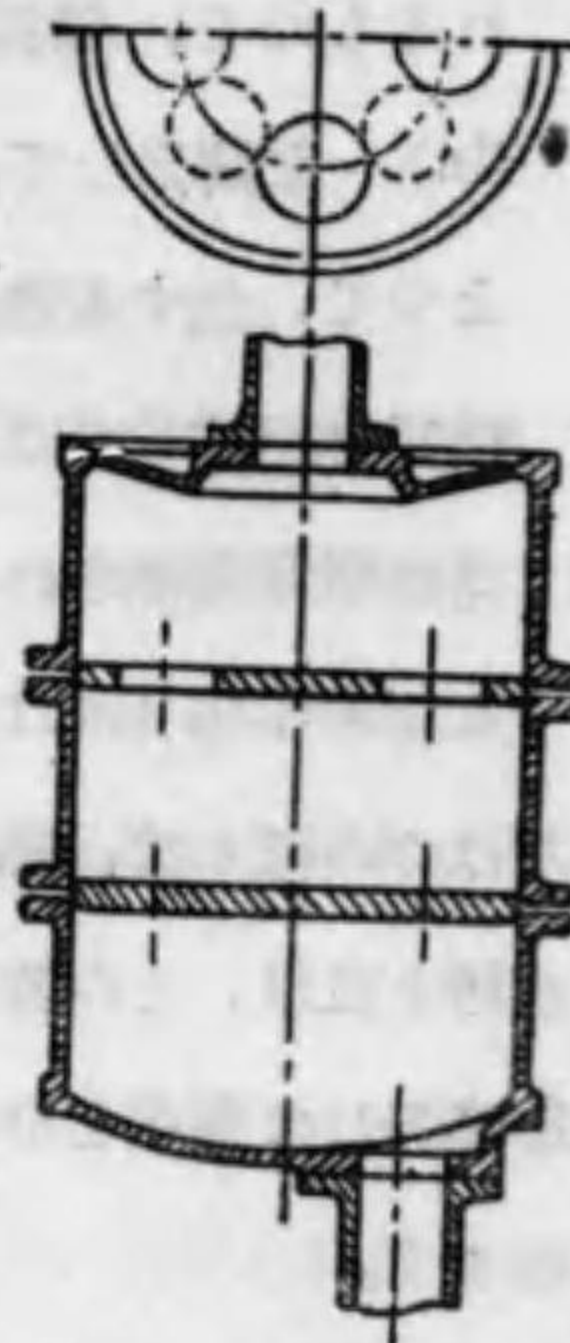


てゐます。

(1) 陸用機用 小型で最も簡単なものは鑄鐵製で樽のやうな形状で、その容積は4サイクル機用に対しては氣筒容積の5倍以上、2サイクル機用に対しては10倍以上が必要です。大きくなるにつれて、器内に幾つかの隔壁を設け、これに千鳥形に孔を穿つてあります。

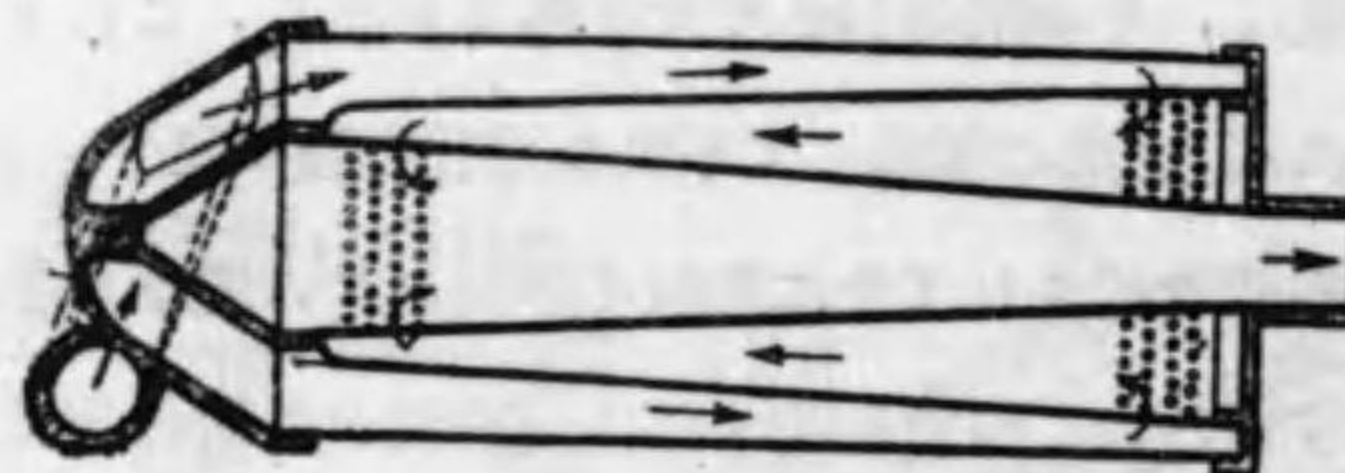
第15圖は鑄鐵消音器の1例です。なほ大型の陸用機用には、地下に煉瓦またはコンクリートの室を設け、内部に砂利を入れたものもあります。

第 15 圖



(2) 自動車用 第16圖が1例で、これは氣筒より吐出される廢氣を吐出

第 16 圖



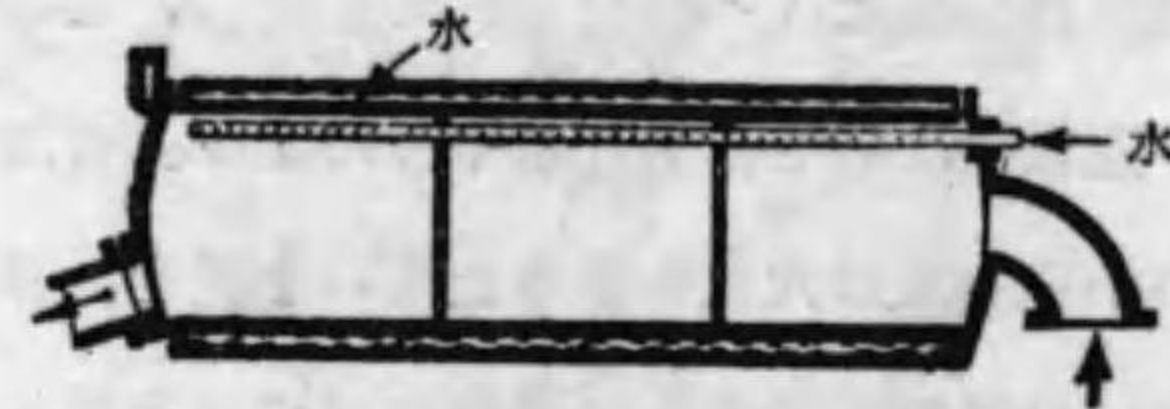
管より消音器内に送つて、十分膨脹せしめ、その壓力を低下せしめた後、外氣中に放出します。さうすれば、空

氣に激しい振動を與へないから、容易に消音が出来ます。

(3) 廢氣を冷却する法 廢氣を冷却するには2方法があります。1つは

二重筒の間に、冷水を循環せしめて筒中を通る廢氣を冷却するものであり、他の1つは吐出管の

第 17 圖



途中をやゝ大なる圓筒とし、この中に水を噴射せしめ、その蒸發の潜熱によつて十分冷却の効果を期するものです。第17圖は潜水艇用の消音器で、この二様の形式を併用したものです。

## 第二章 ガソリン機関

### 1. ガソリン機関の概要

ガソリン機関 (Gasoline engine) とは、ガソリンを燃料とする内燃機関で、これには必ず氣化器 (Carburettor) を具へてゐます。

これは1885年ドイツ人ダイムラーが發明したもので、氣化器を以てガソリンを霧化蒸發せしめ、これを4サイクル内燃機関の燃料に使用することに成功して、ガソリン機関の始祖を開いたのです。その輕快にして、よく運轉の柔軟性を有する特性は、自動車に航空機に重く用ひられ、高速度交通機關界の王座にあります。

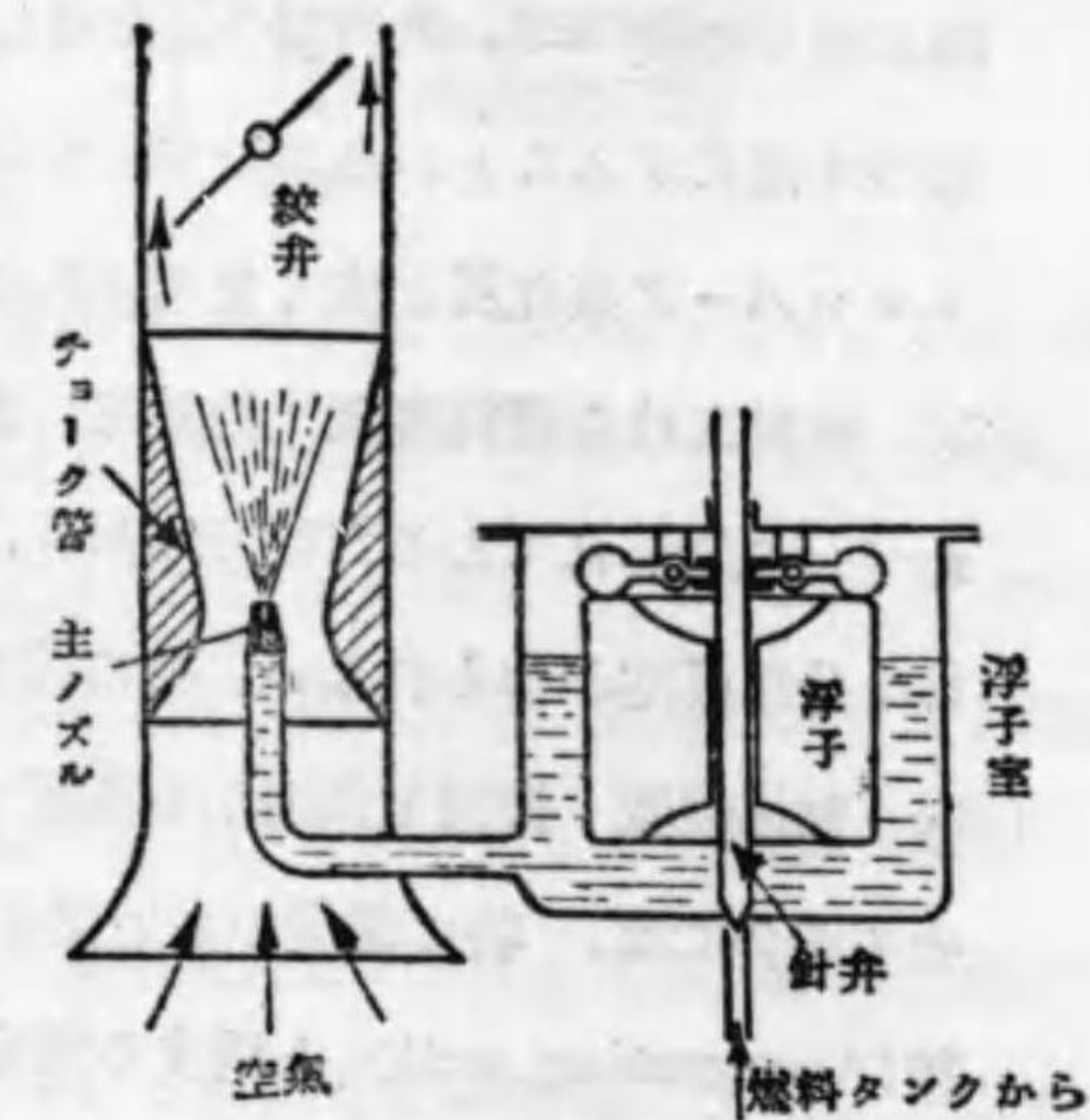
この機関は、すべて4サイクル式で、燃料消費量は比較的多く、効率も低いけれども、小型の割合に大なる動力を得られ、回轉速度大にして、その調整も容易なところから、自動車、航空機に使用されるほか、モーターボート、オートバイ、發電用その他軍用機関として用ひられてゐます。

第 18 圖

### 2. 氣化器の基本型

今日専ら實用に供されてゐる氣化器は、みな噴霧式氣化器 (Jet or Nozzle carburettor) で、單に氣化器といへば、これのことです。

この噴霧式は、その様式の點から見ると、色々あるけれども、第18圖はその基本的なもので、浮子室 (Float chamber),





チヨーク管またはベンチュリ管 (Choke or Venturi tube), 燃料ノズル (Fuel nozzle) の3つの主要部分から成つてゐます。

この浮子室は、つねに一定の燃油面を保つ役目の室であり、眞鍮またはコルク製の浮子の浮沈が、燃油管の開口部に當る針弁 (Needle valve) を制御します。浮子室の燃油は、管によつて燃料ノズルに接続し、ノズルの先端は浮子室の油面よりも2~3 mm 高く出てゐます。

チヨーク管と呼ばれるのは、空気吸込管の途中の細くくびれて喉 (Throat) をつくつてゐるところで、中央に燃料ノズルが覗いてゐます。ノズルから燃油は吸上げられ、霧吹きにおけるごとく霧化、または氣化されて氣流に混じ、吸氣管を経て氣筒に吸込まれます。

また絞り弁 (Throttling valve) は、機關の出力に応じて、吸氣の量を加減するものです。

### 3. 氣化器の條件

機關の運轉において、氣化器には種々の必要な條件があります。

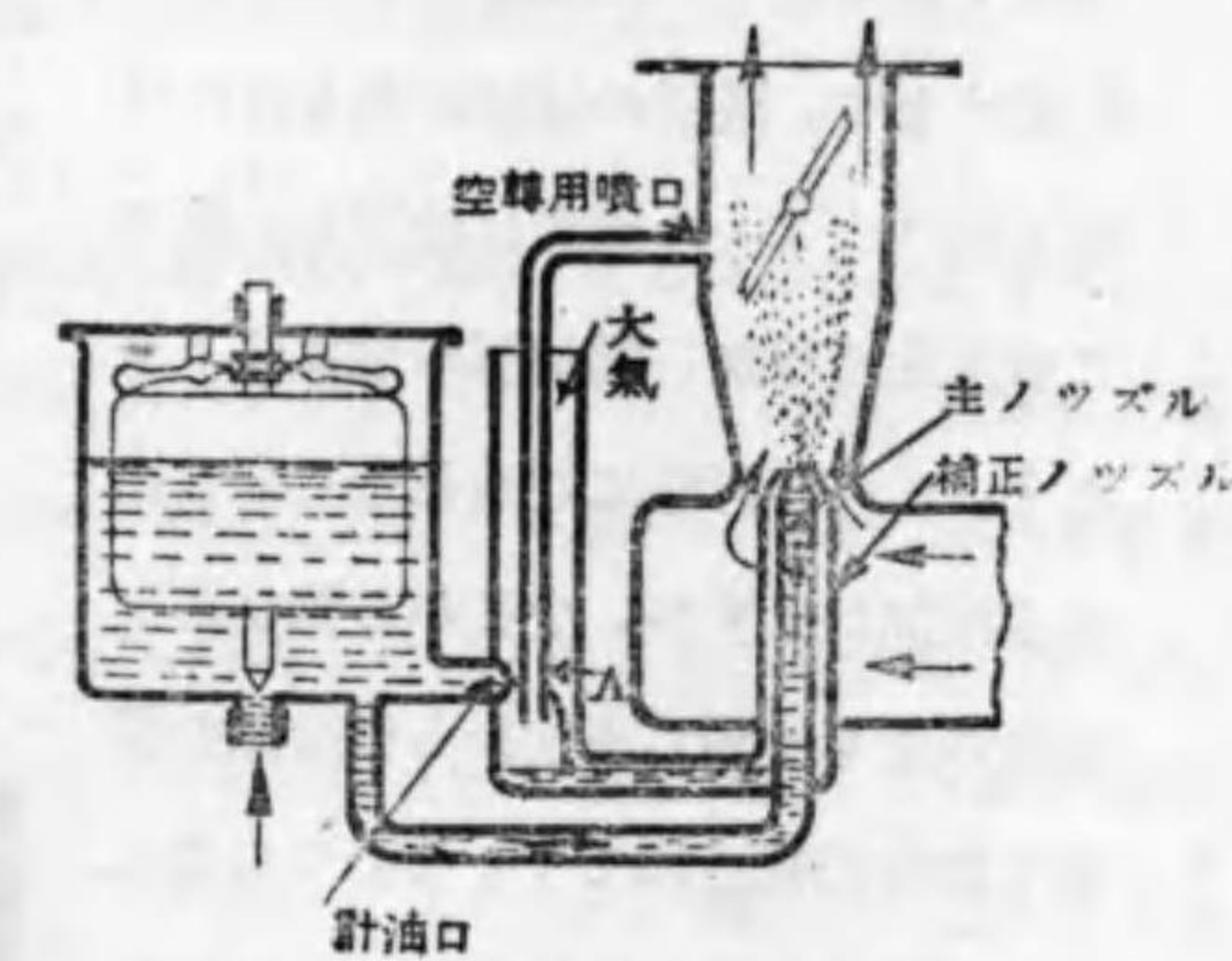
- (1) 運轉速度の補正 ノズルの大きさその他を調整しておけば、高速運轉に至るに従つて、燃料混合比を増します。故に、この時餘分の空気を送つて補正することが必要です。このために、補正ノズルを有するストロンバーグ氣化器が廣く使用されてゐます。
- (2) 始動又は空運轉装置 始動時、または空運轉に當つては、絞り弁がわずかに開かれてゐるだけですから、チヨーク管内には燃料を吸上げるに十分な眞空が作られない。故に特に空運轉装置が必要なわけです。
- (3) 加速装置 機關を低速から高速へ加速する場合、又は出力を増大させる場合には、特に濃度の高い混合氣を必要とし、そのために加速槽 (Accelerating well) と稱する燃油溜を、ノズル近くに設けて、燃油の噴射速度が加速しやすいやうに工夫したものがあつてゐます。

- (4) 節約装置 飛行機の巡航飛行や、自動車の平坦走行などには、なるべく燃料の節約を計る必要があるから、これには運轉に支障のないかぎり、稀薄な混合氣を得る様に努めなければなりません。
- (5) 高度に對する補正 上空に昇る程大氣の壓力は減するから、航空機關は上空においては出力が減じ、燃料消費量を増しますから、この補正装置が講ぜられなければなりません。

### 4. 氣化器の原理

- (1) ゼニス氣化器 (Zenith carburettor) 第19圖はこの原理を示すも

第 19 圖



ので、主ノズルを取り  
 囲んで補正ノズルがあ  
 り、補正ノズルへの油  
 は計油孔 (Metering ori-  
 fice) と、燃料溜 (Fuel  
 well) A を経て供給され  
 ます。A の上部は大氣  
 に通じてあり、機關の高  
 速運轉の際は、この溜内  
 の燃料は、全部補正ノズルから吸上げられて空になります。これに供給される燃油量は計油孔の大きさと、こゝに働く油のヘッドによつて支配され、機關の速度とは無關係に一定です。従つてこの補正ノズルだけが働いたとすれば、機關の加速と共に送込空氣の速度も大となり結局燃料の混合比は、減少します。所が主ノズルに於ては空氣の速度が大となればなる程、吸ひ出す油の量も大となります。この相反した性能を結合して混氣の濃度を調整するのです。なほ空轉用ノズル (Idling nozzle) は燃油溜に吸込口を有し、絞り弁を絞つた位置の一隅に開口して



ひますから、絞り弁を絞ると噴射空気の爲に燃料はこれから吸上げられることとなります。

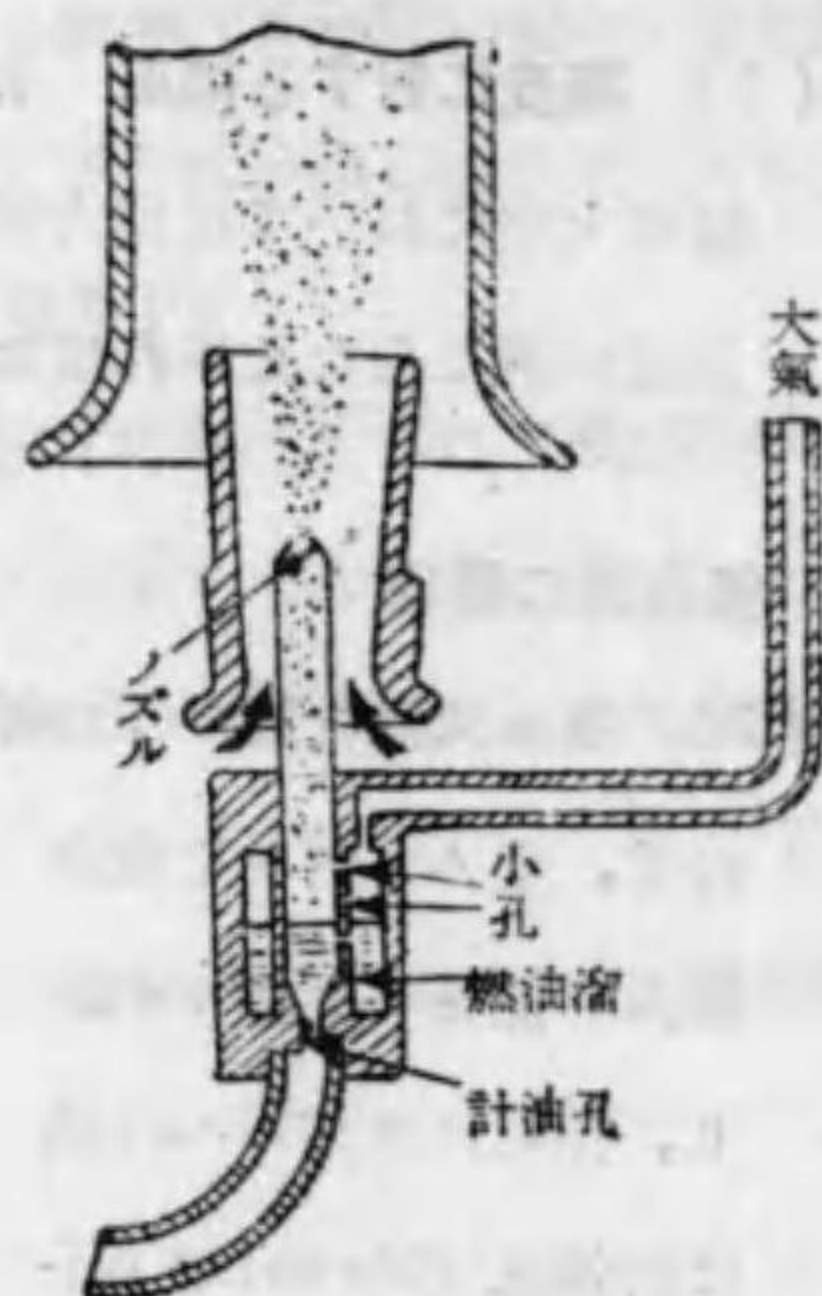
(2) ストロムバーグ氣化器(Stromberg carburettor) 第20圖で、その主要原理である氣泡混入法を説明すれば、ノズルの先端に近く燃油溜があり、兩者の間は密に並んだ數組の小孔を以て連つてゐます。また燃油溜の上部は大氣に連り、ノズルの下部は計油口を以て浮子室に連り、燃油はこれから供給を受けます。機關の速度が大となればなる程ノズルの壓力は低下し、従つて噴油量は増加し燃油溜の油面は下ります。これと同時に計油孔から來る油量も増加しますが、小孔から吸ひ込む空氣の量も増加しますから混合氣の濃度を調整出来る譯です。またこの混入空氣は燃料の霧化を助けるのに甚だ有効です。

(3) クローデル氣化器 (Caudel carburettor) 第21圖がそれで、これは氣泡吸込型の元祖であつて、今日なほイギリスでは廣く使用されてゐます。

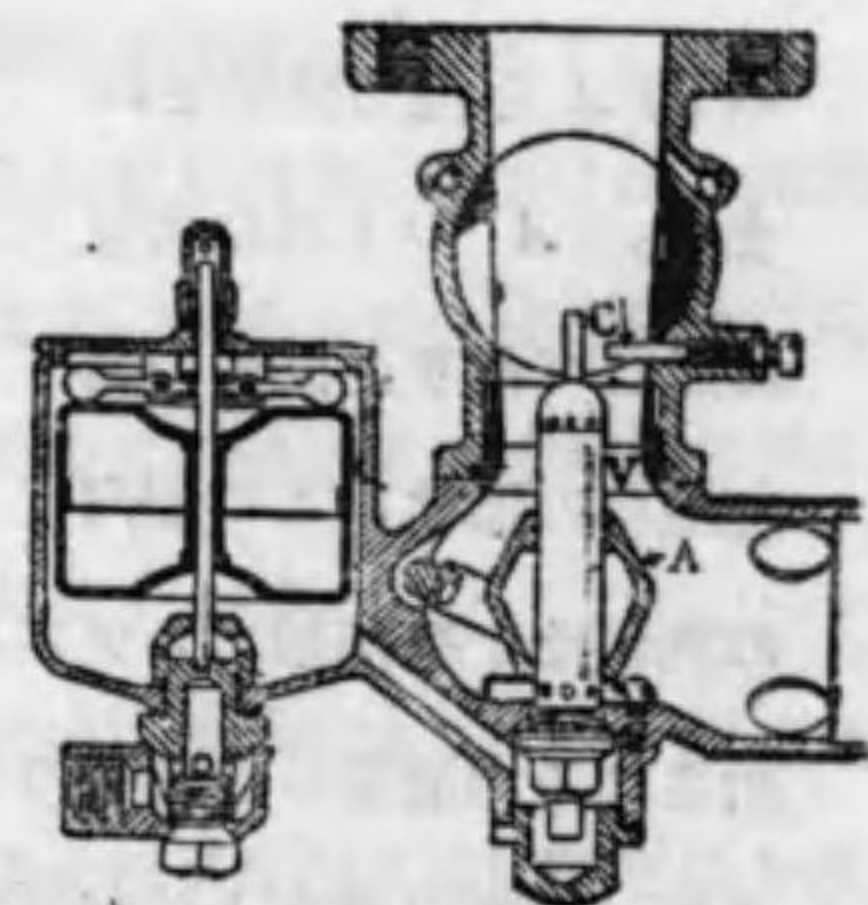
### 5. 自動車機關の構造

各氣管には、夫々1個づつの吸氣弁と廢氣弁とを備へてゐます。この弁の位置によつて、第22圖のやうに L 型、I 型、T 型、F 型があります。今日 L

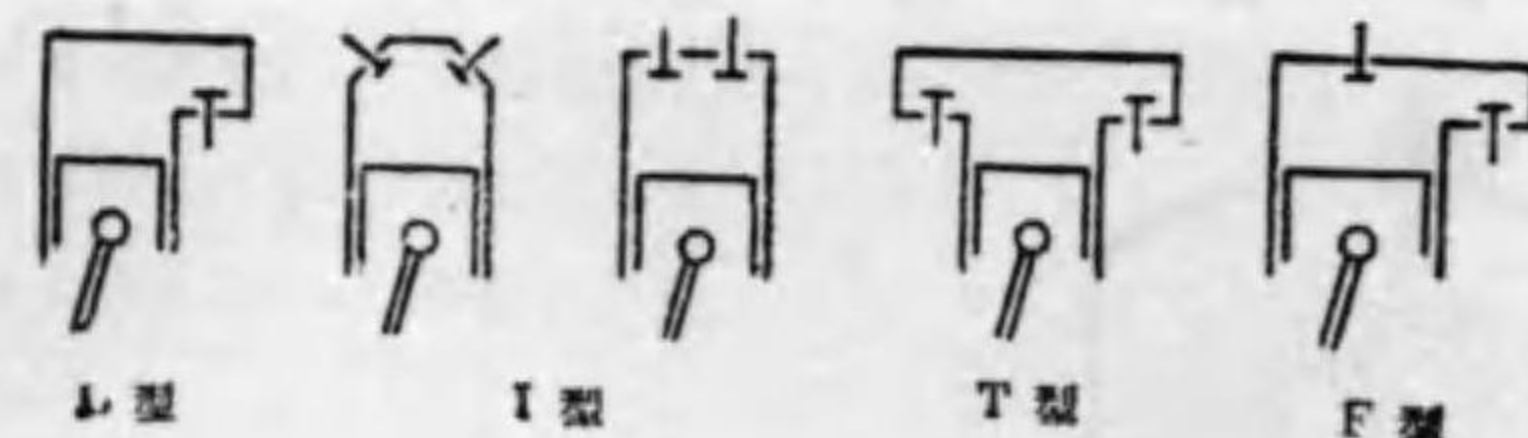
第 20 圖



第 21 圖



第 22 圖



型と I 型とが廣く用ひられ、殊に I 型は機構が複雑で高價ですが、燃燒室の放熱面が少く、その上熱効率もよいので、航空機關には殆んどこの型を使用し、自動車機關にも段々この型が用られて來ました。

なほこの機關には回轉力の平均を計るため、4~8 個の氣管を直列、または V 型に取付けたものが多い。いま氣管の内徑を  $D$  mm, ピストンの平均速度を  $5$  m/sec とすれば、氣管 1 個當りの公稱馬力  $N_0$  は、

$$N_0 = 0.00062 D^2$$

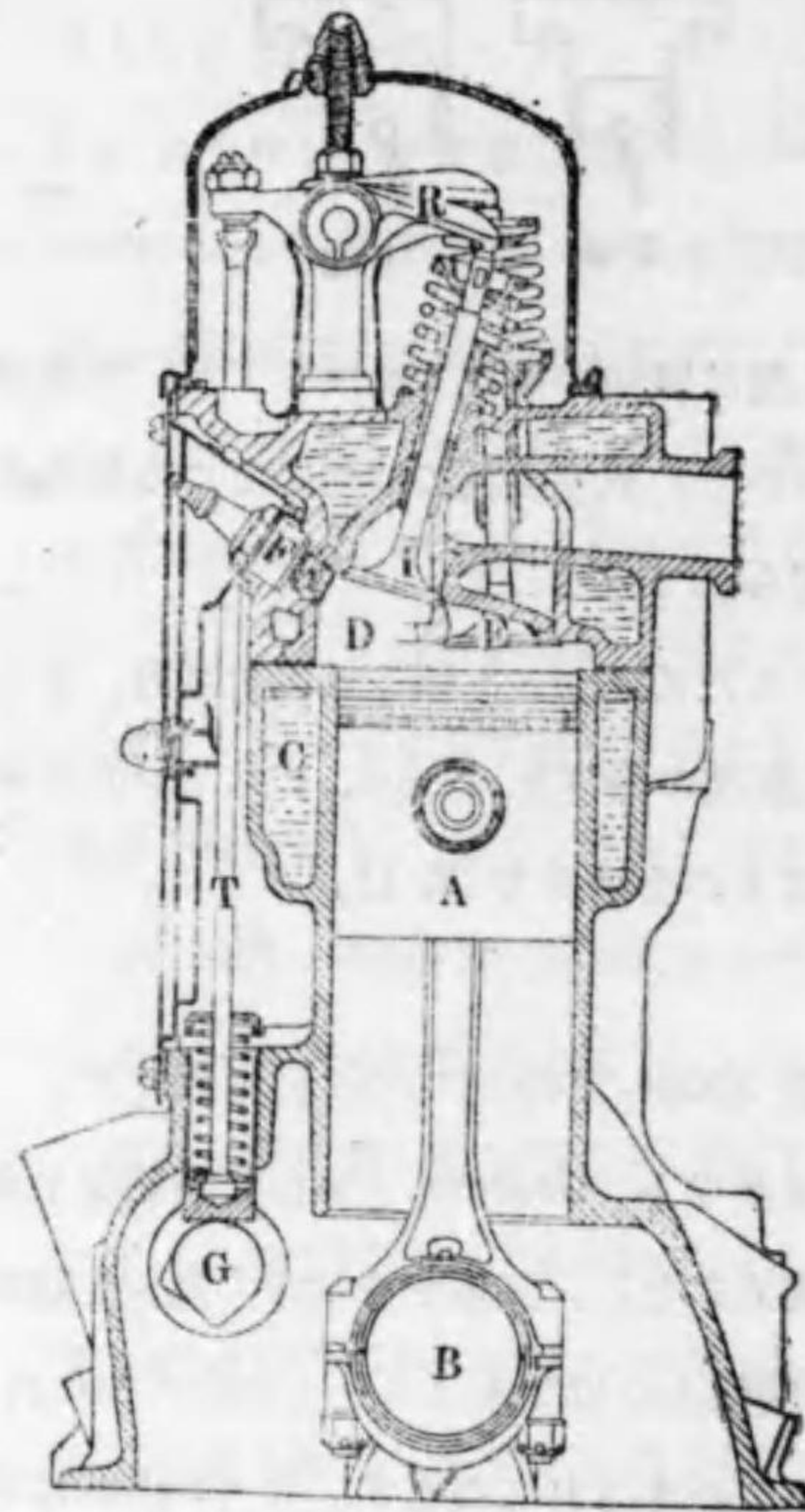
より求められ、最大馬力は毎分回轉數 3000~3500 なる時に得られます。

次に氣管と、氣管蓋との間には「ガスケット (Gasket)」といひ、石棉板を薄い銅板で包んだものを挟んでボルト締めをなし、瓦斯や冷却水の漏洩を防ぎます。「クランク室 (Crank case)」は、鑄鐵またはアルミニウム合金で作られ、クランク軸の中心線を限界として上下に折半されてゐます。弁 (Valve) は弁頭と弁蓋から成り、材料にはニッケル鋼、タングステン鋼などを用ひます。カムには「卵形カム (Egg shaped cam)」と、「切線カム (Tangential cam)」とあり、前者は吸氣弁用に後者は廢氣弁用に使用されますが、これは前者より後者が、弁の開放時間を長く保つ必要があるためであります。

第23圖は I 型氣管の弁開閉装置ですが、この弁の開閉時期は最も重要なものであり、その適否は熱効率に大なる影響を與へます。一般に吸氣弁はクランクが思案點を越してから開き、つぎの思案點を過ぎてから閉じます。この重要な弁の開閉時期は機關の型式、弁の大小などによつて一定しませんが、自動車機關では、つぎの値がその實例です。



第 23 圖



吸気弁開く 上死点案より 10° 遅れ  
 吸気弁閉づ 下死点案より 30° 遅れ  
 廢気弁開く 下死点案より 45° 早く  
 廢気弁閉づ 上死点案より 3° 遅れ

### 6. 航空機関の概要

航空機に用ひる航空機関は、一般發動機と同じやうに、熱効力の高いこと、構造が簡単で取扱ひが簡便で軽量にして大馬力を発生し、しかも運轉の確實であることが大切です。

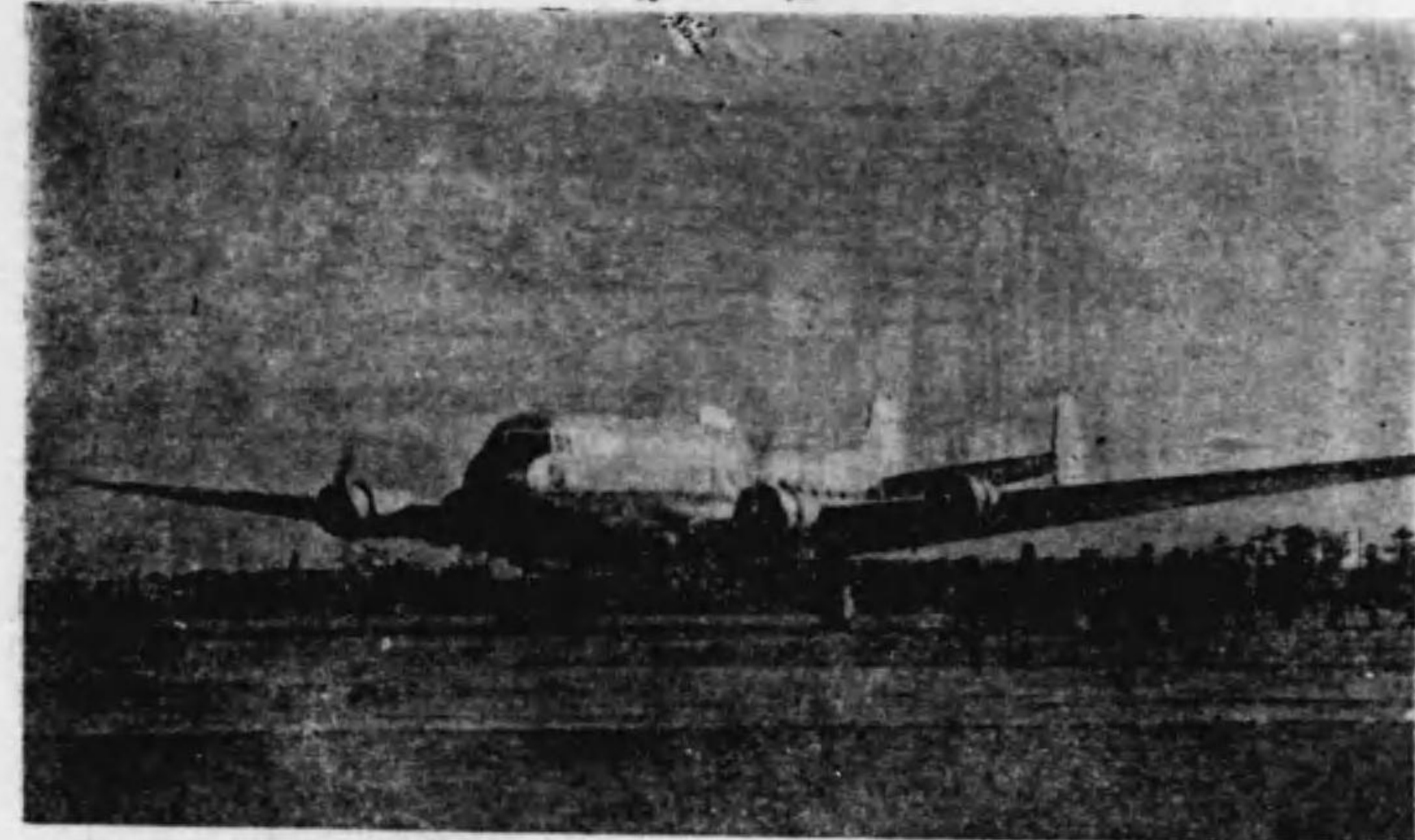
1903年(明治36年)に、アメリカ人ライト兄弟が、12~16馬力の極めて小馬力の發動機を裝備して飛んで以來、歐洲大戰當初は 80~150馬力に進歩し、戦争末期には

250~300馬力に飛躍し、今日では 500~600馬力が普通になつてゐます。

第24圖に示すものは、大日本航空會社が、昭和十四年にアメリカから購入した大型旅客機で、42人乗で、1400馬力の發動機を4臺もつけてゐますが、その位に航空機関は日進月歩の有様です。

機関の重量も、1馬力當り 1.5~2kg から、現在の 0.6~0.8kg にまで進歩し、ピストンの平均速度も 5m/sec 程度から 12m/sec に進みました。従つて主軸の回轉數も、これに伴つて 1,200 R.P.M から 1,800~2,400 R.P.M にまで高まりました、然しプロペラの先端の速度が 280m/sec 以上になる時は、その効力が著しく低下するので、今日の高速度機関では齒車減速装置を

第 24 圖



以てクランク軸の回轉數を 1/2~2/3 程度に減じて、プロペラ軸に傳へますが、それでもなほプロペラの先端速度が音波の速度 340m/sec に近いものもあります。

壓縮比は、4.5 に限られてゐましたが、氣筒の冷却を有効にし、また高オクタン價の燃料を使用してこれを増し、今日では 5.5~6.5 が普通となり、8~10 に達するものさへあるといはれてゐます。かくして熱効率は高まり、燃料消費量は 185 g/HP<sub>h</sub><sup>(9)</sup> に達しました。然し普通には燃料消費量は 240 g/HP<sub>h</sub>、熱効率は 24% 位であります。

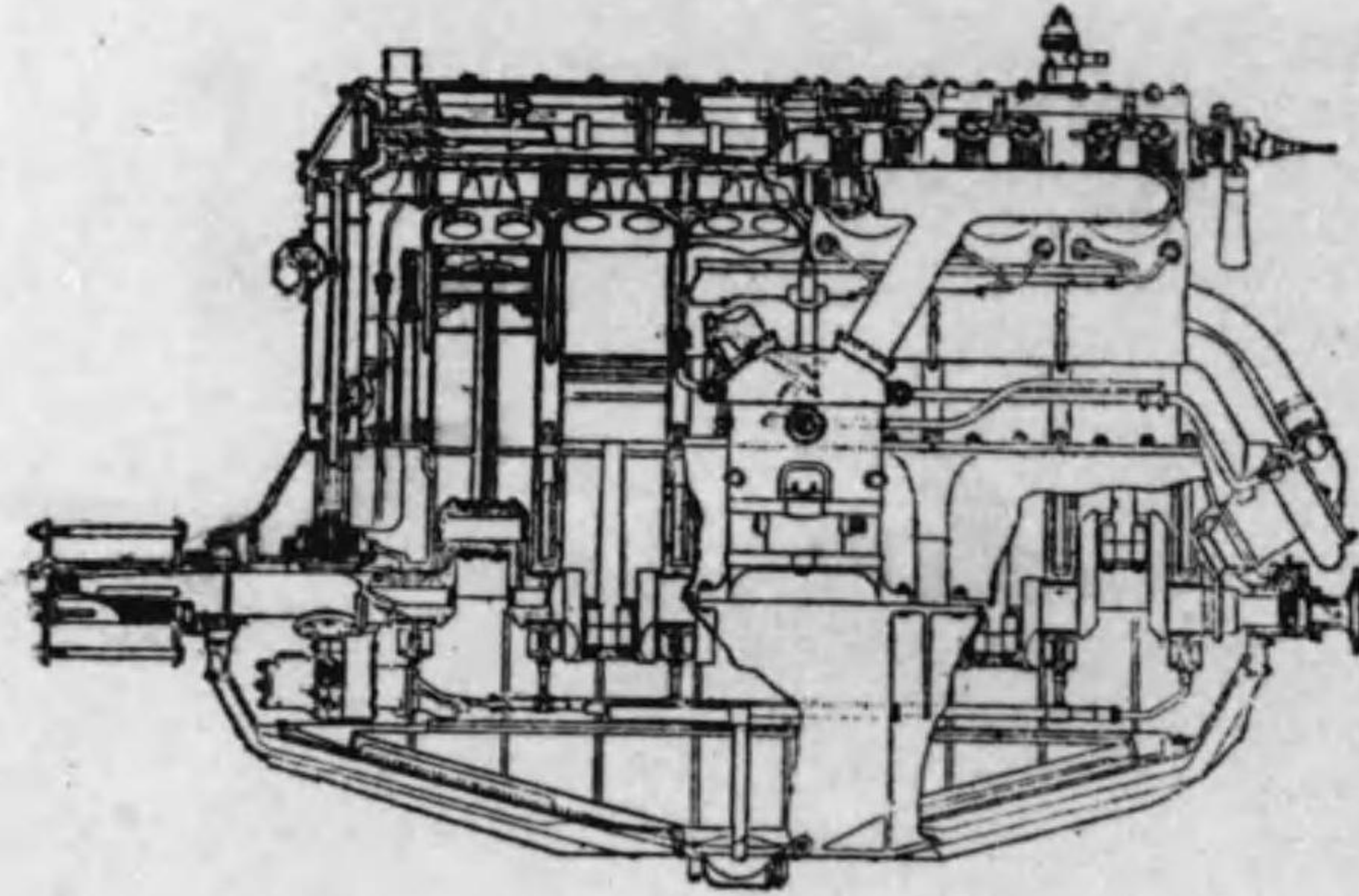
### 7. 航空機関の種別

氣筒數を多くすれば、均整のとれた回轉力を得、その出力の割合に軽量の機関となりますから、今日では益々氣筒數の多いものが作られるやうになりました。而してその配列の型式によつて直列、V型、W型、X型、星型の別があります。

(1) 直列 6氣筒が多く、250馬力以上の出力を要求するのは困難です。故に、今日では練習機のほかに使用されない。第25圖はダイムラ



第 25 圖

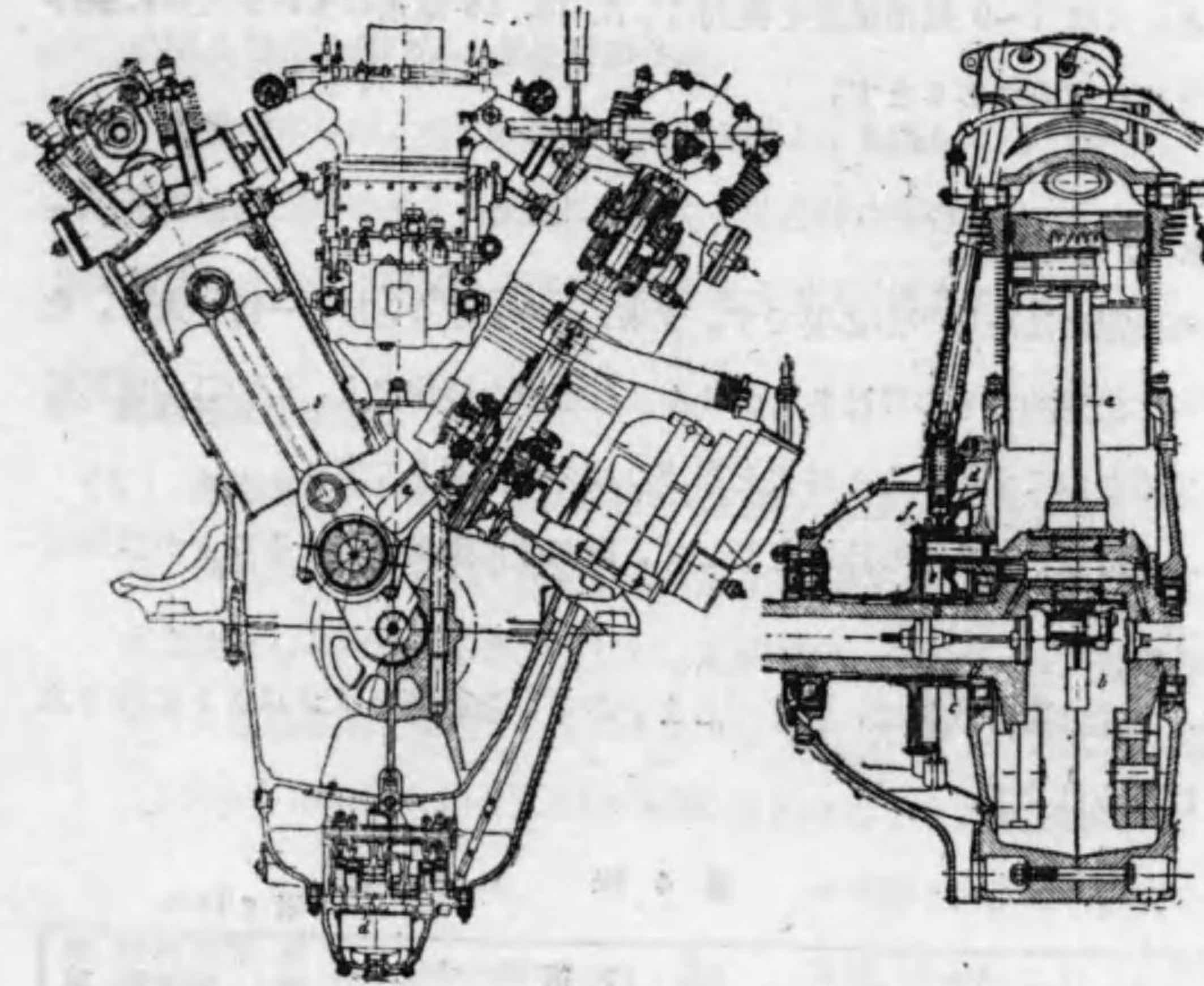


(Diamler) 200 馬力の機関で、大正8年頃、わが國陸軍用として製作されたものです。8気筒のものはクランク軸が長くなりすぎるので、殆んど製作されず、また4気筒は極めて小型に限られて、スポーツ用、娯楽用などに用ひられてゐます。

(2) **V型** 直列6気筒を  $60^\circ$  の角度で2列に並べたもので、運轉の平衡も完全であり、主として水冷の大馬力用として使用されてゐます。わが國で製造してゐる V 型機関は **イスパノ・スイザ** (Hispano suiza), **ベ-エム・ベ-** (BMW), **ローレン** (Lorraine), **ロールス・ロイス** (Rolls royce) などです。第26圖は BMW 型の断面で、その要項は V 型水冷気筒を有し、其気筒は直径 160mm, ピストンの行程 190mm, 回轉數最大毎分 1,750, 馬力最大 800, 減速比 0.5, 壓縮比 6.25, 總重量 565 kg で、ガソリン 60%, ベンゾール 40%の混合油を使用し、また氣化器としてサム特型といふものを使用してゐます。

(3) **W型** 直列6気筒を3組、互に  $40^\circ$  の角度に對向せしめたもの。または直列4気筒を3組、互に  $60^\circ$  に組合せたものが製作され、前者

第 26 圖

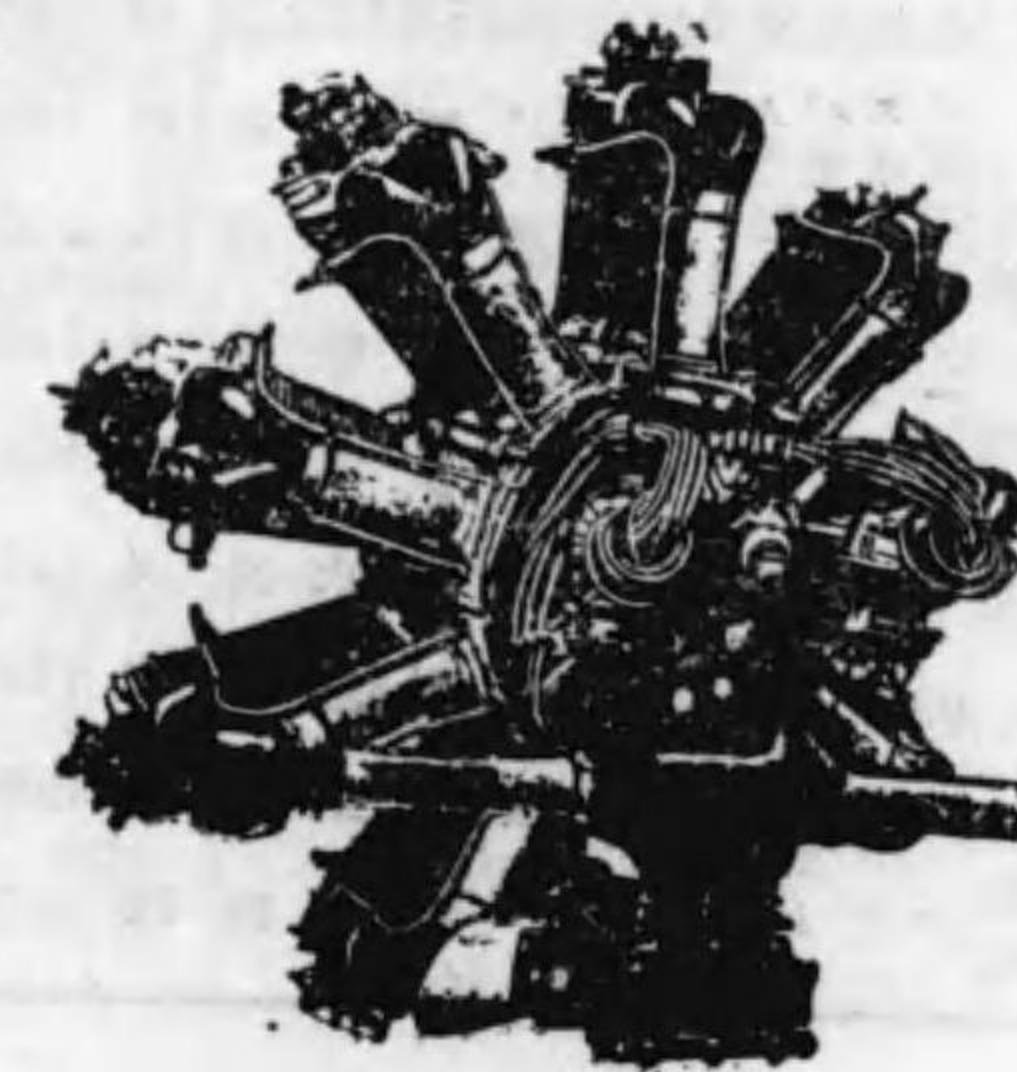


は平衡が完全で、極めて大馬力の發生用として囑目されてゐます。

(4) **倒立機関** 直列、V型、W型で、クランク軸を上方に置き、氣筒蓋を下にしたもので、倒立 12 氣筒 V 型空冷機関が有望であります。

第 27 圖

(5) **星型** 第27圖はその1例ですが、3, 5, 7, 9 などの奇數の氣筒を星型に並べ、各連接桿が一つのクランク・アームを掴むものです。3, 5, 氣筒のものは小馬力のため、また11氣筒の





ものは大徑となりすぎて製作されず、専ら 9 氣筒が多く、特に大馬力用としては 7~9 氣筒星型を複列にした 14, 18 氣筒のものが大いに製作される傾向にあります。

8 水 冷 と 空 冷

内燃機關には冷却<sup>(10)</sup>が必要です。元來、水冷と空冷とは、一得一失で、その優劣は決定的のものではありません。航空機の發達史上、この二つは互に争つて來たのですが、その得失を挙げればつぎの通りです。

- A. 水冷は、十分なる冷却を期して、局部的に過熱を避けることが出来ます。
- B. 水冷の冷却水路は、狭くてもよいので、全機關をコンパクトに作り上げ得られます。

第 4 表

※ g/HPH

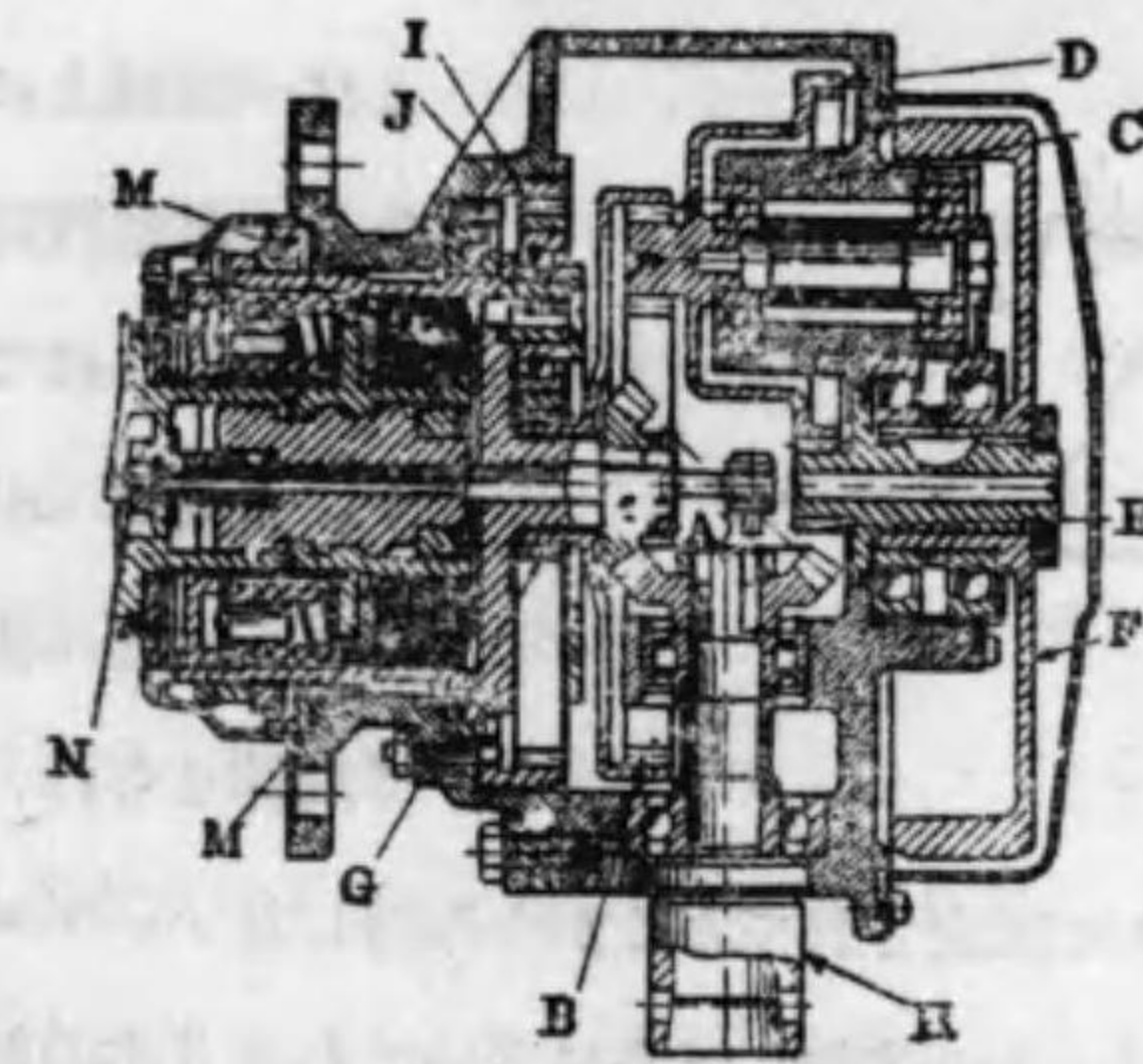
會社名	機關名稱	最大馬力	型 式	氣筒數	汽 筒 直徑×行程 mm	最 大 回轉數	減速比	壓 縮 比	燃 消 費 油 量 ※	潤 滑 油 量 ※	總 重 量 kg
三菱重工業	モンデー	150	星型空冷	5	127×140	1,780	—	5.0	220	7	175
三菱	三菱三型	345	星型空冷	9	127×160	2,200	—	5.2	240	17	276
明 星	明 星	800	星型空冷	9	155×162	2,300	0.667	6.5	—	—	450
金星四型	金星四型	1,000	複列星型空冷	14	140×150	2,500	0.7	6.6	260	15	545
イスパノスキザ	イスパノスキザ	580	V 型水冷	12	140×150	2,100	0.621	6.0	235	10	427
中島飛行機	壽改三型	570	星型空冷	9	146×160	2,400	0.621	5.25	240	13	406
中島飛行機	ジュビター 7F II	540	星型空冷	9	146×190	2,900	—	5.3	240	15	410
愛知時計電機	ローレン	500	W 型水冷	12	120×180	2,000	0.621	6.1	240	8	420
日立航空機	ベンツ	138	直列水冷	6	116×160	1,375	—	5.3	230	10	198
神風二型	神風二型	160	星型空冷	7	115×120	2,050	—	5.3	250	12	175
天風五型	天風五型	480	星型空冷	9	130×150	2,300	—	5.3	265	14	310
川崎飛行機	B M W	800	V 型水冷	12	160×190	1,750	0.5	6.25	250	10	565

- C. 水冷では熱湯を使用して極寒の始動を容易にすることが出来ます。
  - D. 空冷は水冷のやうに水套、ポンプ、放熱器などを要せず、また水漏の心配もなく、長時間の安全率が多い。
  - E. 空冷では冷却ファインの温度を冷却水温よりも遙かに高く保ち得るから外氣との温度差多く、氣温の變化による冷却の影響が少い。
- なほ國産の主要航空機關の名稱を、第 4 表に掲げて置きます。

9. 起 動 器 及 び 減 速 器

(1) 起 動 器 (Starter) 航空機關の起動は、往時はプロペラを手廻しして、何れか一つの氣筒を壓縮状態に置き、起動マグネットを手動して着火運轉せしめた時代もありました。近頃では、大型ディーゼル機關起動のやうに壓縮空氣を使用したものもありますが、エクリプス式慣性起動器 (Eclipse inertia starter) が多く用ひられてゐます。第 28 圖はエクリプ

第 28 圖



H ハンドル, A マイターギヤ, B 内啮合大齒車, C 小齒車, D 大齒車, E はずみ車用小齒車, F はずみ車, G 小齒車, I 遊星小齒車, J 固定内啮合大齒車, K 遊星小齒車固定板, L 摩擦クラッチ, M クラッチばね, N 起動啮合子

ス 6 型と稱する手動式で氣筒容積 30,000 cc 以下の機關に使用されます。ハンドル H の回轉は A→B→C→D→E の啮合を経てはずみ車 F に傳へられる。ハンドルが毎分 80~90 回轉に達した時、起動作用棒を右に押し、摩擦クラッチ L と、遊星齒車固定板 K を作用せしめ、起動啮合子 N を回轉せしめます。この時、はずみ車からの運動傳導は、つぎの順序によります。