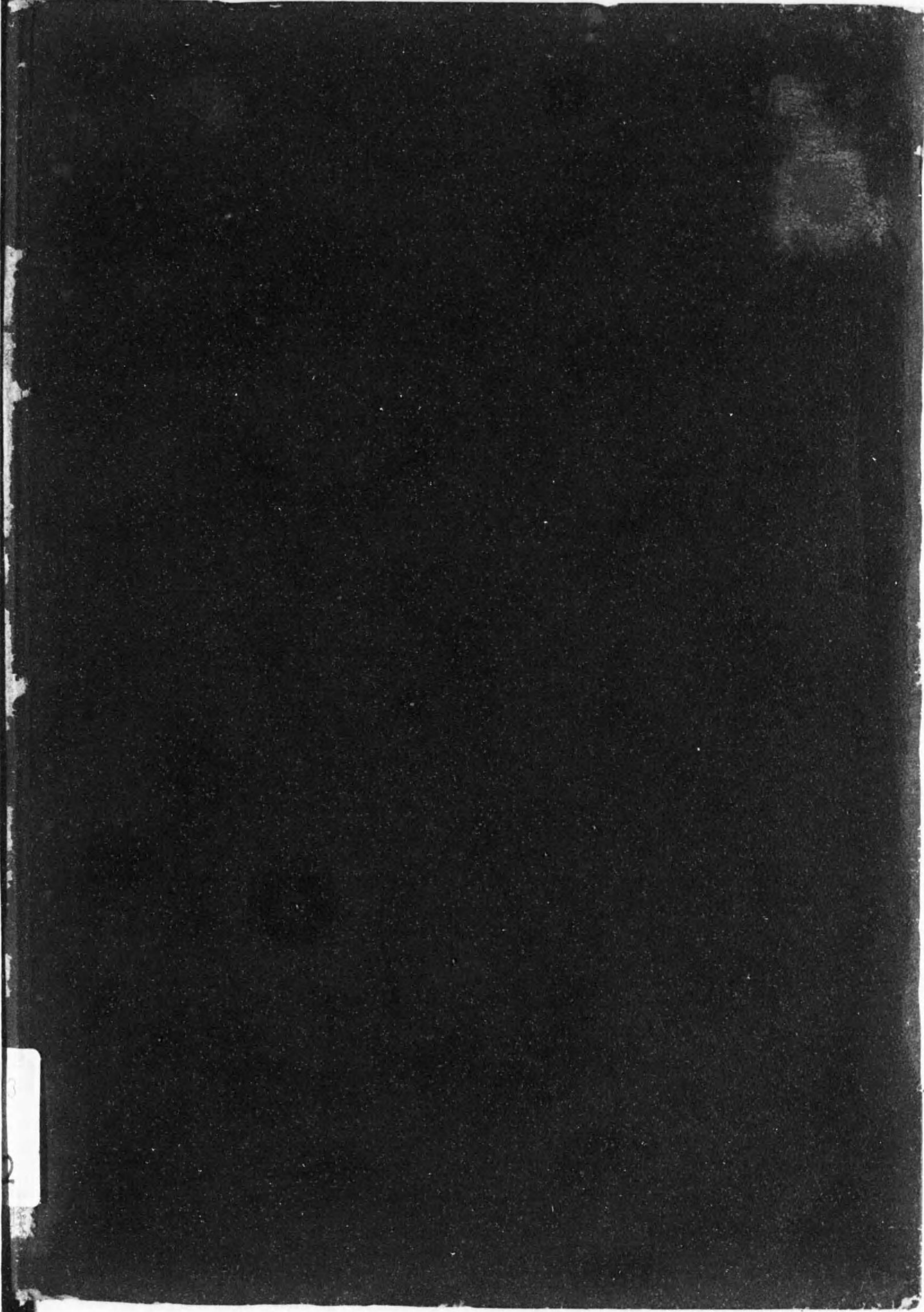
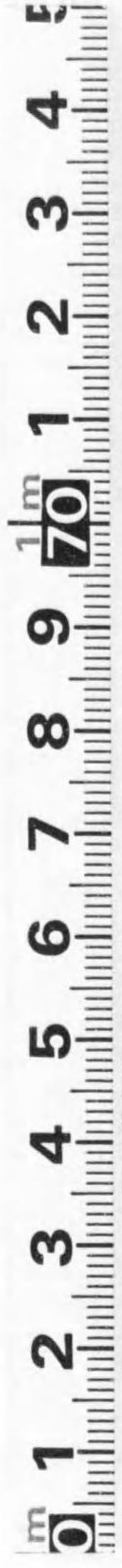


始





411  
329



特 203  
612

# 機 械 工 學



大石堂出版部





## は し が き

本會は大阪公私立工業學校十數校の機械科各専門教諭が、眞摯なる教授研究の目的を以て組織する機工學會の編纂になる所のもので、徒に大きな名目の下に二・三名のものが執筆せるものと大に其の撰を異にし、工業學校機械科用教科書として、凡ゆる角度より最新且つ合理的なることを目標としたものであります。今その主なる點を擧ぐれば

1. 教科書選擇要件としての分量・内容・程度・價格に特に留意したること。
2. 各校機械科の各分科に於ける専門教諭が部會を組織して數回に亘つて検討し慎重なる訂正を加へたること。
3. 各章毎に問題を豊富に挿入したこと。
4. 機械全科を十冊の系統的連續發刊したこと
5. 機工學會同人が塾れも經驗に富む實際教授者であること。

等であります。果してよく所期の効果を收め得るや尙反省研鑽に努めて居ります。

幸に期界諸賢の御批判と御指導を希つて他日一層の成果を期してゐる次第であります。

昭和十六年四月

機 工 學 會



## 例 言

- (1) 本書は中等工業學校に於て機械科以外の生徒に機械工學を教授する目的で編纂したのであるが、工業學校以外の諸學校に於いても、機械工學全般を授ける場合に最も適當な書なりと信ずる。
- (2) 本書は學習者の狀況に應じ適宜取捨撰擇して一週一乃至二時間の授業にて一ケ年に完了せらるゝ様、能ふる限り頁數を制限して、而も一般機械工學に關する事項は洩れなく記述する様努めた。
- (3) 學習者の理解に便せんが爲、能ふる限り斬新にして適切なる多くの挿圖を集録した。
- (4) 説明は努めて平易を旨とし、難解なる抽象的理論は、これを避けた。
- (5) 學習者をして自然に術語に通曉せしむる爲め紙數の許す範圍内にて可成多くの原語を附記した。
- (6) 茲に初版刊行に當り幸ひに愛讀者諸賢の御教示を得れば幸甚の至りである。

昭和十六年四月

著 者 識

## 機 械 工 學

### 目 次

#### 第 一 章 力 學

##### 第 一 節 力及び力の釣合

1. 力 學	1
2. 單 位	1
3. スカラー量, ベクトル量	1
4. 力, 力の移動性	2
5. 力の合成分解, 平行行四邊形法	2
6. 力の三角形法	2
7. 力の多角形	2
8. モーメント	3
9. 偶 力	3
10. 同一平面上にあつて相交はらざる力の合成	4
11. 力 の 釣 合	4
12. 平行力の合力	4
問 題	5

##### 第 二 節 速度及加速度

1. 速さ及び速度	6
2. 加 速 度	6
3. 落 體 運 動	7



4. ニュートンの運動の三則 ..... 7  
 5. 重量と質量 ..... 8

### 第三節 仕事及エネルギー

1. 仕事 ..... 9  
 2. 動力 ..... 9  
 3. エネルギー ..... 10  
 4. エネルギーの不滅則 ..... 10  
 5. 機械と仕事 ..... 11

### 第四節 摩 擦

1. 摩 擦 ..... 12  
 2. 摩擦の法則 ..... 13

### 第五節 回 轉 運 動

1. 角 ..... 14  
 2. 速角度, 角加速度 ..... 14  
 3. 廻轉エネルギーと慣性モーメント ..... 15  
 4. 廻轉力と角加速度 ..... 15  
 練習問題 ..... 16

## 第二章 材料強弱學

### 第一節 内 力 と 歪

1. 材料強弱學 ..... 16  
 2. 荷重, 應力, 歪 ..... 16

3. 荷重, 應力, 歪の種類 ..... 17  
 4. 材料の通性 ..... 18  
 5. フックの方則 ..... 19  
 6. 許容内力と安全率 ..... 19

### 第二節 引張及壓縮

1. 引 張 り ..... 20  
 2. 壓 縮 ..... 20  
 3. ヤ ン グ 率 ..... 20

### 第三節 剪 断

1. 剪 断 ..... 21  
 2. 横弾性係數 ..... 21

### 第四節 梁

1. 曲げモーメント ..... 23  
 2. カンチ, レバー ..... 23  
 3. ビ ー ム ..... 24  
 4. 表皮應力及断面係數 ..... 27

### 第五節 振 り

1. 振 り ..... 28  
 2. 回轉軸の傳達馬力 ..... 28

## 第三章 機 素 及 製 圖

### 第一節 機 素

1. 機構と機素 ..... 29



2. ネチ, ボールト及びナツト	30
3. キ	31
4. 鉄	31
5. 軸, 軸接手及軸承	32
6. 管 接 手	34
7. 摩擦傳導装置	34
8. 齒車傳導装置	36
9. カ ム	40
10. ベルト傳導装置	41
11. V 型 ベ ル ト	43
12. ロープ傳導装置	43
13. 鎖傳導装置	44
14. リンク仕掛	46

## 第二節 製 圖

1. 線	48
2. 製圖用具	48
3. 物體の圖示	49
4. 機械製圖	50
5. 仕上記號	50
6. 縮 尺	50
7. 製 圖 例	50

## 第四章 水力學及び水力機械

### 第一節 水 力 學

1. 水 力 學	53
2. 落差及流量	53
3. 水車の馬力及び効率	53
4. 水 頭	54
5. ベルヌリーの定理	55
6. 水の噴出速度	55

### 第二節 水 力 機 械

1. 水 力 機 械	56
2. 水力原動機	56
3. 水 車	56
4. 衝動タービン, 反動タービン	57

### 第三節 ペルトン水車

1. ペルトン水車の主要部	57
2. ペルトン水車の速度調整装置	58
3. ペルトン水車の廻轉數	59
4. ペルトン水車の分類	60

### 第四節 フランシス水車

1. フランシス水車	61
2. フランシス水車の分類	62
3. フランシス水車の速度調整	64
4. 水 壓 の 調 整	65

### 第五節 プロペラー水車

1. プロペラー水車の特長	66
---------------	----



2. プロペラー水車の種類	66
---------------	----

### 第六節 ポンプ

1. 概説	67
2. 渦巻ポンプ	67
3. タービンポンプ	68
4. 廻轉子ポンプ	69
5. ピストン, プランヂヤー及バケツトポンプ	70
6. ウオシントンポンプ	71
7. 水圧機	71

## 第五章 蒸氣及蒸氣罐

### 第一節 蒸氣

1. 壓力	72
2. 溫度	73
3. 熱量	74
4. 比熱	74
5. 熱の仕事當量	74
6. 水蒸氣	75
7. 顯熱, 潜熱, 全熱	77
8. 飽和蒸氣, 過熱蒸氣	77

### 第二節 燃料

1. 燃料及び燃燒	78
2. 燃料の發熱量と蒸發力	78

3. 固體燃料	78
4. 液體燃料	79
5. 瓦斯體燃料	80

### 第三節 蒸氣罐

1. 蒸氣罐	80
2. 蒸氣罐の馬力	81
3. 燃燒率	81
4. 相當蒸發量及び蒸發係數	81
5. 蒸氣罐の効率	82
6. 罐の分類	83
7. コルニシ罐	83
8. ランカシ罐	85
9. 横筒式堅罐	85
10. コツ克蘭堅罐	86
11. 機關車罐	86
12. スコツチ船用罐	87
13. タクマ罐	88
14. バブコツク, ウイルコツクス罐	89

### 第四節 罐の附屬品

1. 給水ポンプ	90
2. 給水加熱器, 節炭器, 空氣豫熱器	90
3. 給水逆止め弁, 水面計及び驗しコツク	91
4. 低水報知器, 吐出しコツク	92
5. 壓力計及安全弁	93



6. 止め弁, スチームトラップ	93
7. 過熱器	94
8. 火格子及びストーカー	94
9. 微粉炭燃焼装置	95
10. 通気及煙突	95

## 第六章 蒸気機関

### 第一節 概 要

1. 蒸気機関	96
2. 蒸気機関のサイクル, インヂケータ線圖	98

### 第二節 機関の馬力

1. インヂケータ	99
2. 平均有効壓力	100
3. 機関の指示馬力	100
4. 制動馬力	102
5. 機械効率	103

### 第三節 機関附属装置

1. 調速機	103
2. 逆轉装置	104

### 第四節 機関の分類

1. 単式機関複式機関膨脹機関	105
2. 単働機関, 複働機関	106

3. 單流機関	106
4. 凝結機関, 不凝結機関	107

## 第七章 蒸汽タービン

### 第一節 概 説

1. 衝動タービンと反動タービン	107
------------------	-----

### 第二節 衝動タービン

1. 衝動タービンの型式	108
2. 單段衝動タービン	109
3. 多速段衝動タービン	109
4. 多壓段衝動タービン	110
5. 多速多壓段組合せタービン	111

### 第三節 反動タービン

1. 反動タービンの型式	111
2. 軸流反動タービン	112
3. 輻流反動タービン	112
4. 混式タービン	113

### 第四節 タービン各部の構造

1. 動羽根及羽根車	114
2. 案内羽根	114
3. 調速装置	115



### 第五節 各種蒸気タービン

1. フラベル, タービン	116
2. カーチス, タービン	116
3. ラトナー, タービン	117
4. ツエリー, タービン	118
5. パーソンス, タービン	118
6. ユングストローム, タービン	119

### 第六節 タービン附属装置

1. 凝 結 器	120
2. 表面凝結器	120
3. 噴射凝結器	121
4. 冷却水ポンプ及空気ポンプ	121
5. 復水ポンプ	122

## 第八章 内 燃 機 關

### 第一節 概 説

1. 内 燃 機 關	122
2. 内燃機関のサイクル	122
3. 四サイクル機関	123
4. 二サイクル機関	124
5. 四サイクル機関と二サイクル機関との比較	125
6. 内燃機関の分類	125
7. 内燃機関の構造及作用の概要	126

### 第二節 内燃機関の馬力

1. 内燃機関のインヂケータ線圖	128
2. インヂケータ及指示馬力, 制動馬力	128

### 第三節 機関附属装置

1. 始 動 装 置	130
2. 點 火 装 置	130
3. 冷 却 装 置	132
4. 機関の潤滑法	133
5. 消 音 装 置	134
6. 調 速 装 置	135

### 第四節 各種機関

1. 瓦 斯 機 關	135
2. 瓦斯發生爐	136
3. ガソリン機関	137
4. 石 油 機 關	138
5. 燒 玉 機 關	140
6. デーゼル機関	140
7. 自動車機関及自動車一般構造	143
8. 航 空 機 關	146

## 第九章 機 械 用 材 料

### 第一節 鐵 と 鋼

1. 鉄 鐵 と 鑄 鐵	147
--------------	-----



2. 鋼	148
3. 特種鋼	149

### 第二節 非鐵金屬

1. 主要非鐵金屬	150
2. 銅・合金	151
3. ニッケル合金	152
4. ホワイトメタル	152
5. 輕合金	152

### 第三節 熱處理

1. 熱處理	153
2. 焼入及焼戻し	154
3. 焼鈍	154
4. 炭素焼	154
5. 高溫度計	155

### 第四節 コンクリート

1. コンクリート	516
2. セメントの強さ	156

### 第五節 潤滑料

1. 潤滑料	157
2. 潤滑料の種類	157

### 第六節 金屬材料試験

1. 機械試験法	157
----------	-----

2. 顯微鏡試験法	158
-----------	-----

## 第十章 機械工作法

### 第一節 概説

1. 機械製作の順序	159
------------	-----

### 第二節 木型

1. 木型	159
2. 木型用木材	159
3. 縮み代仕上代	160
4. 木型の種類	160
5. 込型又は現型と型込法	160
6. 幅木及心取り	161
7. 挽型又は廻し型とその型込法	162

### 第三節 鑄造法

1. 鑄造	163
2. 鑄型の種類	163
3. 鑄物砂その他鑄型材料	164
4. 鋳鐵鑄造	164
5. 鋼鑄物	165
6. 可鍛鑄物	166
7. 半鋼鑄物	166
8. チルド鑄物	166



9. ダイカスト ..... 167  
 10. 鑄造用器具 ..... 167

#### 第四節 鍛 治

1. 鍛 治 ..... 169  
 2. 鍛治用工具及機械 ..... 169  
 3. 鍛 治 法 ..... 170  
 4. 型 打 火 造 り ..... 173

#### 第五節 製 罐

1. 製 罐 ..... 173  
 2. 製罐用工具及機械 ..... 174  
 3. 工 作 法 ..... 174

#### 第六節 鋳 金

1. 鋳金及鋳金用材料 ..... 175  
 2. 鋳金用工具及機械 ..... 175  
 3. 工 作 法 ..... 177

#### 第七節 銲接及鑲付法

1. 瓦 斯 銲 接 ..... 178  
 2. 電 氣 銲 接 ..... 179  
 3. 鑲 付 法 ..... 179

#### 第八節 仕上用測定器具

1. 仕 上 ..... 180

2. 普通の測定器 ..... 181  
 3. 精密測定器 ..... 182  
 4. ゲージ類 ..... 183

#### 第九節 手 仕 上

1. 罫畫及罫畫用具 ..... 184  
 2. 手 仕 上 法 ..... 185

#### 第十節 工 作 機 械

1. 工作機械の種類 ..... 187  
 2. 旋 盤 ..... 187  
 3. ボール盤 ..... 190  
 4. 平 削 盤 ..... 192  
 5. 形 削 盤 ..... 192  
 6. 豎 削 盤 ..... 193  
 7. フライス盤 ..... 193  
 8. 齒 切 法 ..... 195  
 9. 研 磨 盤 ..... 197

### 第十一章 工場用諸機械

#### 第一節 運搬機械

1. 概 説 ..... 198  
 2. 捲 揚 機 ..... 199  
 3. 起 重 機 ..... 199



4. コンベヤー ..... 201

第二節 空 氣 機 械

1. 空 氣 壓 縮 機 ..... 203  
 2. 送 風 機 ..... 204  
 3. 真 空 ポ ン プ ..... 205

第三節 冷 凍 機 械

1. 冷 凍 機 の 原 理 ..... 205  
 2. 冷 凍 方 式 ..... 206  
 3. 鹽 水 ..... 207

附 録

第一表 三角函數表 眞數及對數 ..... 208

# 機 械 工 學

## 第 一 章 力 學

### 第一節 力及び力の釣合

#### 1. 力學 Dynamics.

力學とは力と之が物體の運動に及ぼす影響に就き論ずる學科であつて、力が物體に及ぼす作用は、その物體の運動状態を變せしめ或はこれに變形を起こさしめる。前者を論ずるは即ち力學であつて、後者に就いては、材料強弱學、彈性學等で之を論ずる。

#### 2. 單位 Unit.

物の大さ、或は量は、それが單位の幾倍であるかを以て表はす。長さ、質量、時間の三單位を基本單位と言ひ、他の單位は之等を組合はして作ることが出来る、これを誘導單位と言ふ。

第 1-1 表 單 位

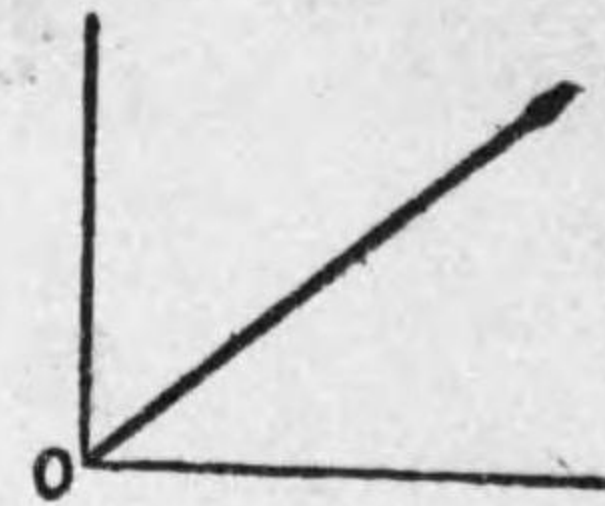
基 本 單 位	長 さ	質 量	時 間	誘 導 單 位	面 積	體 積	速 度	壓 力
	米 m	噸 Ton	時 h	位	平方 米 m <sup>2</sup>	立方 米 m <sup>3</sup>	米/時 k.m/h	噸/米 <sup>2</sup> Ton/cm <sup>2</sup>
	吋 c.m	克 g	分 m	導 單 位	平方 吋 cm <sup>2</sup>	立方 吋 c.m <sup>3</sup>	米/秒 m/s	噸/吋 <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>
	吋 m.m	瓦 g	秒 s	導 單 位	平方 吋 mm <sup>2</sup>	立方 吋 m.m <sup>3</sup>	吋/秒 c.m/s	噸/吋 <sup>2</sup> kg/m.m <sup>2</sup>

#### 3. スカラー量, ベクトル量

長さ、面積、時間等の如く單に大いさのみを有する量をスカラー量 (Scalar quantity) と言ひ、力、速度等の如く大いさ、方向、向き、



を併せ有する量をベクトル量(Vector quantity)と言ふ。ベクトル量はベクトル(Vector)を以て表はされ、直線の長さを以てその大いさを、傾斜を以てその方向を、亦矢印を以てその向きを表はす。ベクトルの計算は幾何學的方法による。

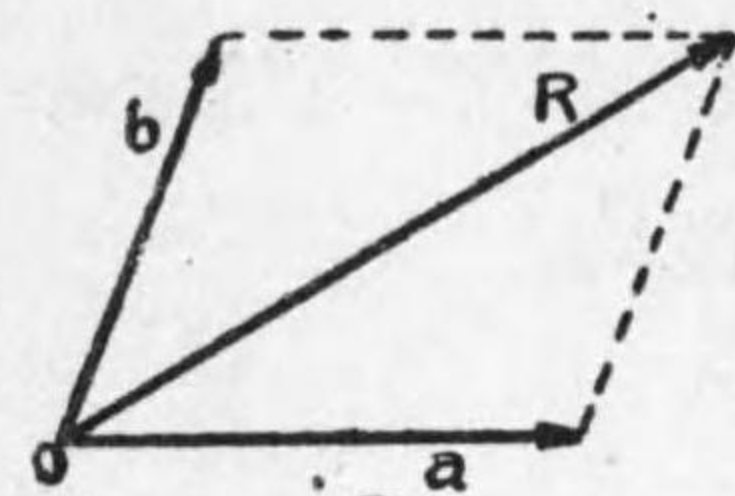


第1-1圖

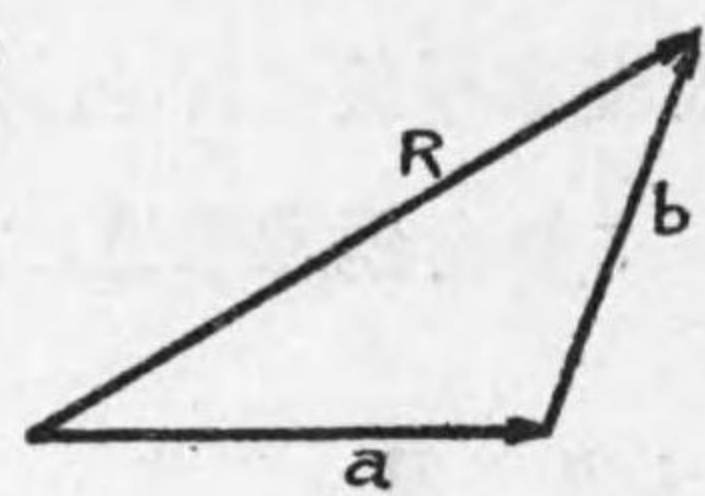
4. 力 Force. 力の移動性 Transmissibility of force.

静止せる物體を動かし、或は運動せる物體を止める等、凡て物體の運動の状態を變せしめる原因を力と言ひ、力の作用する點を力の着力點 (Application point) と言ふ。力は亦ベクトル量の適例で、その着力點は物體中力の方向の延長線上任意の點に移動しても、その結果に變りはない。これを力の移動性と言ふ。

5. 力の合成分解, 平行四邊形法



第 1-2 圖



第 1-3 圖

一點Oに於て相會する二力a, bの合力 (Resultant)は a, b を二邊とする平行四邊形の對角線Rに等しい。逆にRは a, b

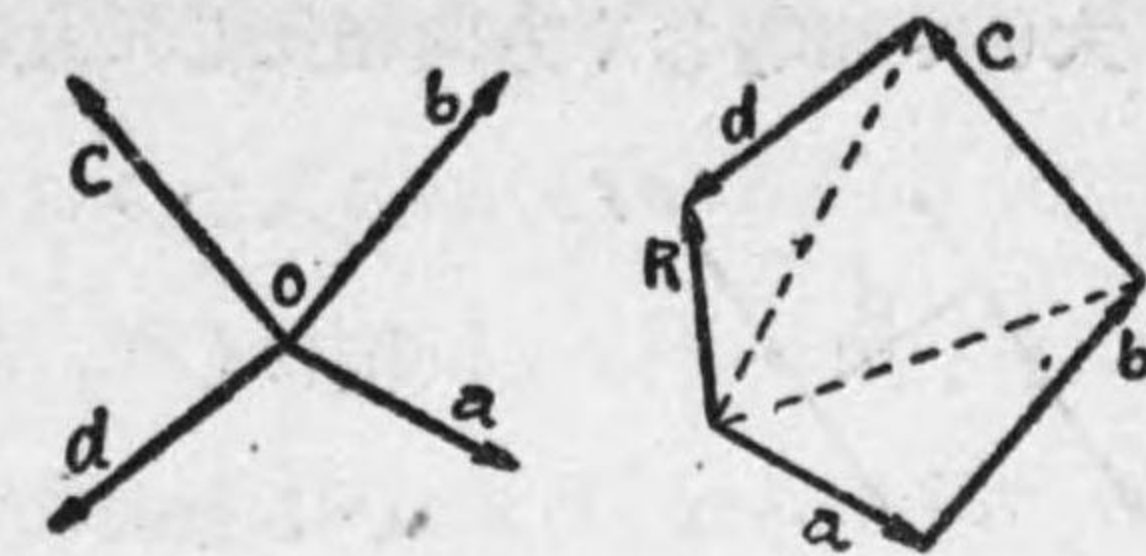
の二方に分解せられる。a, b をRの分力 (Component) と言ひ、この方法を力の平行四邊形法 (Parallelogram law of force) と言ふ。

6. 力の三角形法 Triangle law of force

二力 a, b の合力は亦 a, b を順次に連結して生ずる三角形の第三邊Rに等しい。逆にRは a, b の二方に分解せられる。

7. 力の多角形 Force polygon.

一點Oに於て相會する三つ以上の力 a, b, c, d の合力Rは二力の合力を順次に繰返すことにより容易に求められる。かくして生じた多角形を力の多角形と



第 1-4 圖

言ひ、若しも初めの數力によつて力の多角形が閉ぢたなれば、それらの力の和は零であつて、これを力の釣合ひ (Equilibrium of force) と言ひ、逆に力が釣合へば力の多角形は閉ぢなければならぬ。

8. モーメント Moment



第 1-5 圖

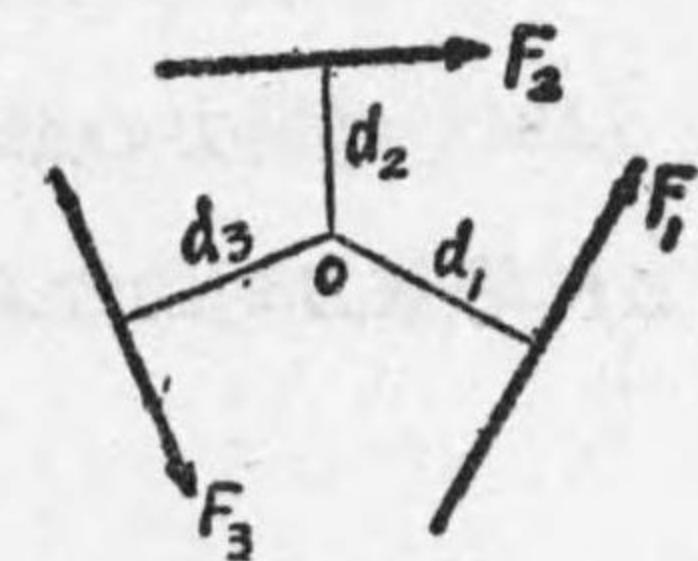
一點Oから力Fに至る距離dと、力Fとの相乗積を、モーメントと言ひ、物體はその點を中心として廻轉する。而してモーメントはその廻轉力の大きさを表はす。普通時計の針の廻る方向 (Clock

wise) に廻るモーメントを負、時計の針と反對に廻る (Counter clock wise) ときを正のモーメントとする。Oは支點, Fは力肝, dは距離米, Mはモーメント, 米肝とすれば

$$M = Fd \dots \dots (1)$$

物體に多くの力が作用して生ずるモーメントはその各々の力によつて生ずるモーメントの總和に等しく即ち  $\Sigma M$  をモーメントの總和とすると、第 1-6 圖で

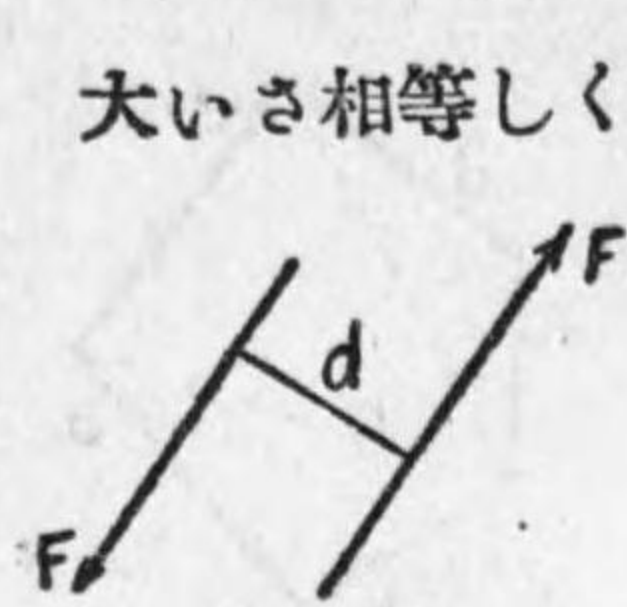
$$\Sigma M = F_1 d_1 - F_2 d_2 + F_3 d_3 \dots \dots (2)$$



第 1-6 圖

9. 偶力 Couple.





第 1-7 圖

大きいさ相等しく方向相反して互に平行なる力を偶力と言ふ。偶力の大きいさは一つの力と二力間の距離との相乗積にして、モーメントと同じく、廻轉力の大きいさを表はす。Mを偶力とすると

$$M = Fd \dots \dots (3)$$

偶力の支點は物體中いつれに取つても差支へなく、支點を偶力の一つの力の上にとると全くモーメントと等しいものを得られる。

10. 同一平面上にあつて相交はらざる力の合成

一般に同一平面上にあつて相交らない數力も、これらを力の移動性によつて順次に二力づゝ移動して相會せしめその合力を求めると最後にこれらの合力を表はす一つの力を得るか或は全く相會せない二つの力即偶力を得られる。

11. 力の釣合 Equilibrium of force.

物體に數力が作用して、その力の總和が零と成つても偶力等の廻轉力が働くとその物體は靜止せず。今

力を水平、垂直の方向に分解し

$\Sigma F_x$  を水平方向の力の總和

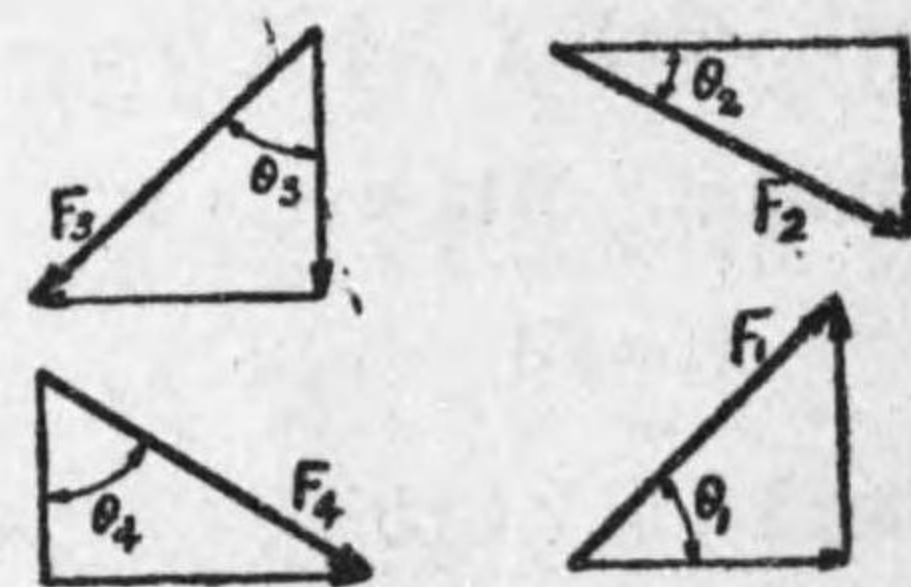
$\Sigma F_y$  を垂直方向の力の總和

$\Sigma M$  を廻轉力の總和とすると

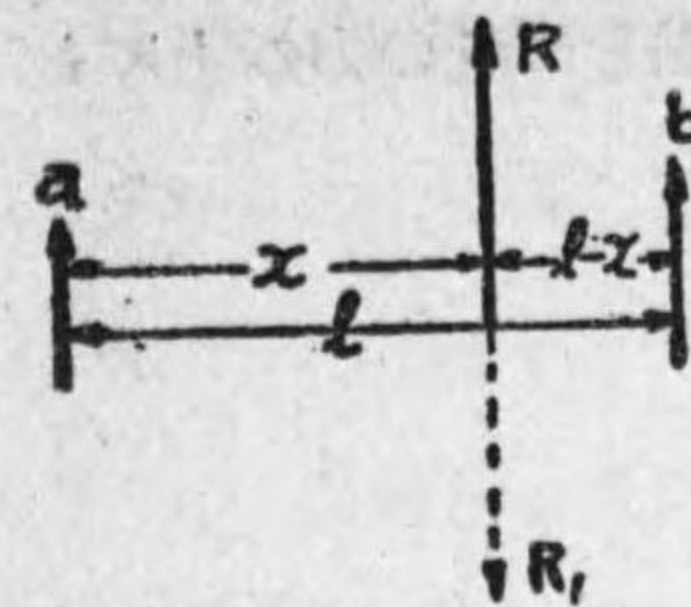
これ等數力が釣合ふための條件は

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots (4)$$

12. 平行力の合力 Resultant of parallel force.



第 1-8 圖



第 1-9 圖

二力が平行して方向が相反するときは、偶力を生ずるが、a, b 二力が同一方向に向ふときその合力、Rを求めるに、假にRと大きいさ相等しく方向相反する力  $R_1$  を附け加へるときはこれ等三つの力 a, b,  $R_1$  は相釣合ふ。

a, b 間の距離を l, a より R に至る距離を x として、 $R_1, x$  を求めるに

$$\begin{aligned} \text{釣合の條件により} \quad & \Sigma F_x = 0 \\ & \Sigma F_y = 0 \quad a + b - R_1 = 0 \\ R_1 \text{ の上に支點をとり} \quad & \Sigma M = 0 \quad b(l-x) - ax = 0 \\ \text{故に} \quad & R_1 = a + b \\ & x = \frac{bl}{a+b} \end{aligned}$$

求むる合力 R は  $R_1$  と方向が相反するのみのである。

(例 1) 第 1-2 圖にて、力 R が水平と  $30^\circ$  の傾をなし、その大きいさ 80 庇なるとき水平分力と垂直分力を求めよ。

(解) 圖を畫いて尺度により 垂直分力 = 40kg

水平分力 = 69.3kg

又三角法により 垂直分力 =  $80 \times \sin 30^\circ = 80 \times 0.5 = 40\text{kg}$

水平分力 =  $80 \times \cos 30^\circ = 80 \times 0.866 = 69.28\text{kg}$

(例 2) 第 1-9 圖にて、 $a = 60$  庇,  $b = 300$  庇, a, b 間の距離 8 米なるとき、合力の大きいさ、位置を求む。

(解) 合力と反對の力  $R_1$  を附加すれば、三力は釣合ふ。

$$\Sigma F_y = 0, \quad 60 + 300 - R_1 = 0, \quad R_1 = 360\text{ 庇}$$



60 疋の力より  $R_1$  に至る距離を  $x$  とし、支點を 60 疋の力の上にとれば

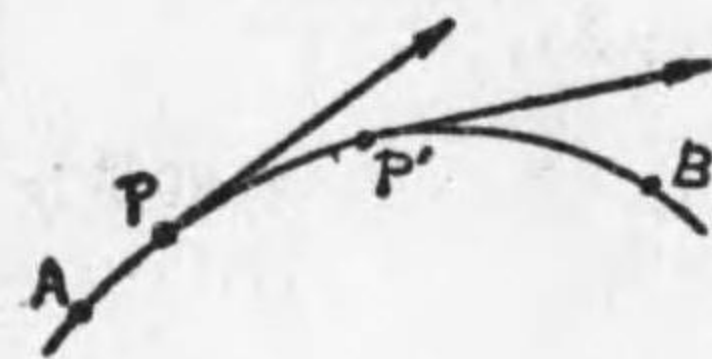
$$\begin{aligned} \Sigma M = 0, \quad & 300 \times 3 - R_1 x = 0, \\ & x = 300 \times 3 / 360 = 2.5 \text{ 米} \end{aligned}$$

(問) 長さ 2 米の棒の兩端を支へて一端から 70 厘の所に 50 疋の物體を載せたとき兩端支點の反力を求めよ。

### 第二節 速度及加速度

#### 1. 速さ Speed, 及び速度 Velocity.

物體が同一の方向に運動せるとき、その單位時間内に通過した距離を速度と言ふ。速度は亦ベクトル量で、その向きは運動の方向を表はす。今、 $S$  米を動いた距離、 $t$  秒をそれに要した時間、 $V$  米/秒をその速度とすると



第 1—10 圖

$$V = \frac{S}{t} \dots\dots(5)$$

而して單に運動した距離と、時間を考へ、その方向を考へないときは、これを速さ、と言ふ。

第 1—10 圖で點  $P$  が  $AB$  曲線上を同じ速さで通過しても、 $P$  點の各瞬間に於ける運動の方向は刻々異なるから、速さは同一でも速度は異なると言ふ。速度が常に一定な運動を等速運動と言ひ、然らざるものを不等速運動と言ふ。

#### 2. 加速度 Acceleration.

速度が時と共に變化するときは、單位時間内に速度が變化する割合を加速度と言ふ。初速度  $V_0$  米/秒、なる物體が  $t$  秒の後、 $V$  米/秒

に變化したときの加速度を、 $a$  米/秒<sup>2</sup> とすると。

$$a = \frac{V - V_0}{t} \dots\dots(6)$$

加速度が常に一定な運動を、等加速度運動と言ひ、加速度が時間と共に變化するときは不等加速度運動と言ふ。

$$(6) \text{ヨリ} \quad V = V_0 + at \dots\dots(7)$$

又  $V_0$  から  $V$  に至る平均速度は  $\frac{1}{2}(V_0 + V)$ 、故に  $t$  秒間に通過した距離を、 $S$  とすると

$$S = \frac{1}{2}(V_0 + V)t \dots\dots(8)$$

これに(7), を入れ

$$S = V_0 t + \frac{1}{2}at^2 \dots\dots(9)$$

(7), (8) から  $t$  を消去すると

$$V^2 = V_0^2 + 2aS \dots\dots(10)$$

速度が時間と共に減るときは之を減速度 (Retard-ation) と言ひ (7), (9), (10) の  $a$  を負とすれば良い。

#### 3. 落體運動 Falling body.

地球の引力は地上の總ての物體を 9.8 米/秒<sup>2</sup> の加速度で、その中心に向はしめる、この地球の引力を重力 (Gravity) と言ひ普通  $g$  で表はす。即ち、 $g = 9.8$  米/秒<sup>2</sup>、故に物體が落下の場合は (7), (9), (10) 式で  $a$  のかほりに  $g$  を入れ、投上げる場合は  $-g$  を代入すれば良い。

#### 4. ニュートンの運動の三則



**第一則** 物體に外力が働かなければ、静止せる物體はいつ迄も静止し、運動せる物體は等速運動を持続す。これを慣性 (Inertia) と言ふ。

**第二則** 物體に外力が働けば、その物體は力の方向に加速度を生ず。この加速度の大いさは、力の大いさに比例し、物體の質量に反比例す。

**第三則** 物體に力が作用すれば、その力と大いさ相等しく、方向相反する、反作用 (Reaction) を生ず。

即ち第二則により、質量が  $m$  なる物體に  $F$  なる力を加へ  $a$  なる加速度を生じたとすれば、

$$a = \frac{F}{m}$$

即ち  $F = ma \dots \dots \dots (11)$

**5. 重量と質量 Weight and mass.**

地上にある物體は總て、重力定數  $g = 9.8$  米/秒<sup>2</sup> なる加速度を以て下方に引かれる力を生ずる。この力の大いさをその物體の重量と言ふ。今物體の質量を  $m$  とし、 $W$  を地上に引く力即ち重量とすると、此の際の加速度は  $g$  であるから

$$W = mg \quad \text{或は} \quad m = \frac{W}{g}$$

故に物體に加へた力を  $F$ 、生じた加速度を  $a$ 、重量を  $W$  とすると

$$F = ma = \frac{W}{g} a \dots \dots \dots (12)$$

(例) 重量196 斤の物體に10 斤の力が作用するとき幾何の加速度を生ずるか

(解)  $F = 10, W = 196, g = 9.8 \therefore 10 = \frac{196}{9.8} \times a$ , これより  $a = 0.5 \text{ m/sec}^2$

**第三節 仕事及エネルギー**

**1. 仕事 Work.**

物體に力が作用して物體が力の方向に動いたとき、その動いた距離と力との相乗積を**仕事**と言ふ。即今  $F$  斤の力がある時間の間水平と  $\theta$  の傾斜をして物體に作用し、 $S$



第 1-11 圖

米だけ物體が水平の方向に動いたとすると、物體が動いた方向の分力は  $F_x$  斤であるから、このときの力が爲した仕事を  $W$  米 砵 とすると

$$W = F_x \cdot S$$

**2. 動力 Power, 及び馬力 Horse power.**

力が単位時間内に爲す仕事の量を**動力**と言ふ。即力  $F$  斤が  $t$  秒間作用して、その力の方向に  $S$  米だけ動いたときの仕事は  $F \cdot S$  砵 米であるから、そのときの動力を、 $P$  砵 米/秒とすると

$$P = \frac{F \cdot S}{t}$$

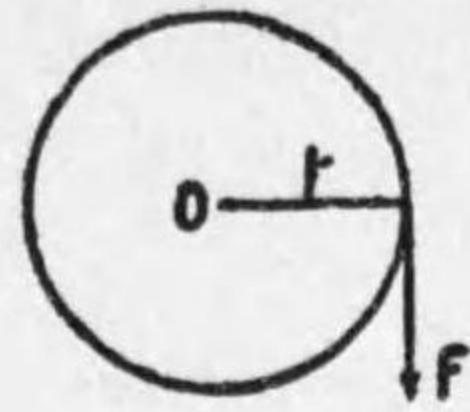
**一馬力**は一秒間に75 砵 米の仕事をする動力で、即ち  $F$  斤の力が一秒間作用して  $S$  米だけその力の方向に動いたときの馬力、 $H.P$  は

$$H.P = \frac{F \cdot S}{75} \dots \dots \dots (13)$$

又一分間については  $H.P = \frac{F \cdot S}{75 \times 60} \dots \dots \dots (14)$

次に廻轉運動による馬力を求めるに、第 1-12 圖の如く、半径  $r$





第 1-12 圖

米の外周に  $F$  斤の力が切線方向に加はればその一廻轉の仕事は、 $2\pi rF$  斤米で一分間  $N$  廻轉したときの仕事は、 $2\pi rFN$ 、故にその馬力は

$$H.P = \frac{2\pi rFN}{75 \times 60} \dots\dots\dots(15)$$

### 3. エネルギー Energy.

仕事を爲し得る能力を**エネルギー**と言ふ。故にエネルギーの大きさは仕事の量で測られる。例へば高所にある水は將來その落下に際し仕事を爲し得るから、その水はエネルギーを有すると言ふ。

かく物體が位置の爲めに有するエネルギーを**位置のエネルギー** (Potential energy) と言ひ重量、 $W$  斤、高さ  $H$  米にある物體の有する位置のエネルギーを、 $P.E$  斤米とすると

$$P.E = WH \dots\dots\dots(16)$$

即ちこの物體は高さ  $H$  米だけ落下する間に、 $WH$  だけの仕事を爲し得る能力を有して居る。また飛び行く彈丸や流れる水の如く運動せるが爲めに有するエネルギーを**運動のエネルギー** (Kinetic energy) と言ふ。

$W$  斤の物體が  $V$  米/秒の速度を有するときの運動のエネルギー  $K.E$  を求むるには、その運動と反對の方向にその物體に  $F$  斤の力を  $t$  秒間加へ距離  $S$  米だけ動いた後靜止したとすると、このとき爲した仕事は即ちその物體のエネルギーに等し、故に

$$K.E = FS$$

然るにその物體の質量を、 $m$  とすると、 $F = ma$

$$S = \frac{1}{2} (V+0)t = \frac{1}{2} Vt, \quad \text{亦} \quad a = V/t$$

$$\therefore K.E = F.S = ma \times \frac{1}{2} Vt = m \frac{V}{t} \times \frac{1}{2} Vt = \frac{1}{2} mV^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} mV^2 \dots\dots\dots(17)$$

### 4. エネルギーの不滅則 Conservation of energy.

吾々の指先によつて時計の發條を巻くとき指先は時計の發條に對し仕事をなしたりと言ひ、この際指先のエネルギーは發條に移動したるものと考へられ時計はこのエネルギーによつて長時間の仕事を爲し遂に停止する。而して發條のエネルギーは更に齒車、振子等に次第に移行してこれらを運動せしめその間に軸承その他の摩擦抵抗による熱等に變化して毫も消滅するものではない。かくして指先のエネルギーは次第に他に移動し或はその形を變へて毫も滅することはない。かくの如く、**エネルギーは生ずるものにあらず滅するものにあらず**。これを**エネルギー不滅則**と言ふ。

### 5. 機械と仕事

エネルギーは仕事の量で測るからエネルギー不滅則によると吾々が人力により或は動力によつて機械に加へた仕事はまた機械の爲す仕事に等しい。

即ち 機械に加へた仕事 = 機械が爲した仕事

或は、(機械に加へた力) × (その力で動いた距離)

= (機械に生じた力) × (その力で動いた距離)

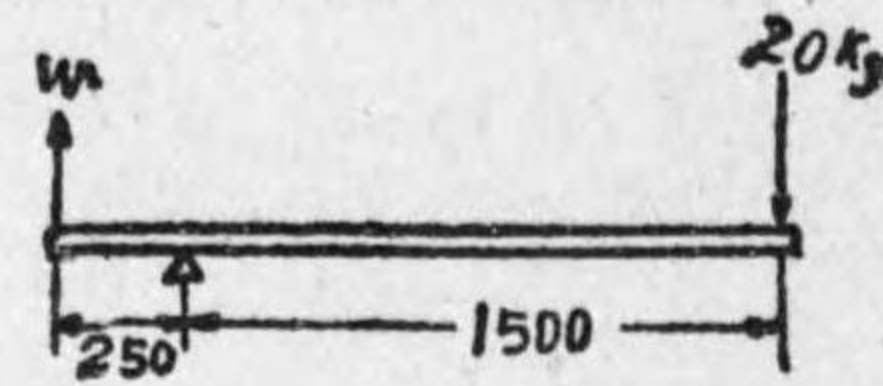
機械中にはこの原理を應用して小なる力より大なる力を生ずるも



のが多い。次にその一、二の例を示す。

### 挺 子

圖の如き挺子の尖端に、20斤の力を加へるとき押上げ得る重量Wを求めるに、右端を假に一米押下げれば、左端は、 $1 \times 250 / 1500$ 米だけ押上げられる。故に次式成立す。

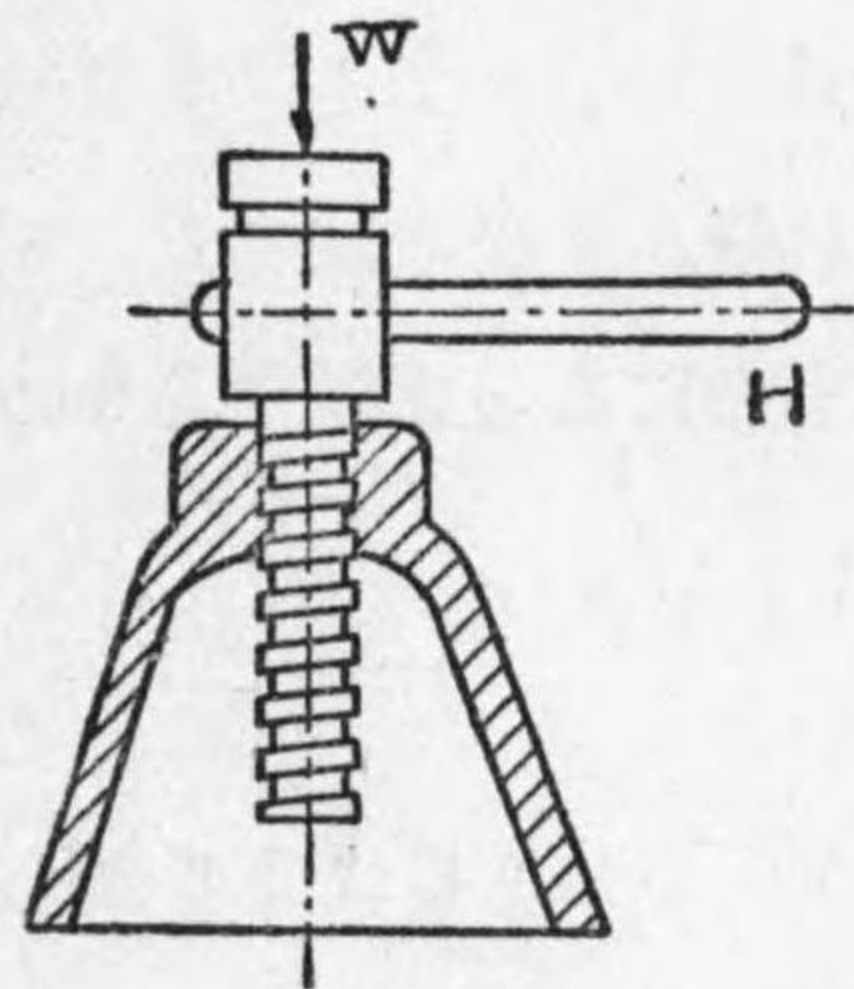


第 1-13 圖

$$W \times 250 / 1500 = 1 \times 20$$

$$\therefore W = 20 \times 6 = 120 \text{ 斤}$$

### ジ ャ ツ キ



第 1-14 圖

ネヂの歩みが1種のジャツキに長さ1米の把手を附けその一端に10斤の力を加へるとき幾何の荷重を揚げ得るや。

把手を一廻轉して爲す仕事は、 $2\pi \times 1 \times 10$ 米斤、ネヂを一廻轉して進む距離は1種=0.01米、故にこの際の仕事は若しW斤を揚げ得るとすると、 $W \times 0.01$ 米斤

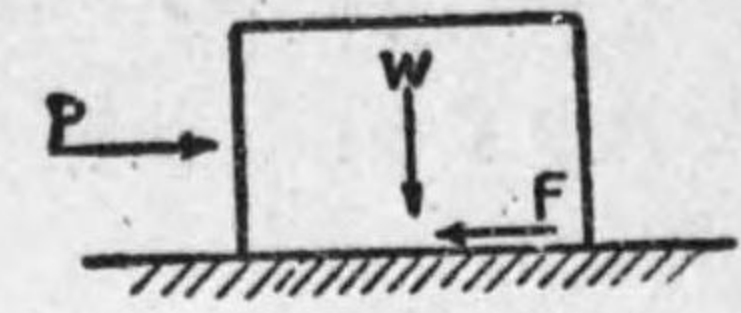
$$\therefore 2\pi \times 1 \times 10 = 0.01 \times W$$

$$W = 2\pi \times 1 \times 10 / 0.01 = 6283.2 \text{ 斤}$$

## 第四節 摩 擦

### 1. 摩擦 Friction.

圖の如く平滑面上に重量Wの物體を載せ水平力Pなる力で押すときは、運動の第二則によつて物體は加速度を生じて力の方向に運動すべき筈である。然るに實際では力Pが極く



第 1-15 圖

小なるときはその物體は毫も動くことはない。これその物體と平面との間に力Pと反對なる力Fが生じたるによるものでこの力Fを摩擦力と言ふ。力Pを漸次に増大するときは遂にその力は摩擦力に打ち勝つて物體は動く。この極限の摩擦力を最大摩擦力と言ふ。物體が運動を初めた後もその二面間に常にその運動を妨げんとする力即ち摩擦力を生ずるもので、これを運動摩擦 (Kinetic Friction) と言ひ、また前述の如く物體が靜止せるときの摩擦を靜止摩擦 (Static Friction) と言ふ。

### 2. 摩擦の法則 Law of friction

二物體間の摩擦力は接觸面の垂直壓力と摩擦係數との相乗積に等しく面の大小に關することなし。

第 1-2 表

接觸する材料の種類	靜止摩擦係數		運動摩擦係數	
	乾	燥 注 油	乾	燥 注 油
木材と木材	0.3-0.7	0.3-0.4	0.20-0.43	0.20-0.10
木材と金屬	0.6	0.1	0.20-0.62	0.10-0.16
木材と革	0.62	0.13	0.3-0.5	---
金屬と金屬	0.15-0.24	0.11-0.16	0.15-0.24	0.04-0.06

W斤を接觸面の垂直壓力、 $\mu$ を摩擦係數、Fを摩擦力とすると

$$F = \mu W \dots \dots (18)$$



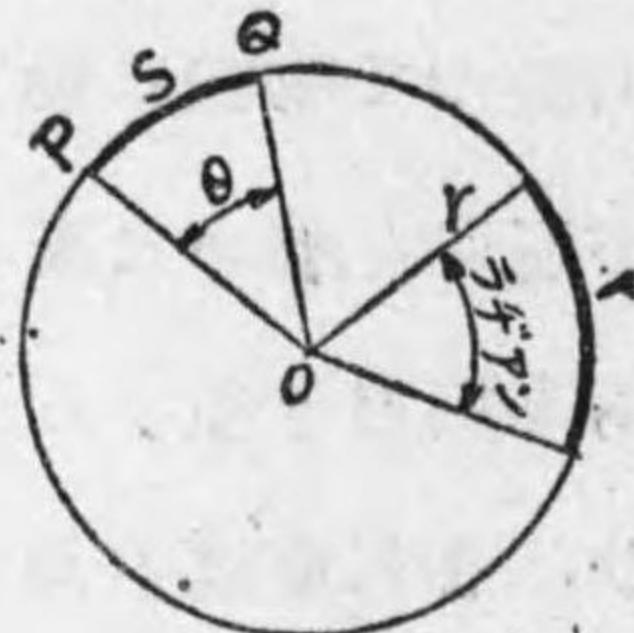
摩擦の原因はその觸面間の凹凸によるものと考へられ、従つて之を減少するには油等の粘液を用ひる。之を潤滑劑 (Lubricant) と言ふ。

重量50疋の金屬が水平の木材上にあるときの最大摩擦力は表により  $\mu=0.6$  であるから、 $50 \times 0.6 = 30$  疋、運動摩擦は、 $50 \times 0.2 = 10$  疋。

### 第五節 回 轉 運 動

#### 1. 角 Angle.

角を表はすには一廻轉を $360^\circ$ とする六十度分法と、弧度法とがある。弧度法の單位は半径  $r$  に等しい圓弧に對する中心角を、1 ラヂアン (Radian) と言ふ。



第 1-16 圖

$$\frac{1 \text{ ラヂアン}}{360^\circ} = \frac{2\pi r}{r}$$

故に、 $180^\circ = \pi$  ラヂアン、或は、 $1 \text{ ラヂアン} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 17' 45''$

又角  $\theta$  をラヂアンで表はせば、圓弧  $S = r\theta$ 、にて求められる。

#### 2. 角速度 Angular velocity, 角加速度 Angular acceleration

$\theta$  ラヂアンを  $t$  秒間に廻轉した角、 $\omega$  ラヂアン毎秒を角速度とすると

$$\omega = \frac{\theta}{t} \dots\dots(19)$$

又この間に圓周上の一點  $P$  が  $Q$  に移動したとすると、 $P$  點のその圓周に對する切線速度  $V$  は半径を  $r$  米とすると

$$V = \frac{S}{t} = \frac{r\theta}{t} = r\omega \text{ 米毎秒}$$

$$\text{即ち } V = r\omega \dots\dots(20)$$

又角速度が時間と共に變化して、 $t$  秒の後、 $\omega_1$  から  $\omega_2$  になりたりとし、このときの角加速度を、 $\alpha$  ラヂアン/秒<sup>2</sup> とせば

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} \dots\dots(21)$$

#### 3. 廻轉エネルギーと慣性モーメント

質量  $M$  の物體がある軸を中心として角速度  $\omega$  ラヂアン毎秒で廻轉するとき物體中の各點の線速度は中心軸よりの距離の遠近によつて異なる。今物體の全質量  $M$  が中心より  $k$  なる距離にある一點に集中して同一結果を得るものと假定すると、その點の線速度は、 $k\omega$  なる故この物體の廻轉エネルギー  $K. E$  は(17式)により

$$K. E = \frac{1}{2} M k^2 \omega^2$$

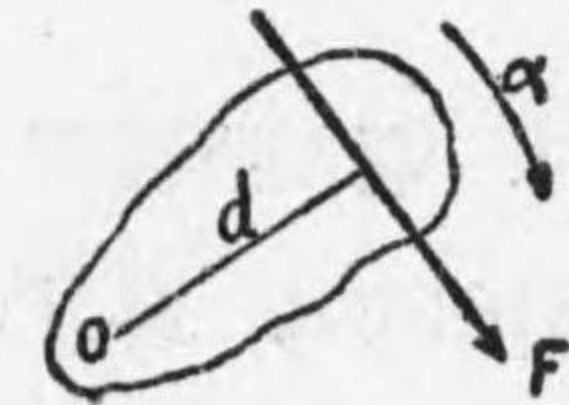
この  $k$  をその物體の廻轉軸に對する廻轉半径 (Radius of gyration) と言ひ若し、 $M k^2 = I$  と置くと上式は

$$K. E = \frac{1}{2} I \omega^2 \dots\dots(22)$$

即ち(17)式と全く類似の形となり、 $I$  をその物體の廻轉軸に對する慣性モーメント (Moment of Inertia) と言ふ。

#### 4. 廻轉力と角加速度

廻轉體の中心  $O$  から  $d$  なる距離に力  $F$  が作用するときその廻轉力  $Fd$  により物體は角加速度を生じて廻轉する。今この角加速度を、 $\alpha$  ラヂアン/秒<sup>2</sup> とすると次の關係あり。



第 1-17 圖



$$Fd = I\alpha$$

Fdの廻轉力 (Torque) をTとするときは上式は

$$T = I\alpha \dots \dots (23)$$

(23)式は(11)式の  $F=ma$ , と全く同一の形をなす。

練 習 問 題

- (1) 1 時間に20噸の水を40米の高さに上げるには何馬力を要するか。
- (2) 1 疋の力が質量5疋の物體に作用すれば1分間後の速度如何。
- (3) 重量30噸の大砲から250疋の彈丸を700疋毎秒の速度で發射するとき大砲の後退速度を求む。
- (4) 15米毎秒の速度で運動せる重量25疋の物體を10秒間に停止せしむるには幾何程の力を要するか。
- (5) 慣性モーメント300米疋單位の車輪の外周に120疋の力を切線方向に加ふるとき幾何の角加速度を生ずるや、又10秒後の角速度如何、但し車輪の直径は1.2米とす。

第 二 章 材 料 強 弱 學

第一節 内 力 と 歪

1. 材料強弱學 Strength of material.

力學では、外力と之が物體の運動に及ぼす影響に就き論じたのであるが、材料強弱學では、力と之に對抗して物體内に生ずる應力(又は内力)及び物體の變形等に就き論ずるものである。

2. 荷重 Load. 應力 Stress. 歪 Strain.

物體に作用する外力を材料強弱學にては特に荷重と言ひ、荷重に抵抗してその物體内に生ずる反力を應力又は内力と言ふ。内力は作用斷面の單位面積に就いての大いさで表はす。物體に外力が加はれば、その物體に内力を生ずるのみならず亦常に多少の變形をともなふもので、この變形を歪と言ひ單位長さに就いての變形の大いさで表はす。

3. 荷重, 應力, 歪の種類

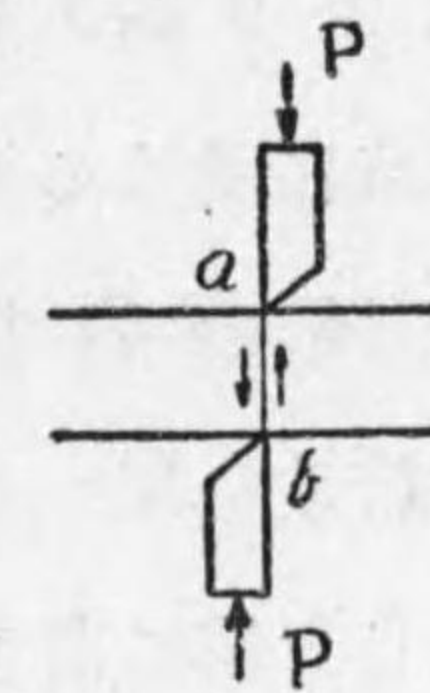
第2—1圖の如く材料を引張るとききの荷重を引張り荷重(Tensile load) 又このとき生ずる應力及び歪を夫々、引張り應力, 引張り歪と言ふ。第2—2圖の如く材料を壓縮する荷重を壓縮荷重(Compressive load) と言ひその應力, 歪を夫々壓縮應力, 壓縮歪と言ふ。また第



第 2—1 圖



第 2—2 圖



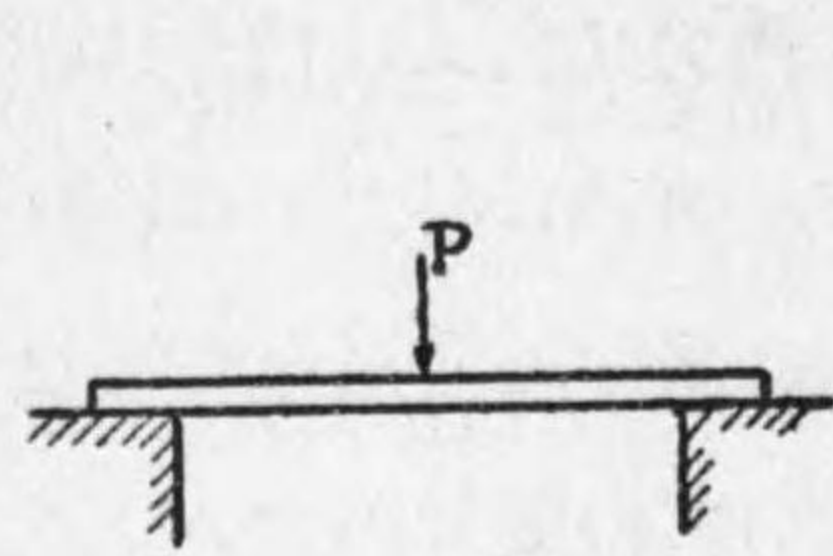
第 2—3 圖

2—3圖の如く物を鋏切らんとする如き力、即ち二つの外力が物體の作用斷面に沿ふて互に反對の方向に作用するとき荷の重を剪斷荷重 (Shearing load) と言ひ、このときの應力及歪を剪斷應力 (Shearing Stress) 及剪斷歪 (Shearing strain) と言ふ。

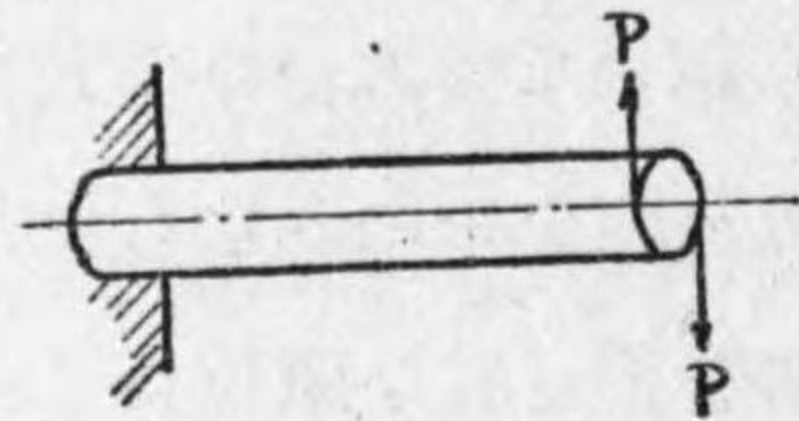
以上の荷重, 應力, 歪はその主たるもので、その他の應力, 歪等はこれらのものより誘導せらるゝか或はその二つ以上を組合せたも



のより成る。その主なるものは次の如くである。



第 2-4 圖



第 2-5 圖

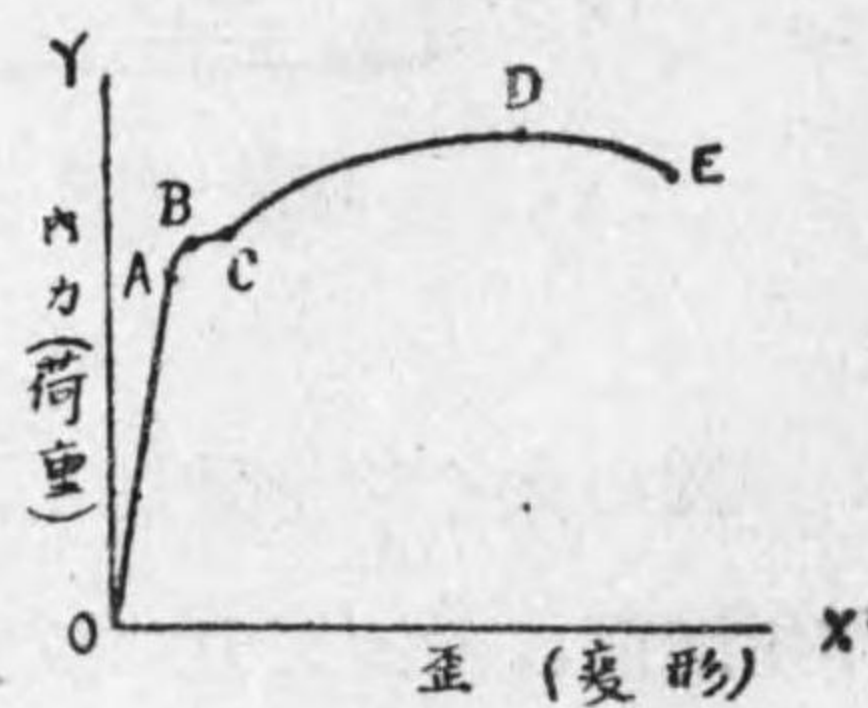


第 2-6 圖

第 2-4 圖の如く梁 (Beam) に外力が作用すると彎曲する故之を彎曲荷重 (Bending load) と言ひその應力、歪を彎曲應力、彎曲歪と言ふ。この場合梁の上面は壓縮應力を受け下面は引張り應用を受け。第 2-5 圖の如き場合を振り荷重 (Twisting load) 又は振りモーメント (Twisting moment) と言ひ、この場合断面は剪斷應力を受ける。第 2-6 圖の如き材料を柱 (Pillar) と言ひ壓縮應力及び彎曲應力を同時に受くる適例である。

#### 4. 材料の通性

材料に荷重を加へると變形 (Deformation) を起し次第に荷重を増加すると變形も亦之に比例して増大して第 2-7 圖の初めの直線部に示す如くなる。この場合荷重を除けば材料は全く原形に復して變形は零となり、材料は恰も護謨の如く完全なる弾性 (Elasticity) を呈する。荷重がある限界 A 點に達すると變形は荷重を除くも全く原形に復せず。かくの如き限界點に於ける應力を弾性界限 (Elastic limit) と言ふ。また原形に復せざる歪を永久



第 2-7 圖

歪を永久

歪 (Permanent set) と言ふ。應力が弾性界限を越すと歪の度合は荷重増加の度合よりも稍大となり曲線は A B の如く稍右方に傾き B 點に達すれば歪は急激に増加して曲線は殆ど水平となる。かくの如き點 B に於ける應力を降伏點 (Yielding point) と言ふ。かくして荷重の増加に對する變形は著しく大となり遂に破壊すのに至るものである。而して最大荷重は破壊の少しく前に起るもので、この最大荷重に對する應力をその材料の結局強さ (Ultimate strength) 或は破壊強さ (Breaking strength) と言ふ。

#### 5. フツクの方則 Hook's law.

弾性の界限以内に於ては物體の歪は應力に比例す。これをフツクの方則と言ふ。即ち、應力 = 定數 × 歪、この定數を弾性係數と言ふ。

$$\text{應力} = \text{弾性係數} \times \text{歪} \dots\dots(1)$$

#### 6. 許容内力 Allowable stress と安全率 Safety factor.

機械を構成する材料の受くる内力は必ず弾性界限以下なるを要し機械設計に當り安全なりと考へらるゝ内力を許容内力と言ふ。材料の結局強さと許容内力との比を安全率と言ふ。

$$\text{安全率} = \frac{\text{結局強さ}}{\text{許容内力}} \dots\dots(2)$$

安全率は材料の種類と荷重の加はり方により異つた價をとるを要す。荷重が靜止せるとき即靜荷重 (Dead load) の場合は安全率を少なく、荷重が變動する動荷重 (Live load) の場合は大きくとるを要し、亦同一の大いさでも鏈にて衝擊 (Impulse) を加へる如き場合は更に大なる安全率が必要である。



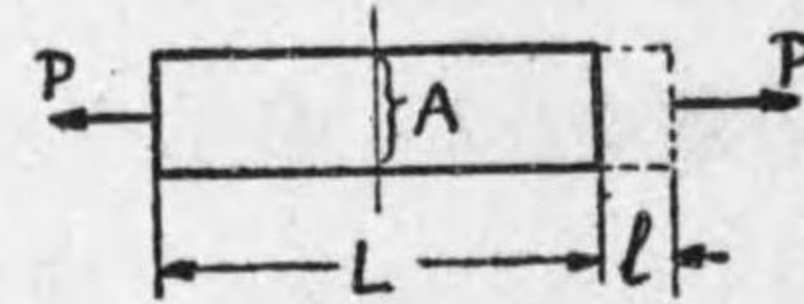
第2-1表 安全率表

材 料	安 全 率			衝 撃
	静 荷 重	動 荷 重 繰返荷重	交 番 荷 重	
鑄 鐵	4	6	10	15
鍛 鐵・鋼	3	5	8	12
鑄 鋼	3	5	8	15
木 材	7	10	15	20
煉 瓦・石 材	20	30	—	—

第二節 引張及壓縮

1. 引 張 り Tension.

Pは引張荷重、Aは作用断面積  
Lは最初の長さ、lは伸びた長さ  
fは応力、λは歪、とせば



第2-8圖

$$\text{應力} = \frac{\text{荷 重}}{\text{作用断面積}} \quad \text{即ち} \quad f = \frac{P}{A} \dots\dots(3)$$

$$\text{歪} = \frac{\text{伸びただけの長さ}}{\text{最初の長さ}} \quad \lambda = \frac{l}{L} \dots\dots(4)$$

2. 圧 縮 Compression.

壓縮の場合も全然引張りの場合と同じく

$$\text{應力} = \frac{\text{壓縮荷重}}{\text{作用断面積}}$$

$$\text{歪} = \frac{\text{縮んだだけの長さ}}{\text{最初の長さ}}$$

3. ヤング率 Young's modulus.

引張及壓縮に対する弾性係数を特にヤング率或は縦弾性係数と言

ひ通常Eで表はす。

引張或は壓縮應力 = ヤング率 × 歪  
 $f = E \times \lambda \dots\dots(5)$

第三節 剪 断

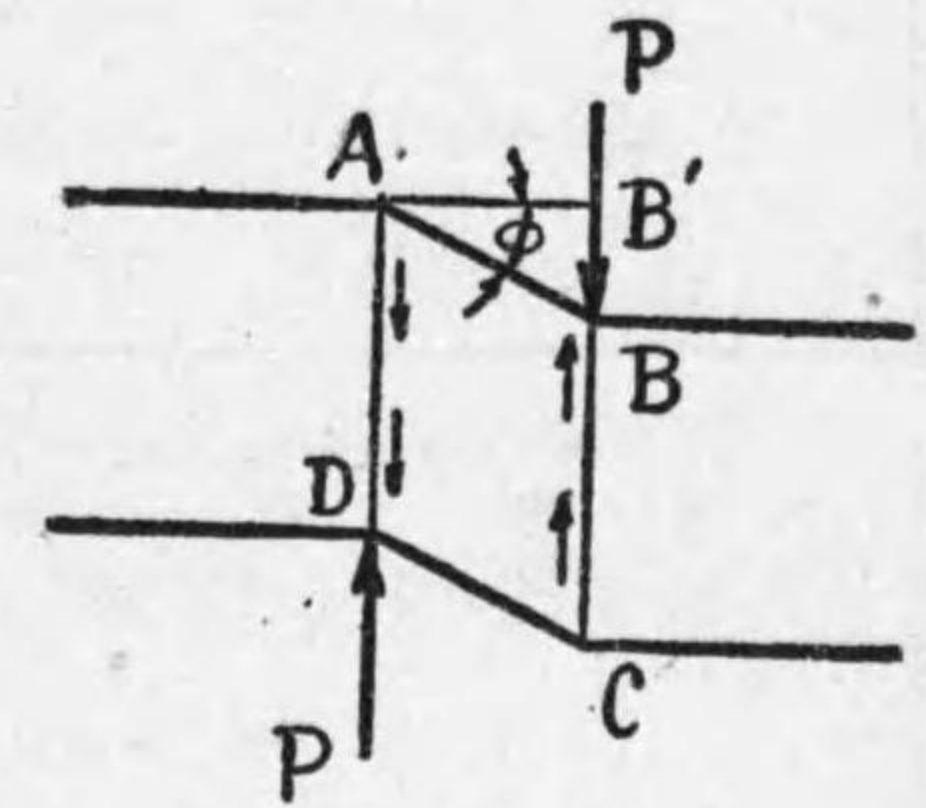
1. 剪断 Shearing

Pは剪断荷重、Aは作用断面積  
fは應力、λは歪、とせば

$$\text{應力} = \frac{\text{荷 重}}{\text{作用断面積}} \quad \text{即ち} \quad f = \frac{P}{A} \dots\dots(6)$$

歪 = 単位長さに就いての変形

$$\text{即ち} \quad \lambda = \frac{BB'}{AB} = \tan \phi \dots\dots(7)$$



第2-9圖

2. 横断性係数 Modulus of rigidity.

剪断應力に対する弾性係数を特に横弾性係数と言ひ通常Gで表はす。

$$\text{剪断應力} = \text{横弾性係数} \times \text{剪断歪}$$

$$\text{即ち} \quad f = G \times \phi \dots\dots(8)$$

(例) 1. 軟鋼丸棒に25000の引張荷重を加ふるとき、その直径を幾何にすべきや。軟鋼の結局強さを4000、安全率を4とす。

(解)  $\text{許容強さ} = \frac{\text{結局強さ}}{\text{安全率}} = \frac{4000}{4} = 1000 \text{ 珪/珪}^2$

故所要断面積 = 25000 ÷ 1000 = 25珪<sup>2</sup>

故、所要直径 =  $\sqrt{\frac{4}{\pi} \times 25} = 5.6 \text{ 珪}$



第2-2表 工業材料の弾性的並に機械的性質

材料	ヤング係数 Ekg/cm <sup>2</sup>	横弾性係数 Ckg/cm <sup>2</sup>	比例限度 kg/cm <sup>2</sup>	降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	備考
瑞典鐵	2 000 000	770 000	1 300~1 600	1 800~2 600	3 300~4 000	鋼では引張強さ及び焼入の有無に依てEは殆ど變化しない尚ポアソン比も同様に 鑄鐵のポアソン比は0.1~0.2
鋼軟	2 100 000	810 000	1 800~2 300	2 000~3 000	3 700~4 500	
硬鋼	2 100 000	810 000	2 800~3 200	3 000以上	4 800~5 800	
ばね鋼 焼入せず	2 100 000	850 000	5 000以上	—	8 000~	
焼入		~830 000	7 500以上	—	1 300~1 500	
鑄鋼	2 150 000	830 000	2 000~	2 100~	3 500~5 000 (1 200~2 400 壓縮強さ 6 000~8 500 7 400~	
鑄鐵	1 000 000	380 000	無	無		
ニッケル鋼 (Ni2~3%)	2 090 000	840 000	3 300~	4 200~		

第2-3表 鐵鋼の許容應力

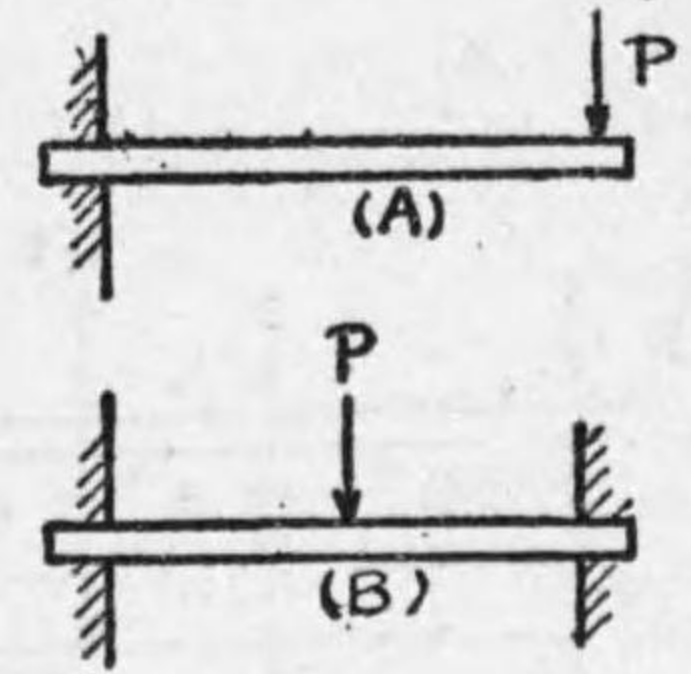
應力と荷重の種類	軟鋼 kg/cm <sup>2</sup>	中軟鋼 kg/cm <sup>2</sup>	鑄鋼 kg/cm <sup>2</sup>	鑄鐵 kg/cm <sup>2</sup>
引張	I	900~1 200	1 200~1 800	600~1 200
	II	540~ 700	700~1 080	360~ 720
	III	480~ 600	600~ 900	300~ 600
壓縮	I	900~1 200	1 200~1 800	900~1 500
	II	540~ 700	700~1 080	540~ 900
曲げ	I	900~1 200	1 200~1 800	750~1 200
	II	540~ 700	700~1 080	450~ 720
	III	450~ 600	600~ 900	375~ 600
剪斷	I	720~1 000	1 000~1 440	480~ 960
	II	430~ 560	600~ 860	290~ 580
	III	360~ 480	480~ 720	240~ 480
振り	I	360~ 560	1 000~1 440	480~ 960
	II	300~ 480	600~ 860	290~ 580
	III	700~1 000	480~ 720	240~ 480

備考 荷重の種類に於てIは静荷重, IIは動荷, IIIは繰返或は振動荷重を意味する。

第四節 梁

1. 曲げモーメント Bending moment.

第2-10圖の如く棒の一端又は両端を固定して棒の軸に垂直な荷重を加へるときは棒の各断面は外力とそれに至る距離とによつて、モーメントを受けて曲げられんとす。かくの如き曲げ力を曲げモーメントと言ひ、曲げモーメントを受くる材料を梁と言ふ。

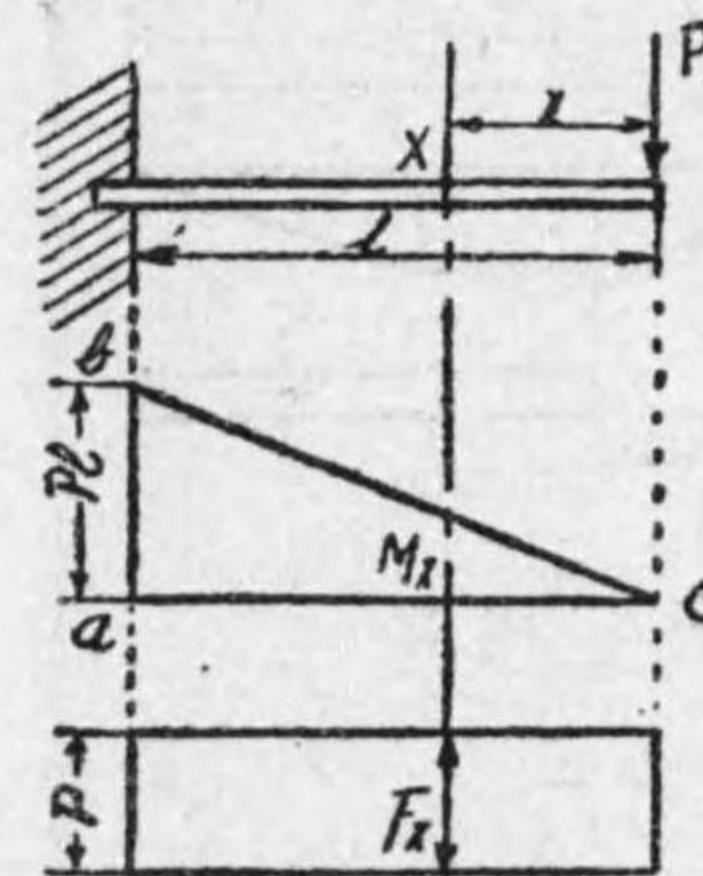


第2-10圖

梁の軸に垂直な任意の断面の受ける曲げモーメントはその断面の右(又は左)に於ける外力とその断面よりの距離との積の總和に等し。

又各断面は荷重に釣合はんとして之と正反對の抵抗力を生ずる結果この断面に剪斷力を生ず。この場合の剪斷力の大きさはその断面の右(或は左)に於ける外力の總和に等し。

2. カンチ・レバーCanti-lever.



第2-11圖

曲げモーメントを受くる梁に於て、

(A) その一端を固定せるものを片持梁又はカンチレバーと言ふ。

(B) 第2-11圖の如く一端を固定し他端に垂直荷重Pを受けるときは右端より

(C) 任意の距離xの所の断面の受ける曲げモーメントMはその断面の右側のみを

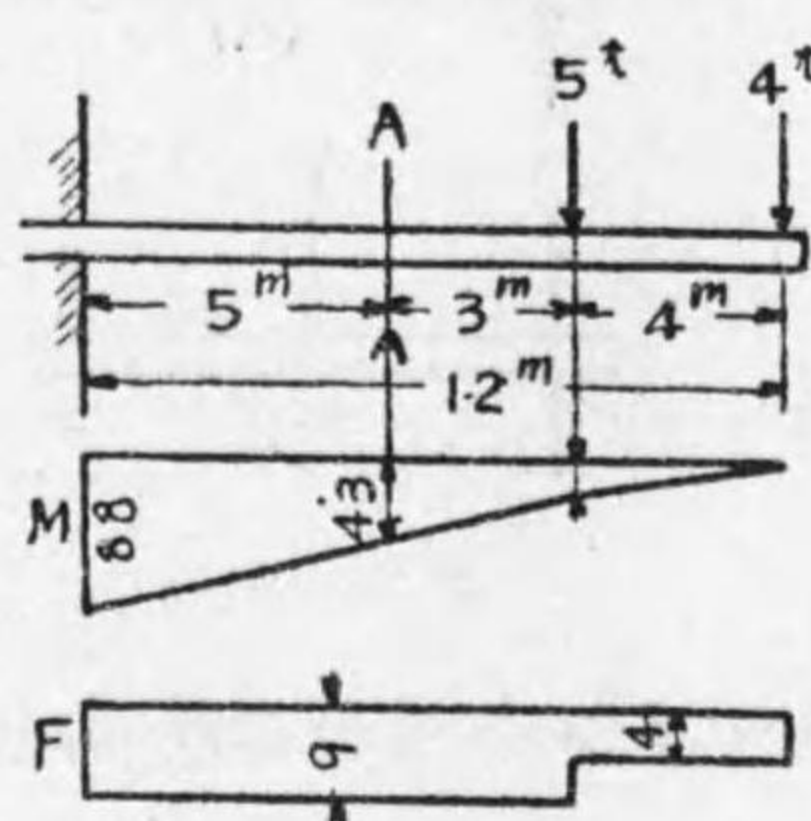
考へると機工學會力學及材強第4-8圖



$$M = Px$$

故に支點では  $Pl$  となり最大で、又剪斷力も右側のみを考へるを  
便とし之を  $F$  とせば外力は  $P$  のみなる故

$$F = P$$



第 2-12 圖

第 2-12 圖の如き場合右端より 7 米の所  
の斷面の受ける曲げモーメントを求むる  
にその右側に就き考へるときは

$$M_A = 4 \times 7 + 5 \times 3$$

$$= 43 \text{ 米噸}$$

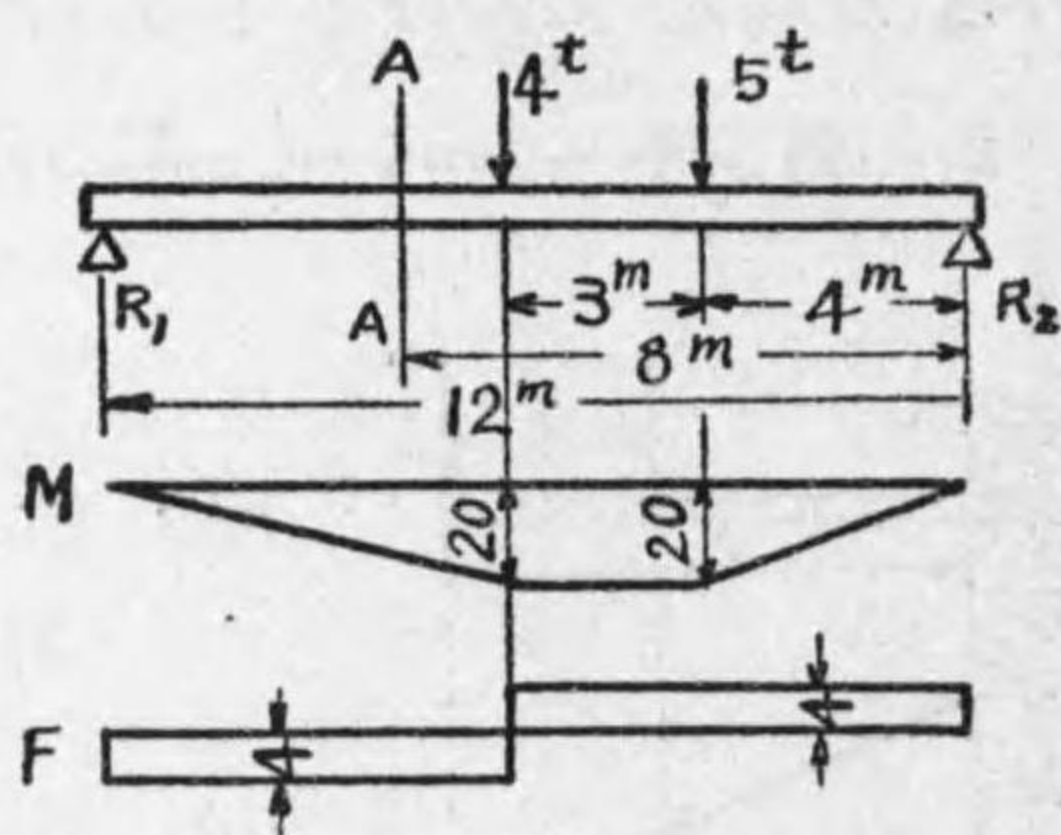
$$F_A = 4 + 5 = 9 \text{ 噸}$$

同様にして全體を求むれば圖の如くな

る。

### 3. ビーム Beam.

兩端にて支へ或は固定しその間  
で垂直荷重を受けるものをビ  
ームと言ふ。第 2-13 圖の如く兩端  
を支へ荷重 4 噸, 5 噸を受けると  
き右端より 8 米にある斷面 AA の  
曲げモーメントを求むるに支點の  
反力  $R_1, R_2$  を先づ知るを要する。



第 2-13 圖

即  $R_1$  點に中心をとり釣合の條件(第一章)を求めると

$$\sum M = 0 \quad R_2 \times 12 - 4 \times 5 - 5 \times 8 = 0 \quad \therefore R_2 = (20 + 40) \div 12 = 5 \text{ 噸}$$

$$\text{又 } \sum F_y = 0 \quad 4 + 5 = R_1 + R_2 \quad \therefore R_1 = 4 \text{ 噸}$$

第 2-4 表 曲げモーメント

梁の種類	最大彎曲モーメント	最大剪斷力	最大撓み
	$Pl$	$P$	$\frac{Pl^3}{3EI}$
	$\frac{Pl}{2}$	$P$	$\frac{Pl^3}{3EI}$
	$\frac{Pl}{4}$	$\frac{P}{2}$	$\frac{Pl^3}{48EI}$
	$\frac{Pl}{8}$	$\frac{Pl}{2}$	$\frac{5l^3}{384EI}$
	$\frac{Pl}{8}$	$\frac{Pl}{2}$	$\frac{Pl^3}{192EI}$
	$\frac{Pl}{12}$	$\frac{P}{2}$	$\frac{Pl^3}{384EI}$
	$\frac{3Pl}{16}$	$\frac{1P}{16}$	$\sqrt{\frac{1}{5}} \frac{Pl^3}{48EI}$
	$\frac{Pl}{8}$	$\frac{5P}{8}$	$\frac{Pl^3}{185EI}$



第2-5表 慣性モーメント及び断面係数

横断面形状	面積 A	慣性モーメント I	断面係数 $Z = \frac{I}{y}$	回転半径 $k^2 = \frac{I}{A}$
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$	$\frac{h^2}{12}$
	$h^2$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6}$	$\frac{h^2}{12}$
	$\frac{3\sqrt{3}}{2}h^2 = 2.6h^2$	$\frac{5\sqrt{3}}{16}h^4 = 0.54h^4$	$\frac{5h^3}{8}$	$\frac{5h^2}{24}$
	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^3}{32}$	$\frac{d^2}{16}$
	BH - bh	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}$
	BH + bh	$\frac{BH^3 + bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 + bh^3}{6H}$	$\frac{BH^3 + bh^3}{12(BH + bh)}$
	BH - bh	$\frac{(BH^2 - bh^2)^2 - BHbh(H-h)^2}{12(BH - bh)}$	$y_1 = \frac{BH^2 - bh^2}{2(BH - bh)}$ $y_2 = \frac{BH^2 - bhH + bh^2}{2(BH - bh)}$	
	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$	$\frac{D^2 + d^2}{16}$
	$\frac{\pi bh}{4}$	$\frac{\pi bh^3}{64}$	$\frac{\pi h^3}{32}$	$\frac{h^2}{16}$

次にAA断面に於ける曲モーメント,  $M_A$ は右側のみを考へると。

$$M_A = 8 \times 5 - 4 \times 1 - 5 \times 4 = 16 \text{ 米施}$$

又左側を考へても,  $M_A = 4 \times 4 = 16$  米施で全く同一結果となる。

次に右側につき剪断應力を考へると,  $F_A = 4 + 5 - 5 = 4$  施

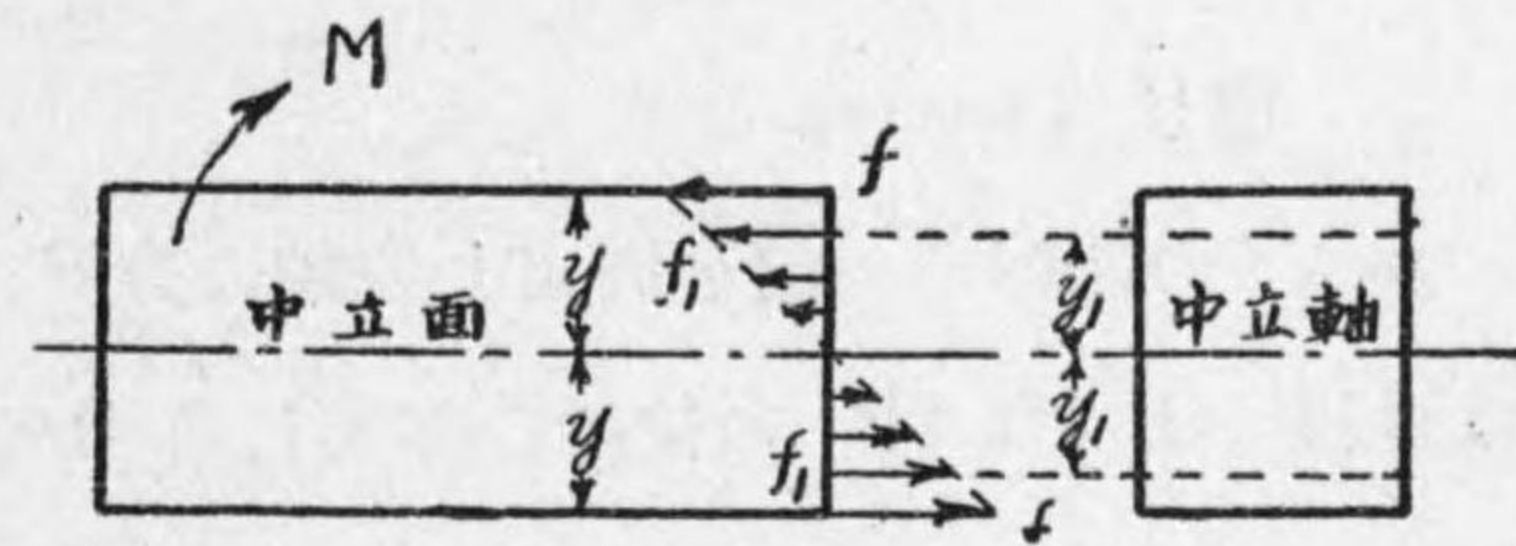
左側について考へるも,  $F_A = R_1 = 4$  施となり全く同じ結果を得る。

次に種々なる場合につきM及びFを求むれば圖の如くなる。

4. 表皮應力 Skin stress. 及断面係数 Modulus of section.

第2-14圖で梁が荷

重Pにより曲げモーメントを受くるときは梁の上面は壓縮應力を受けて縮み下面は引張應



第2-14圖

力を受けて伸張する故、その間で何等變化せない面があるべき筈でこの變化せざる面を中立面 (Neutral surface) と言ふ。而して内力はこの中立面より遠ざかるに従ひその大きさを増加し上端面及下端面にて夫々最大の壓縮、及び最大の引張内力を受ける。この兩面の最大應力を表皮應力と言ふ。設計の際は表皮應力を許容内力に等しからしむべきこと勿論である。

Mは断面に作用する曲げモーメント。f は表皮内力。とせば

$$M = fZ \dots \dots (9)$$

と置き、Zをその断面の形状によつて定まる断面係数と言ふ。

(例1) 兩端を固定せる断面短形にして長さ3.6米のビームの中央に2000

施の荷重を加ふるときその断面係数を如何にすべきや。但し材料



の許容内力を900 呎/ 呎<sup>2</sup>とす。又断面の巾を7 呎とせば高さ如何。

(解) 第2-4 表により最大  $M = P/8 = 2000 \times 3.6 \times 100/8 = 90000$  呎 呎

$M = fZ$ ,  $Z = M/f = 90000/900 = 100$  呎, 単位

第2-5 表の矩形にて, 巾  $b = 7$  呎とせば,  $Z = \frac{bh^2}{6}$

$$\therefore h = \sqrt{\frac{6Z}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 100}{7}} = \sqrt{85.7} \approx 9.3 \text{ 呎}$$

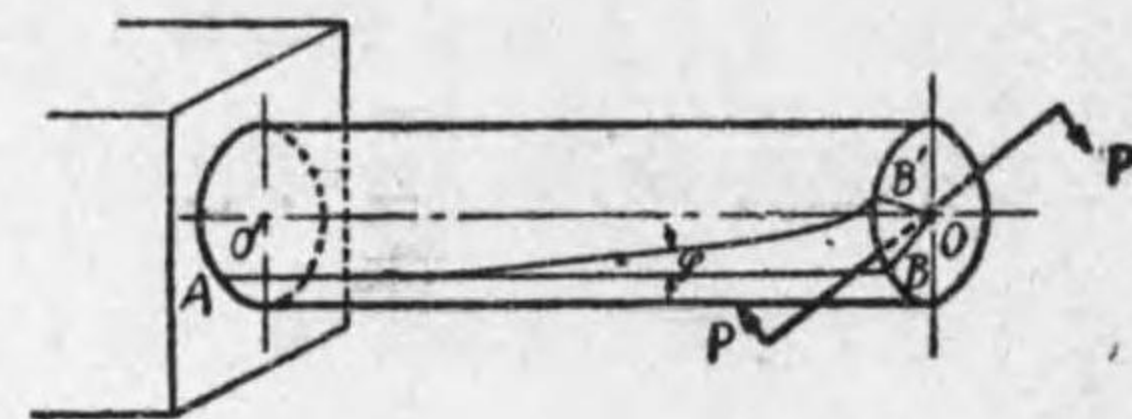
### 第五節 振 り

#### 1. 振り Twisting.

長さ  $l$  の丸棒の一端を固定し他端に力  $P$  による偶力を加へて振れば母線  $AB$  は  $AB'$  の位置に移動し角  $BAB'$  即  $\phi$  を振り角 (Angle of twist) と云ふ。力  $P$  は断面に沿ふ方向の力であるから断面は皆剪断應力を受けその大いさは中心にて零で外周にて最大となる。

この最大應力即表皮應力は許容内力に等しくするを要す。

$f$  は許容内力,  $d$  は直径,  $T$  は振りモーメント (廻轉力の大きさ) とせば次の關係あり。



第2-15 圖

$$T = \frac{\pi}{16} d^3 f \quad \text{或は} \quad d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi f}} \dots\dots(10)$$

#### 2. 回轉軸の傳達馬力

(10) 式によりて材料の所要直径を求むることを得。若し振りモーメントのかはりに馬力が與へらるゝなれば, 第一章15式により

$$H.P = 2\pi rFN/75 \times 60$$

式中,  $rF = T$  にして單位は米 呎なる故これを呎 呎に直すと,

$$H.P = \frac{2\pi TN}{7500 \times 60} \quad \text{或は} \quad T = \frac{7500 \times 60 \times H.P}{2\pi N}$$

$T$  を(10)式に代入して簡約すれば

$$d = \sqrt[3]{\frac{365000 \times H.P}{fN}} \dots\dots(11)$$

式中,  $d$  は軸直径呎,  $H.P$  は傳達馬力,  $N$  は毎分廻轉數,

$f$  は材料の許容内力呎/呎<sup>2</sup>

(例) 毎分150廻轉にて10馬力の動力を傳ふる傳導軸の直径如何。

但, 許容剪断應力  $f = 650$  呎/呎<sup>2</sup>とす。

(解)  $f = 650$      $N = 150$      $H.P = 10$

$$\therefore d = \sqrt[3]{\frac{365000 \times 10}{650 \times 150}} = \sqrt[3]{37.4} = 3.33 \text{ 呎}$$

## 第三章 機 素 及 び 製 圖

### 第一節 機 素

#### 1. 機構と機素

一見極めて複雑な機械でもこれを些細に檢すれば比較的簡単な數種の仕掛を組合せたものより成ることが分る。機械の一部には必ず運動を傳へんとする部分と, 他より動かされて運動する部分とがあつて, 前者を原動節 (Driver), 後者を受動節 (Follower) と云ひ, 又原動節と受動節との中間にあつて運動の媒介をする部分を中間節



(Connector) と言ふ。機械の一部で原動節、中間節、及び受動節より成る一體の構造を機構 (Mechanism) と言ひ、またその一つ一つを考へるときは之を機素 (Machine element) と言ふ。

2. ネチ Screw, ボルト Bolt 及びナツト Nut.

圓筒の周圍にある形の紐條が巻き付いて軸の方向に等距離に進むときはネチ (Screw) を生ずる。この紐條をネチ山 (Screw thread) と言ひネチ山一條より成るものを一重ネチ、二條より成るものを二重

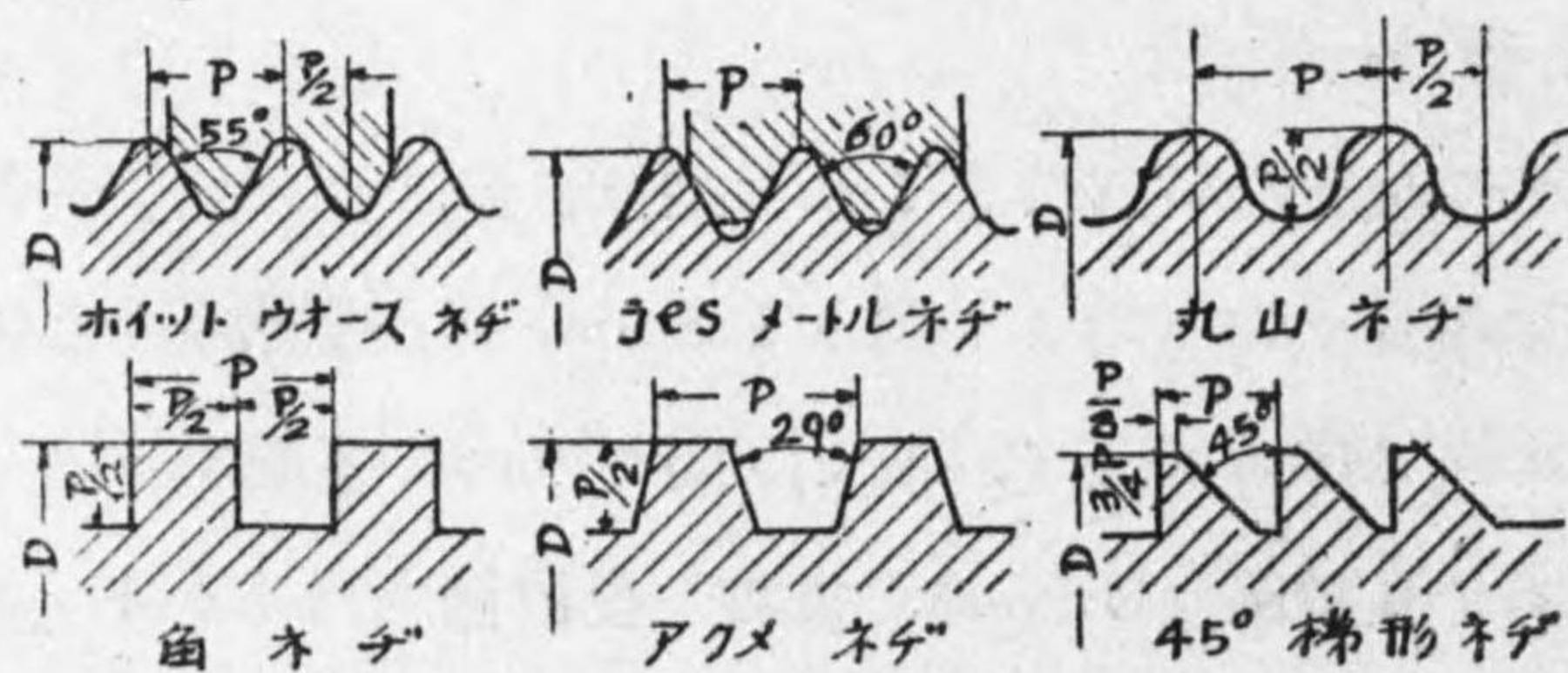


第 3-1 圖

ネチ、三條のものを三重ネチ等と言ふ。一つのネチ山と次のネチ山との距離をピッチ (Pitch) と言ひ、ネチ山が一周するとき進む距離をリード (Lead) と言ふ。一重ネチではピッチとリードとは等しく二重ネチではリードはピッチの二倍である。

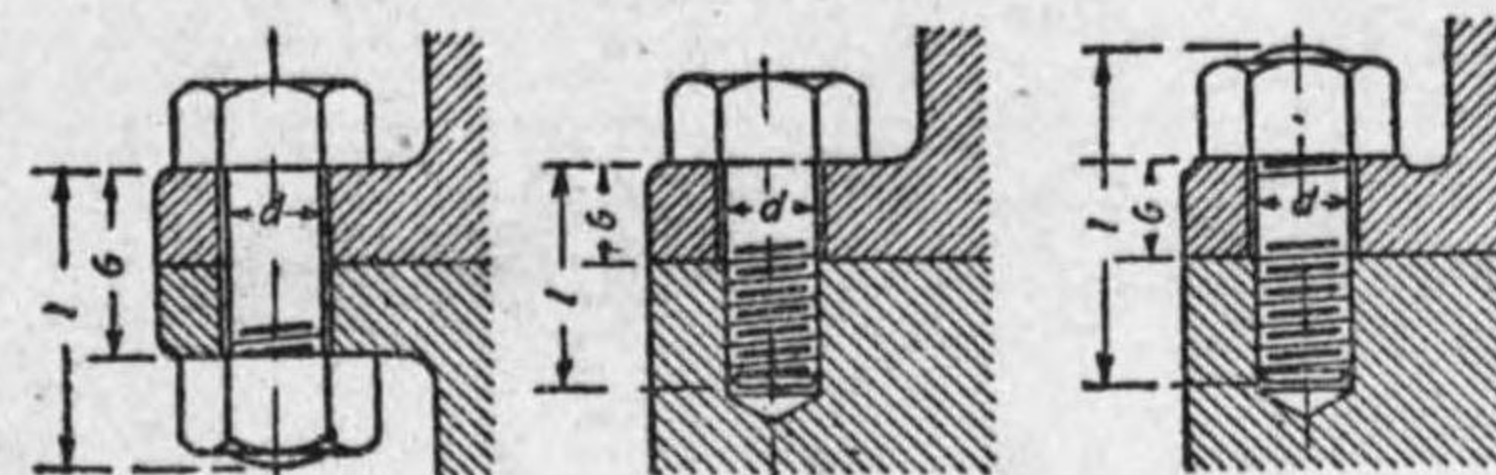
ネチには雄ネチと雌ネチとがあつて前者は後者の中に嵌つて運動し一つの機構を構成する。雄ネチを時計の針の廻る方向に廻轉するとき前進するものを右ネチ後進するものを左ネチと言ふ。

ネチ山の形には日本標準規格 (JES) により制定せられたもの次圖の如くである。

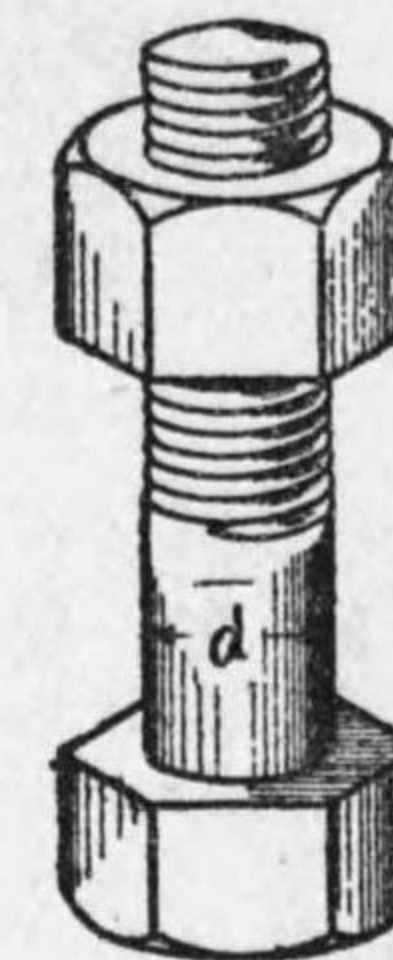


第 3-2 圖

ネチの應用は極めて廣くボルト・ナツトは機械部分の締結に用ひられる。



第 3-3 圖



第 3-3 圖

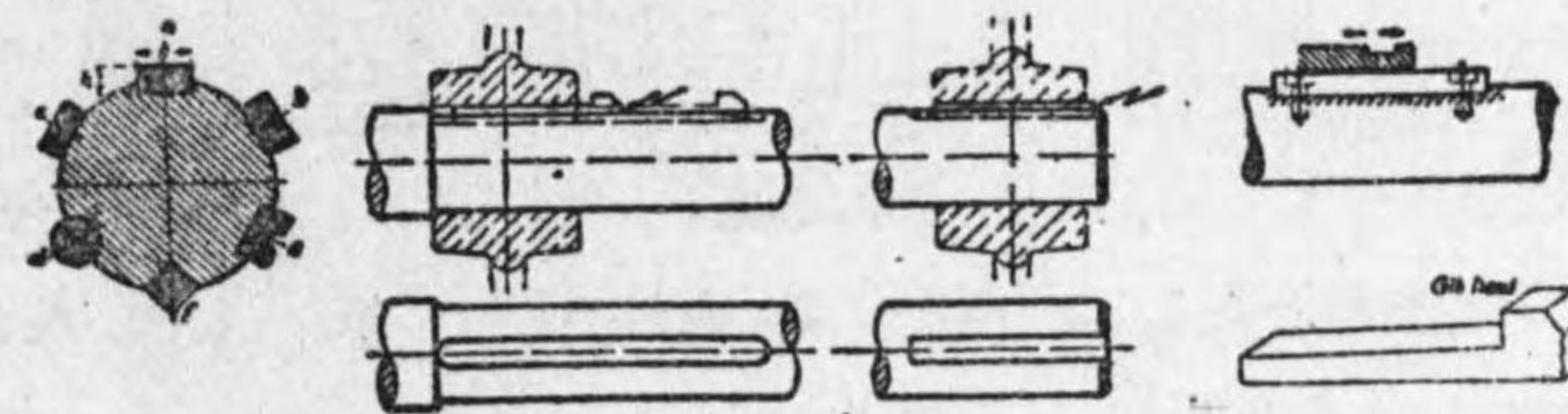
3. キー Key.

キーは軸に齒車、ペルト車、等を固定するに用ひ、

軸及びそれらの車類の軸に嵌まる部分に溝を切り、これにキーを収めること圖の如くする。その形狀に種々

あり。圖中 a の沈みキー (Sunk key), b の平キー (Flat key),

c の鞍キー (Saddle key) 等が最も普通に用ひられる。

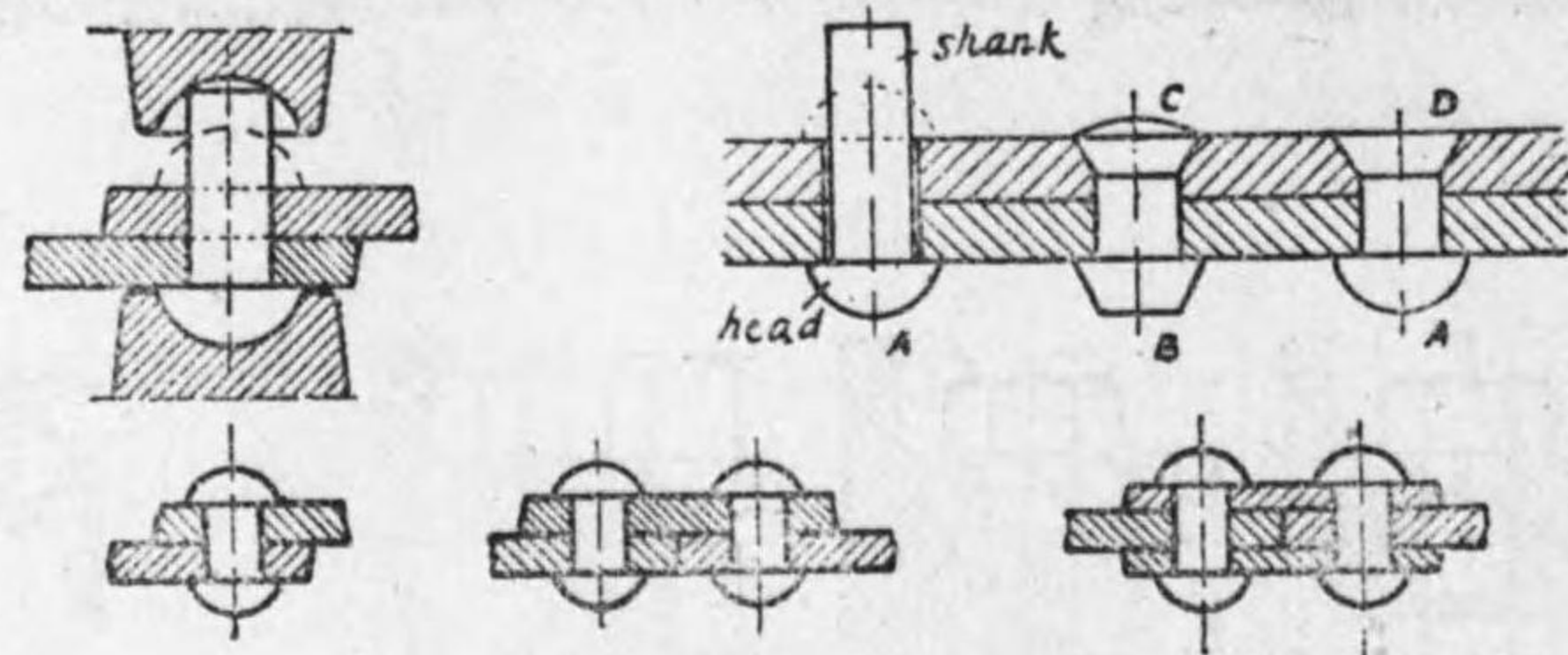


第 3-4 圖 キー

4. 鋳 Rivet.

比較的厚い金屬板を重ね合すのにはボルトを有ふるか或は鋳を用ふるか又は銲接することもある。比較的薄い金屬板の場合は銲付法による。(第10章参照)。鋳にも種々の形狀ありその重ね合す方法にも圖の如く種々ある。





第3-5圖 鉸

5. 軸、軸接手及び軸承

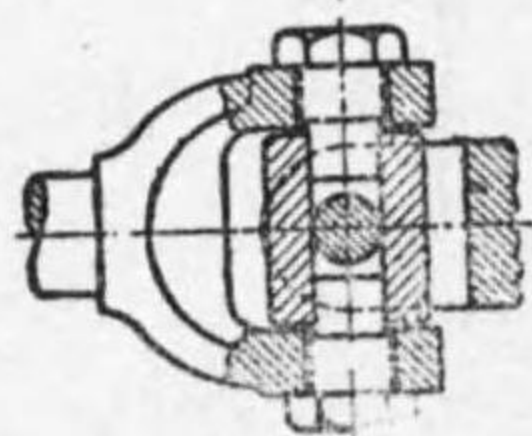
軸 (Shaft) は主として動力の傳達に用ひられ、この場合の軸の太さは既に第二章で述べた。軸を接続する接手にも種々あるがこゝには二三の例を示す。鉸接手 (Flange coupling) は電動機軸と傳動軸を繼ぐに屢々用ひられ咬合接手 (Clutch coupling) はその一方の爪



第3-6圖 抱締接手

第3-7圖 鉸接手

第3-8圖 咬合接手

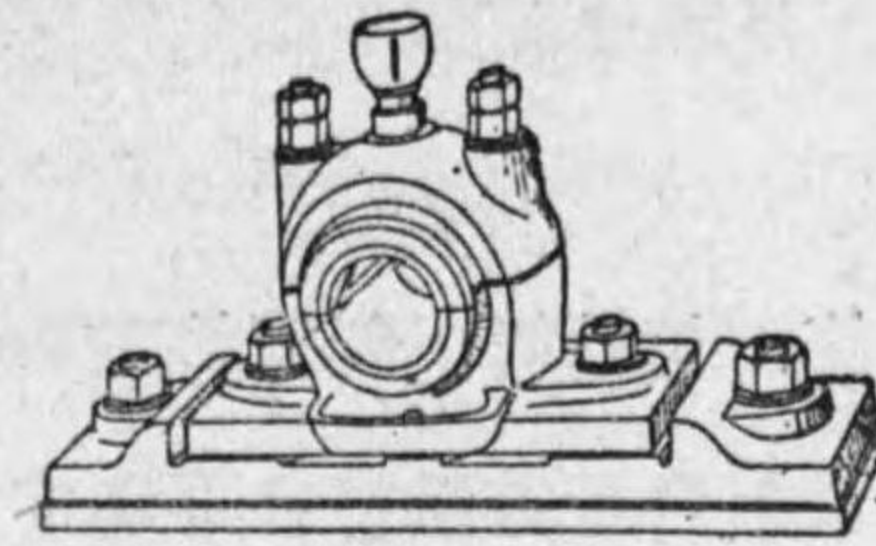


第3-9圖 自在接手

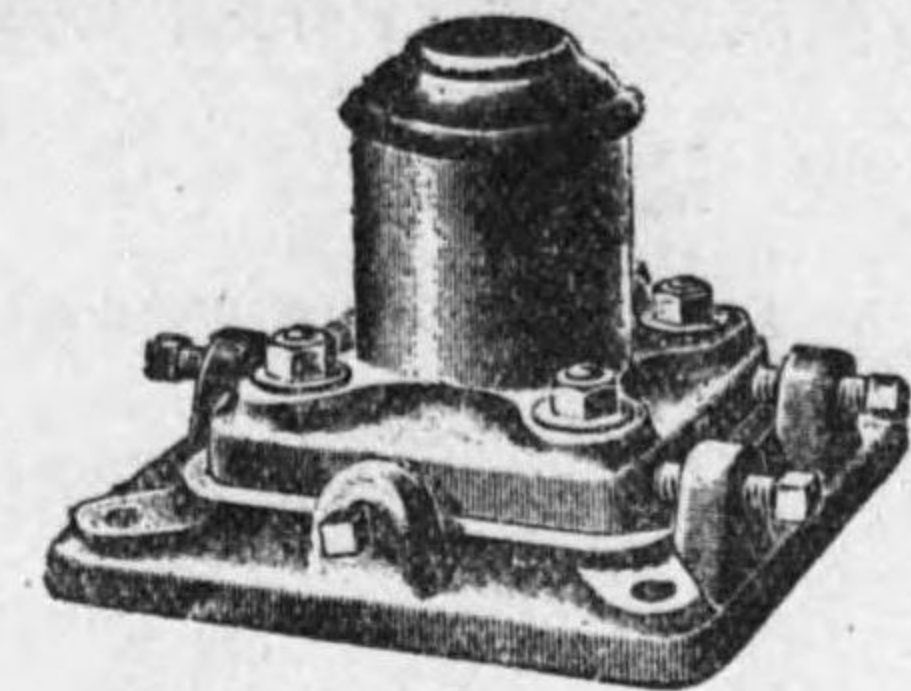
をレバー装置により左右に移動して咬合はし又は咬合を外して軸を接続し或はこれを斷つ。かかる装置をクラツチ (Clutch) と言ふ。

自在接手 (Universal joint) は兩軸が一點に相會する場合に用ひられ且運轉中軸の交角を自在に變へることが出来る。

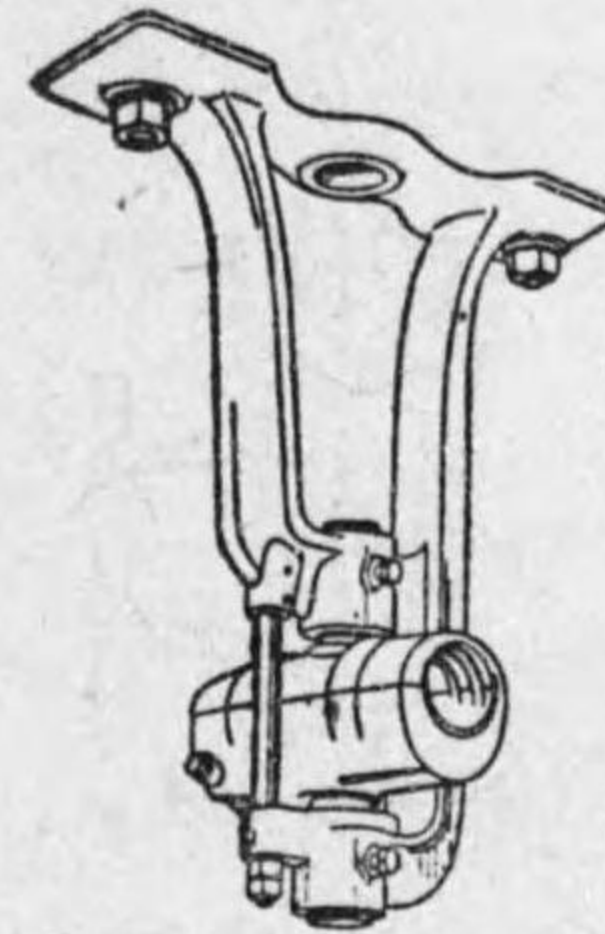
軸承 (Shaft bearing) は軸を支へて自由に廻轉せしむるため用ひ



第3-10圖 横軸承



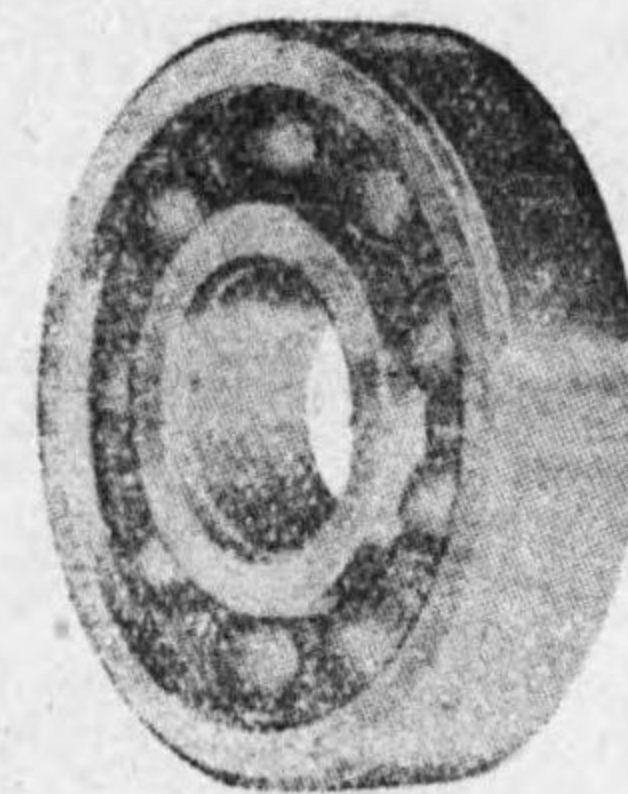
第3-11圖 豎軸承



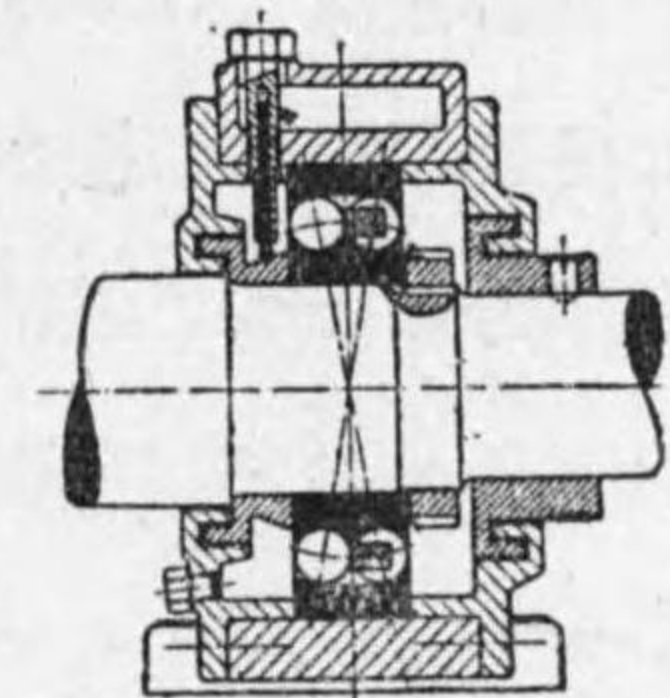
第3-12圖 釣軸承

軸と軸承との接觸する部分は砲金ブツシを入れるか減摩合金で裏付けする。軸と軸承間の摩擦を減ずるため、球入軸承 (Ball bearing) 或はコロ入り軸承 (Roller bearing) を用ふることが多い。

軸と軸承金との間に給油して摩擦を減ずる。

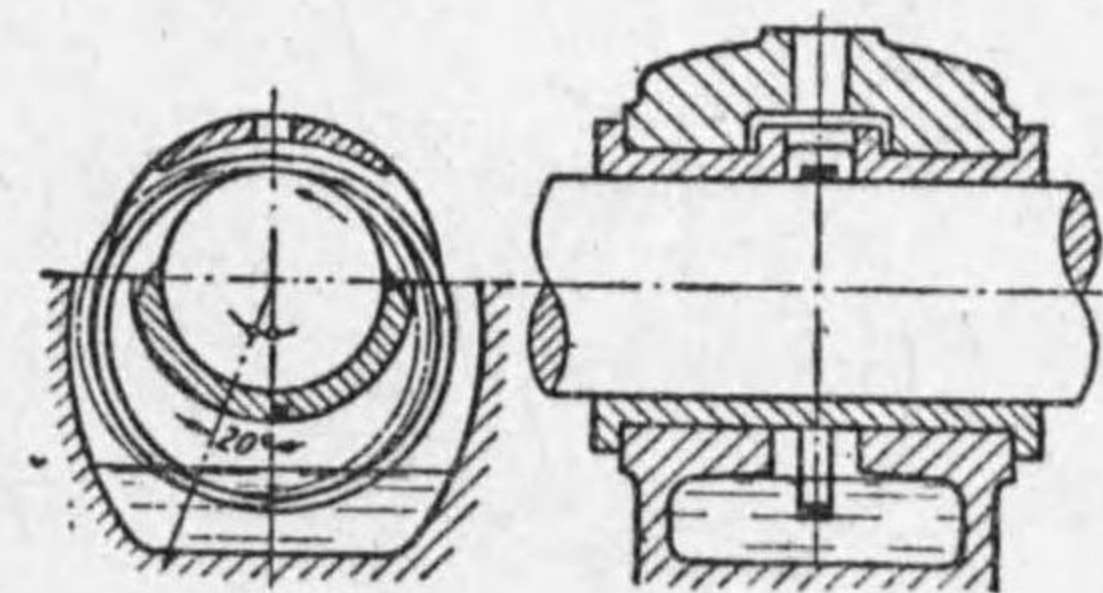


第3-13圖



第3-14圖 球入軸承

この油を潤滑油と言ひ、この潤滑油 (Lubricant) の循環を良くする爲第1-15圖の如く給油輪 (Oil ring) を入れて軸と共に廻轉し、或はポンプを用ひて強制的に油を循環せ



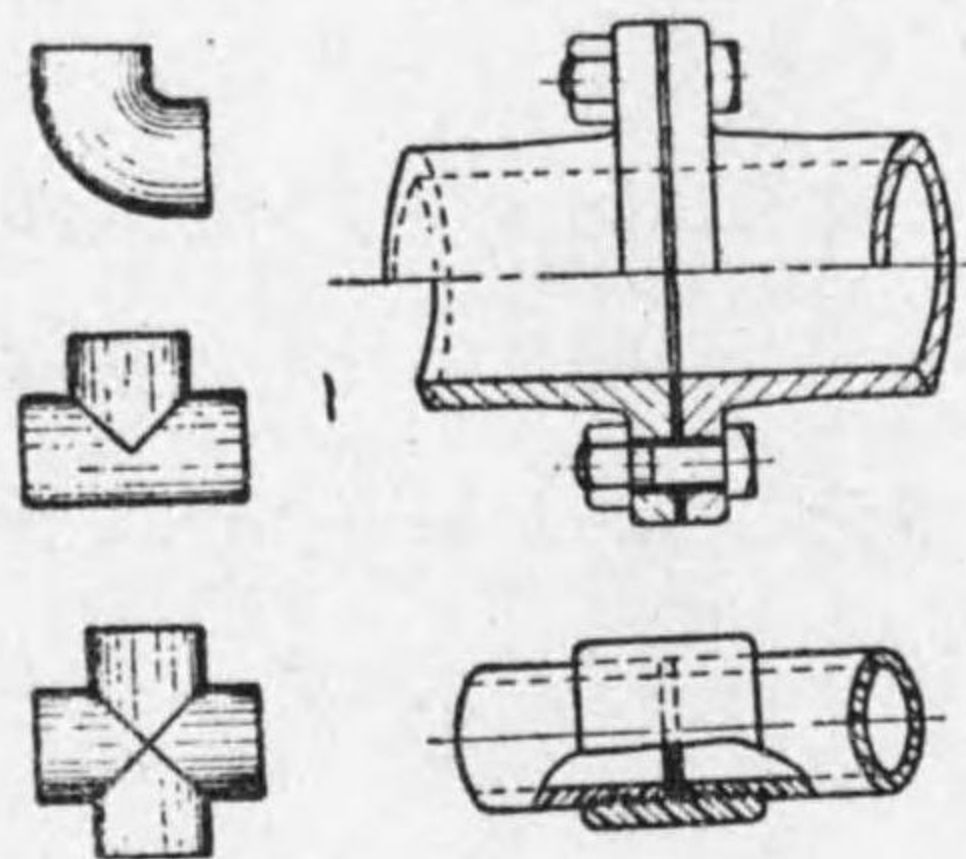
第3-15圖 給油輪軸承



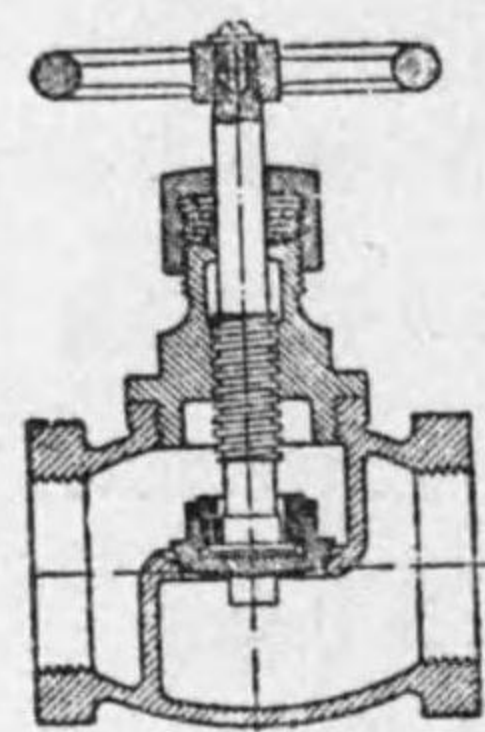
しめる強制潤滑法 (Forced Lubrication) もある。

### 6. 管 接 手

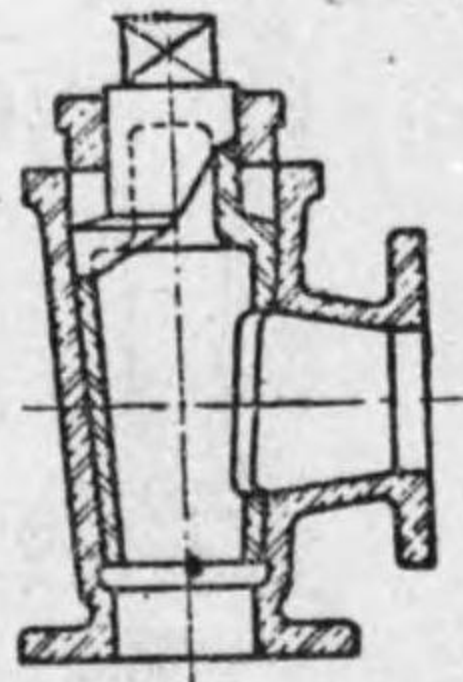
管には材質により鑄鐵管, 鋼管, 銅管, 真鍮管, 鉛管等がある。また工作の仕方により継目無引抜管, 重ね合せ銲接管に區別する。



第 3-16 圖 管接手



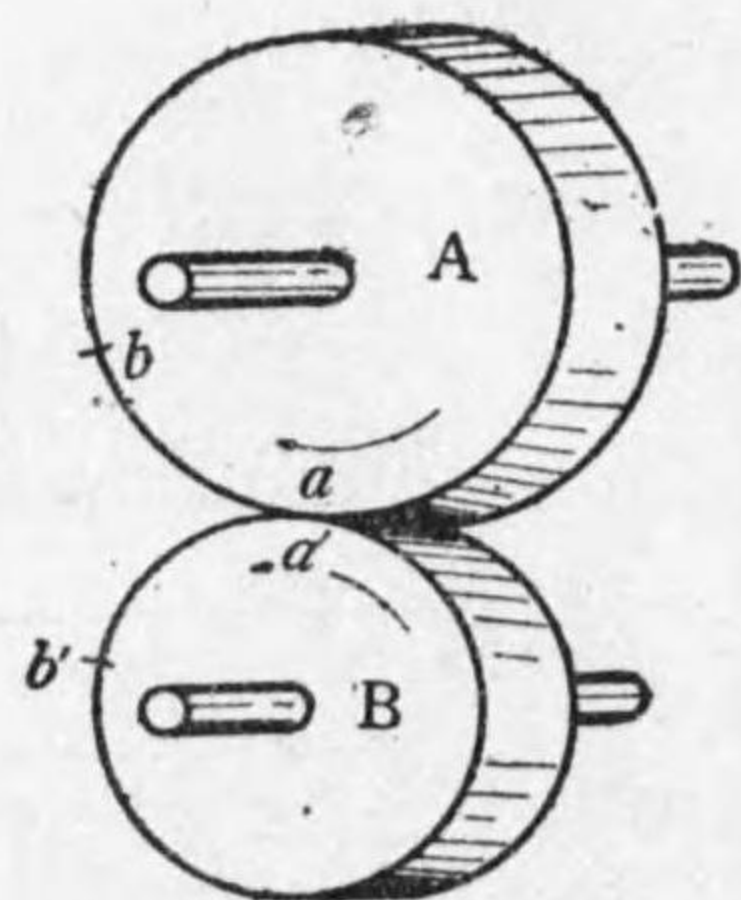
第 3-17 圖 球型弁



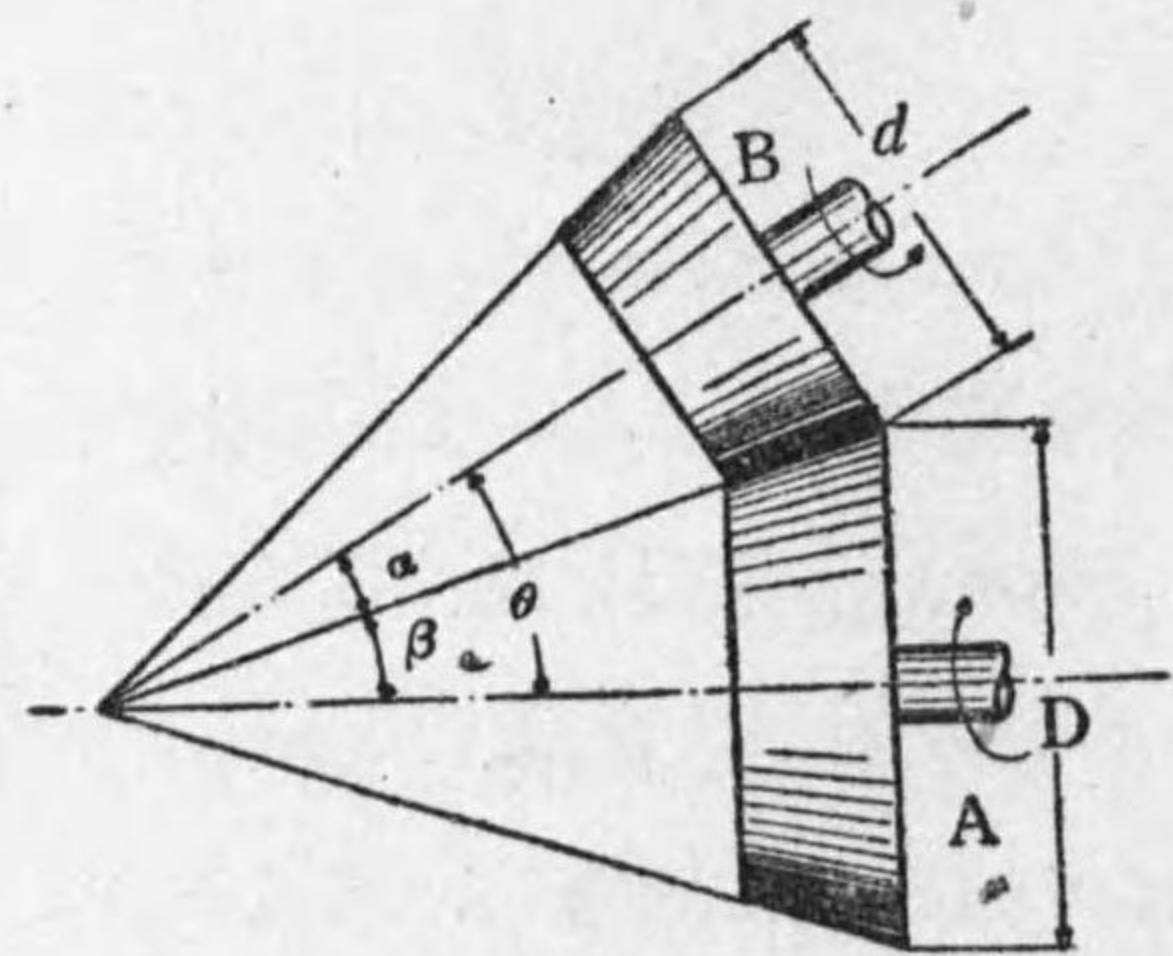
第 3-18 圖 肘コック

### 7. 摩擦傳動装置 Friction gearing.

原動車と受動車が互に轉がり接觸 (Rolling contact) をしつゝ其の接觸面の摩擦力によつて廻轉を傳へる方法を摩擦傳動装置と言ふ。

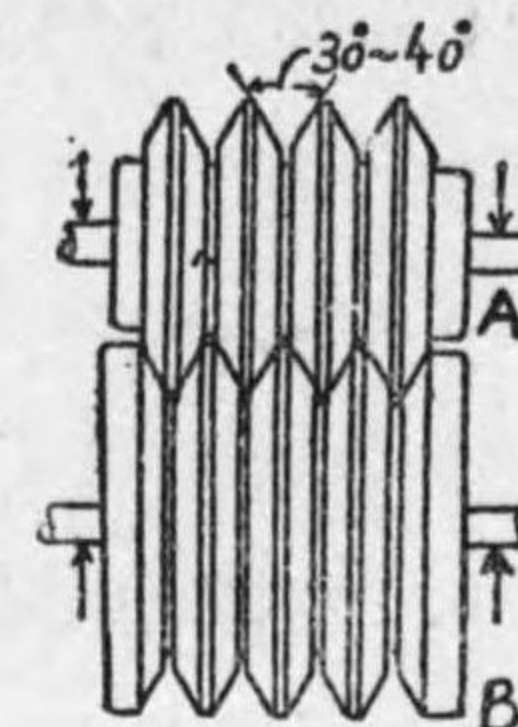


第 3-19 圖 圓筒摩擦車

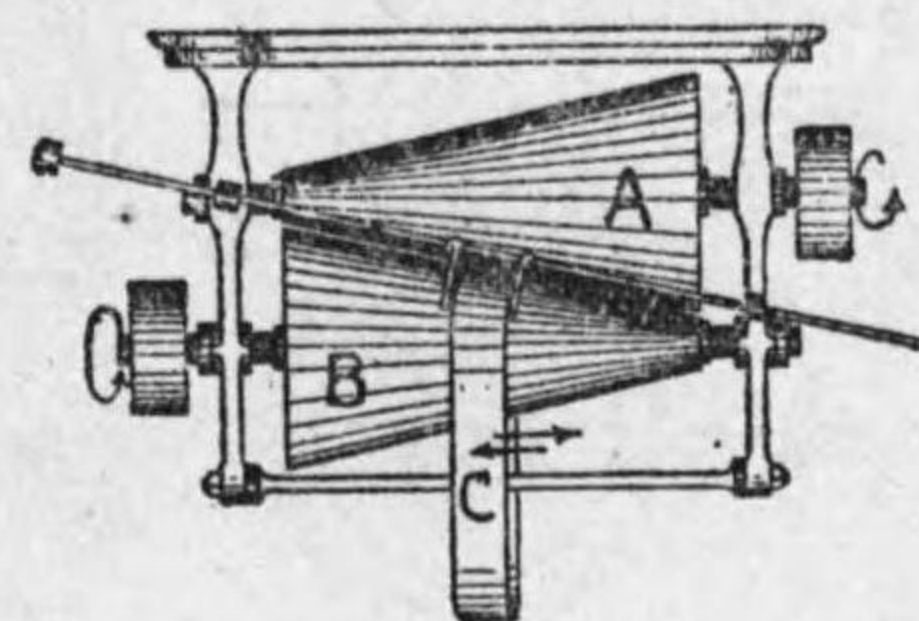


第 3-20 圖 外接圓錐摩擦車

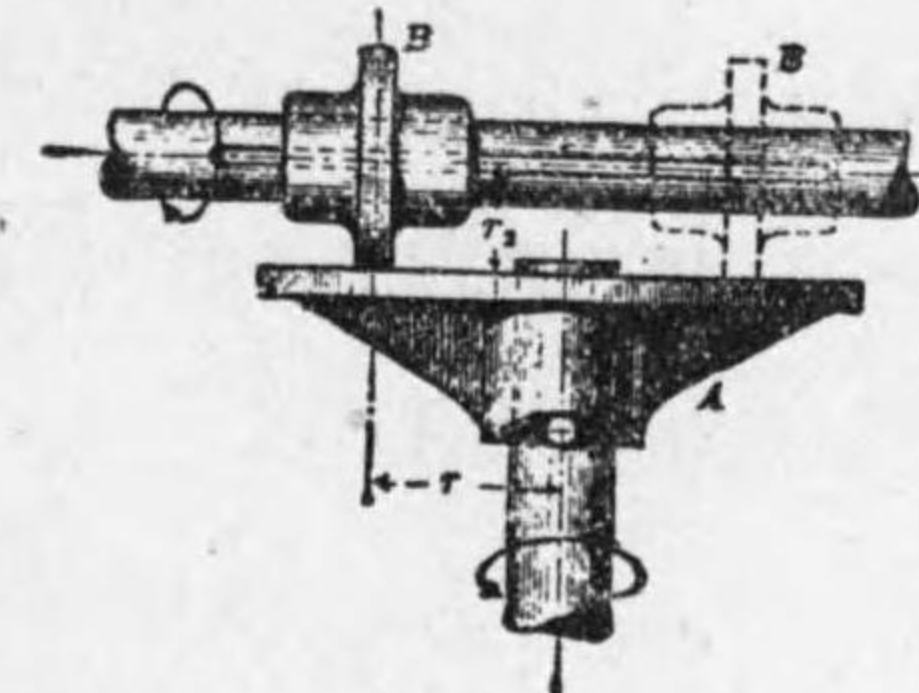
第 3-19圖は圓筒摩擦車 (Friction cylinder) を示し兩軸が平行なる場合に用ひられ, 第 3-20 圖は圓錐摩擦車 (Friction cone) と呼び兩軸が一點で相會する場合に用ひられる。いづれもその兩軸を壓して接觸面間に摩擦力を生せしむるを要す。圓錐摩擦車の直徑は大徑部の接觸端で測りその廻轉數は直徑に反比例する。摩擦力によるが故に兩車間に多少の滑り



第 3-21 圖 溝付摩擦車



第 3-22 圖 イーバンス圓錐摩擦



第 3-23 圖 圓盤ところ

(Slip) あるをまぬがれない。原動車を木材, 紙, ゴム, 革等で作 り或は之等をその車周に貼り摩擦力を増大する。

第 3-21圖は溝付摩擦車と言ひ, 互に楔の作用をして比較的大なる動力を傳へる。總て摩擦車は摩擦力による故大なる動力を傳へるには不適當であるが運轉圓滑で且靜肅である。第 3-22 圖はイーバンス圓錐摩擦車と言ひ, 革 C を左右に移動して受動車 B の廻轉數を變へる。第 3-23 圖は圓盤摩擦車 (Friction disk) と言ひ, 兩輛間の角は直角で圓盤 A と, ころ B とからなり, ころがその軸上を移動することにより圓盤軸の廻轉を加減することが出来る。

摩擦車の傳達馬力を計算するに第一章(15)式での切線力 F は次の



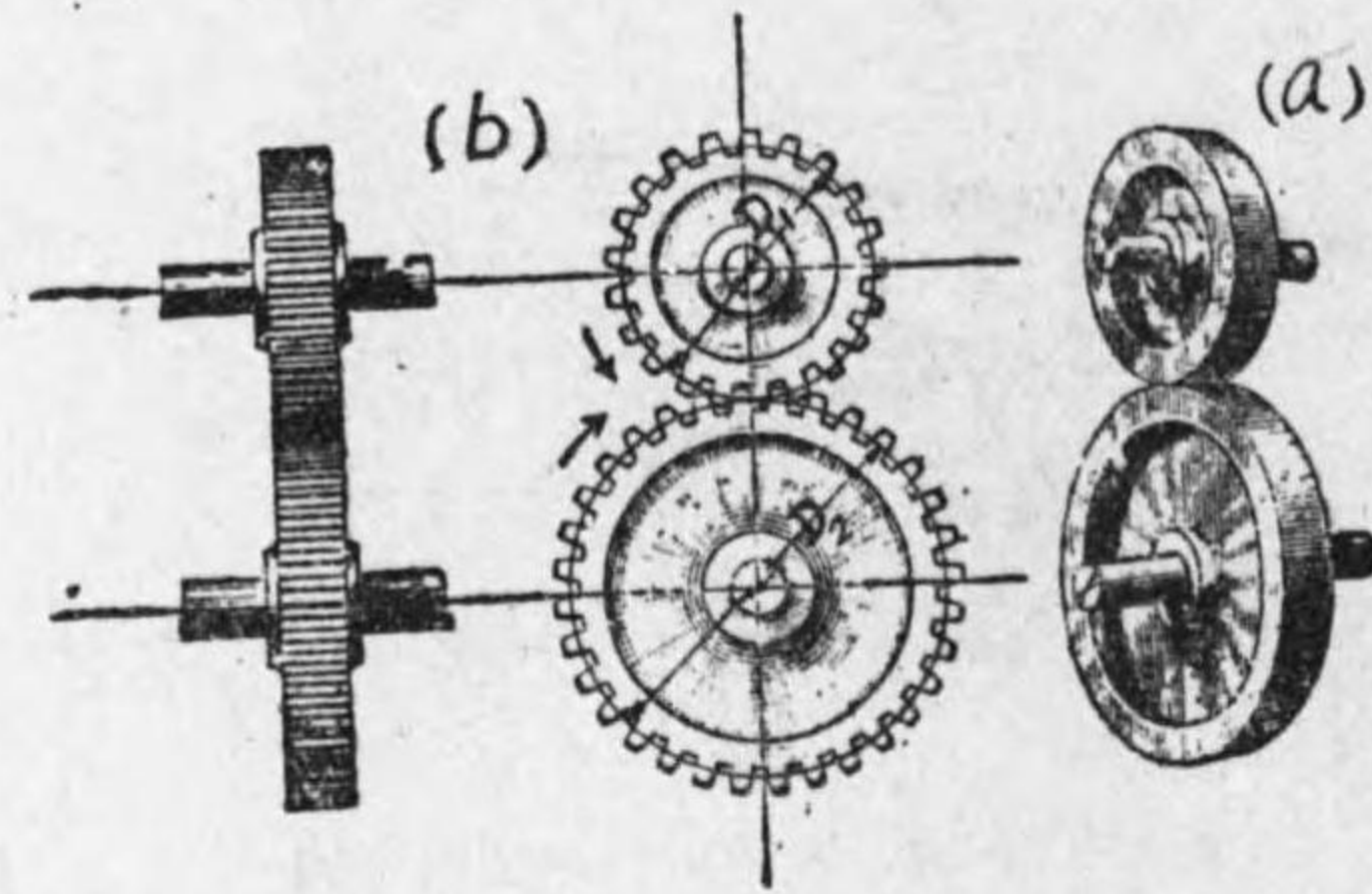
如くにして求められる。

$$\text{切線力}(F) = (\text{接触面の垂直圧力}) \times (\text{摩擦係数}) \dots\dots(1)$$

$$\text{傳達馬力, H.P} = \frac{2\pi rFN}{75 \times 60}$$

8. 齒車傳動装置 Toothed gearing.

摩擦傳動装置ではいづれも多少の滑り (Slip) はまぬがれないので正確な廻轉數を必要とする場合は摩擦傳動装置の兩接觸面に凹凸を刻むと大馬力でも正しく廻轉を傳ふることが出来る。これ即ち齒車でこの凹凸を齒 (Tooth) と言ふ。



第 3—24 圖 正齒車

1). 正齒車 (Spur gear)

は二軸が平行な場合第

3—24 圖(a)の様な圓筒摩擦車に (b) 圖の如く齒を附したもので之を正齒車と言ふ。圖中  $D_1, D_2$  を刻み圓直徑 (Dia. of pitch circle) と言ひその圓を刻み圓 (Pitch circle) と言ふ。

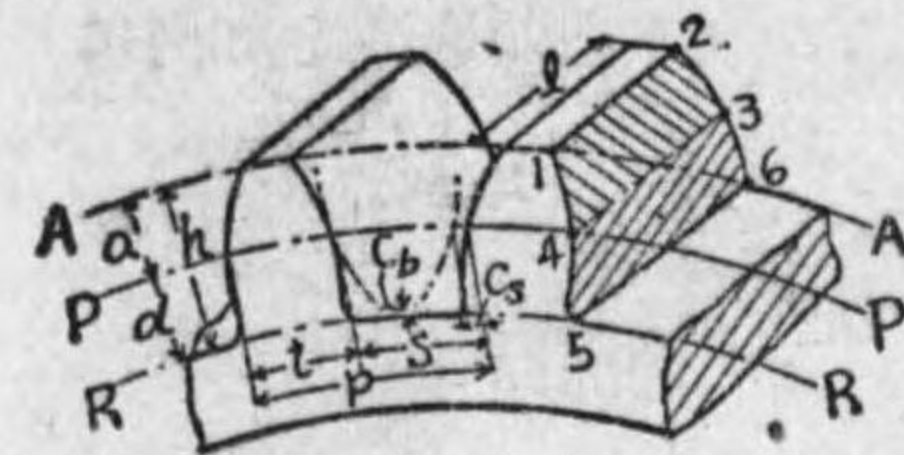
普通齒車の直徑と言ふのは刻み圓の直徑のことで、總ての計算はこの圓を基とする。第 3—25 圖で PP 圓は刻み圓を示す。

$p$  = 圓周刻み (Circular pitch)       $a$  = 齒末の丈 (Addendum)

$d$  = 齒本の丈 (Deddendum)       $l$  = 齒の巾 (Width)

圓 AA = 齒先圓 (Addendum circle)

また齒先圓の直徑を外徑と言ふ。



第 3—25 圖

齒型の大きさを表はすには次の如く、

圓周刻み (Circular pitch), モジュール (Modul), 直徑刻み (Diametral pitch) の

三種の方法がある。直徑刻み, は英式で

モジュールは米突式, 圓周刻みはそのいづれにも用ひられる。

$$\text{圓周刻み} = \frac{\pi \times \text{刻み圓の直徑}}{\text{齒 數}} \dots\dots(2)$$

$$\text{直徑刻み} = \frac{\text{齒 數}}{\text{刻み圓の直徑(吋にて)}} \dots\dots(3)$$

$$\text{モジュール} = \frac{\text{刻み圓の直徑(耗にて)}}{\text{齒 數}} \dots\dots(4)$$

第 3—25 圖中の齒の各部寸法割合は次表の如くである。機械切齒で、齒末の丈,  $a = 1.0M$  耗, 或は  $\frac{1}{S}$  吋は特に重要な寸法である。

第 2 表 齒車各部の寸法割合

表中の  $p$  は圓周刻み,  $S$  は直徑刻み,  $M$  はモジュール,  $D$  は刻み圓の直徑,  $T$  は齒數を示す。

部分名稱	記號	鑄放しの齒		機械切りの齒	
		耗單位	吋單位	耗單位	吋單位
齒末の丈	$a$	$0.3 p$	$0.3 p$	$1.0M$	$\frac{1}{S}$
齒本の丈	$d$	$0.4 p$	$0.4 p$	$1.1571M$	$\frac{1.1571}{S}$
齒の厚さ	$t$	$\frac{19}{40} p$	$0.48 p$	$1.5708M$	$\frac{1.5708}{S}$
刻み圓直徑	$D$	$\frac{Tp}{\pi}$		$T.M$	$\frac{T}{S}$



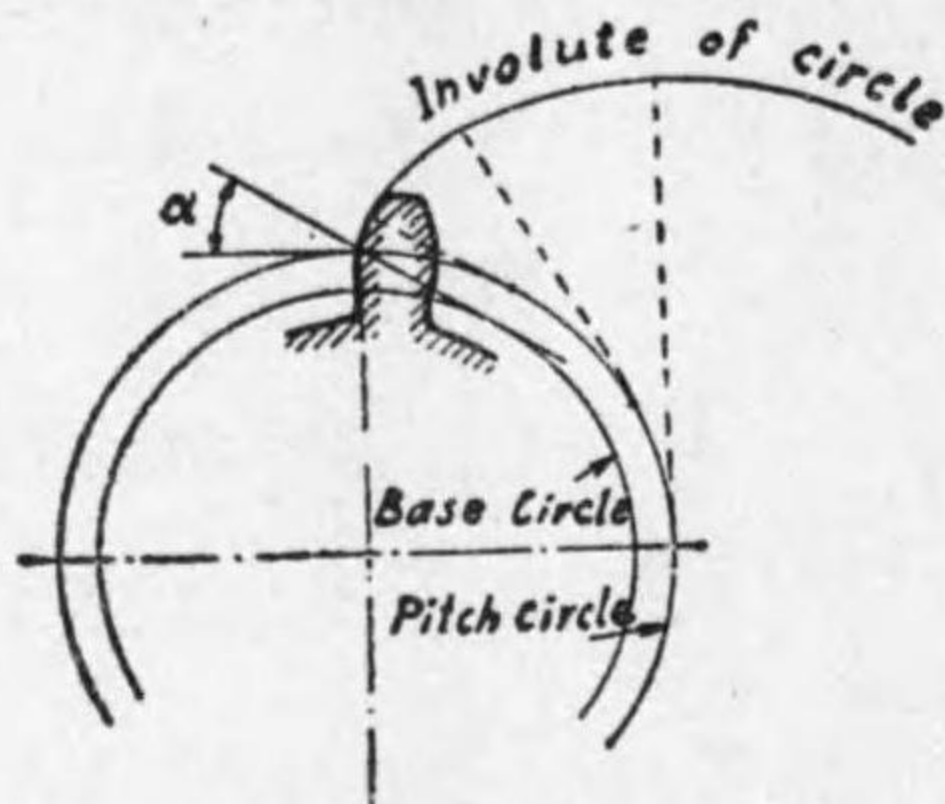
(例) モジュール 5 の齒 50 枚の齒車を作るにはその刻み圓の直径を如何にすべきや又外徑如何。

(解) (4)式より

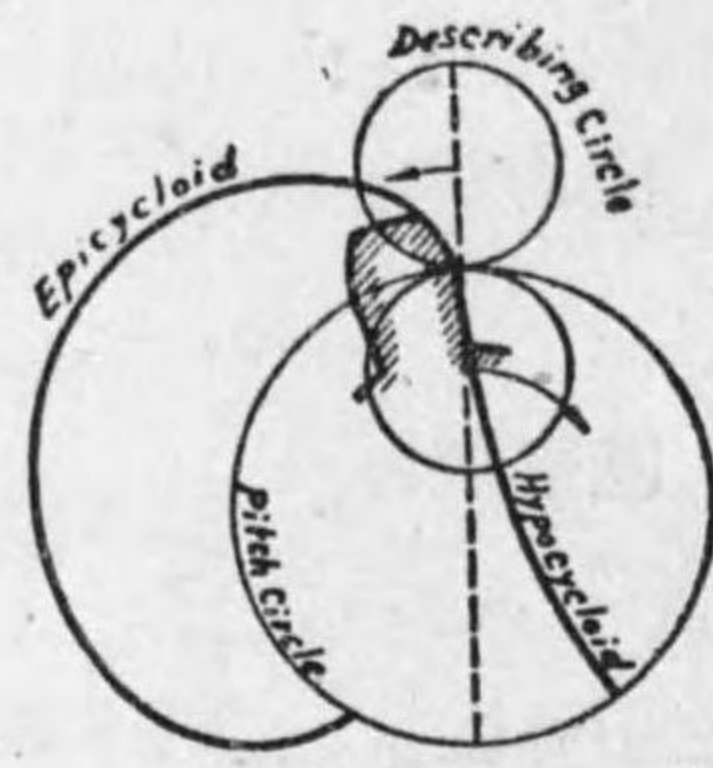
$5 = \frac{\text{刻み圓直径}}{50}$  故に刻み圓直径 =  $5 \times 50 = 250$  耗

表により  $a = 1.0 \times M = 1.0 \times 5 = 5.0$

外徑 = 刻み圓直径 +  $2a = 250 + 2 \times 5 = 260$  耗



第 3-26 圖



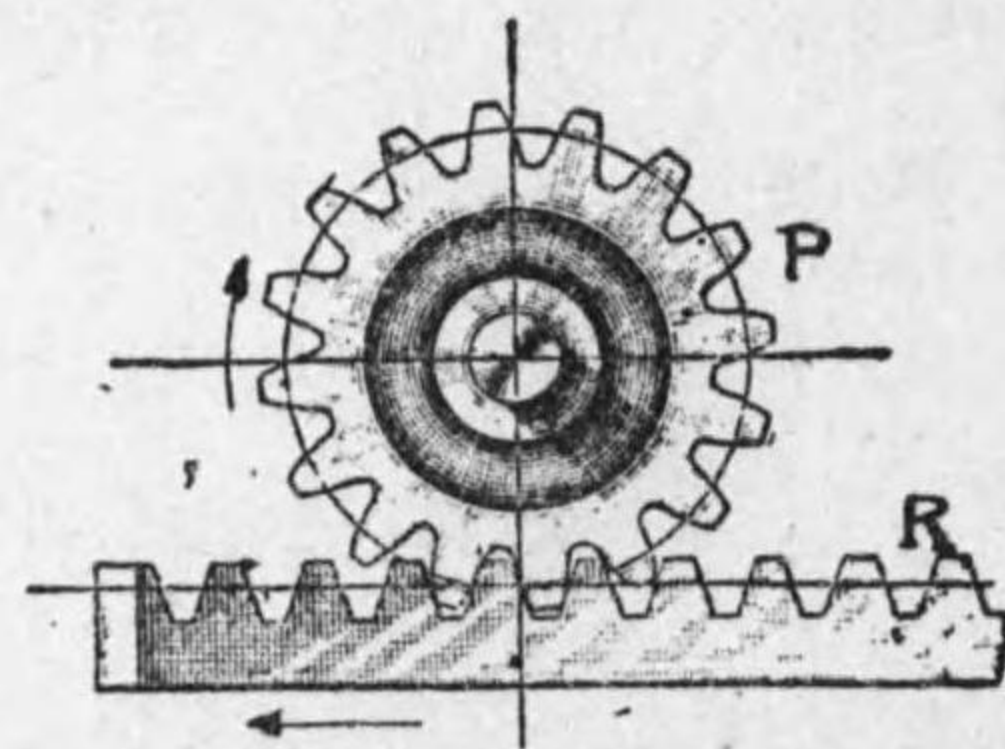
第 3-27 圖

齒形曲線はサイクロイド (Cycloid) と稱する曲線より成るものとインボリュート (Involute) と稱する曲線よりなるものがある。

普通インボリュートの方が多く用ひられる。サイクロイド齒は第 3-26 圖の如く轉圓が刻み圓周上を轉がるときその圓周上の一箇の畫く曲線で、インボリュート齒形は基圓 (Base circle) に巻かれた紐を引張りながら解くときその尖端の畫く曲線である。

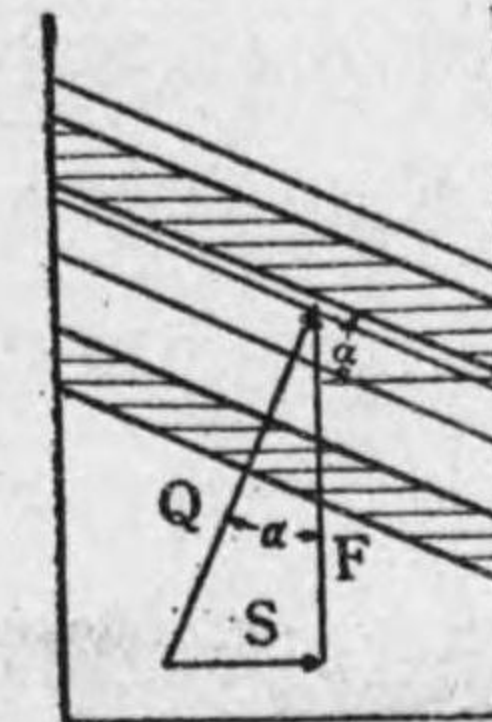
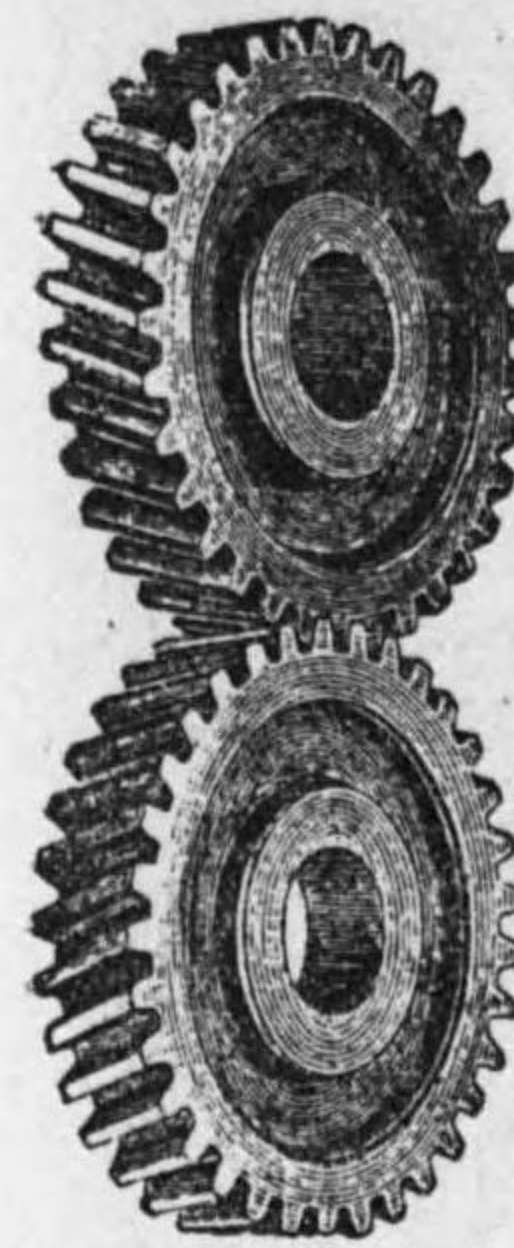
2). ラック (Rack) と、ピニオン (Pinion)

一方の齒車の直径が無限大となり刻み圓が直線になつたときは之をラックと言ひ圖でラック R が直線運動をすれば P は廻轉運動をする。また P が廻轉運動をすれば R は直線運動をする。小齒車 P をピニオンと言ふ。



第 3-28 圖 ラックとピニオン

3). ねぢれ齒車 (Helical gear)



第 3-30 圖

正齒車の齒を圖の如く傾斜させると、噛み合ひが連続的に行はれるから、運轉が圓滑で振動や音が少く高速運轉に堪へる。然し第 3-30 圖に示す様に傳達

力 F は軸の方向の分力 S を生じ

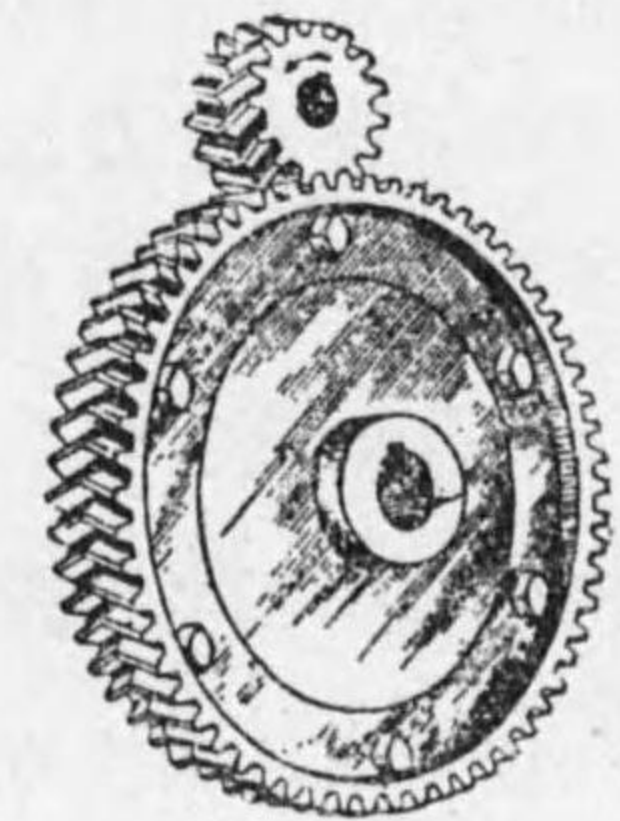
軸承に悪影響を及ぼす故第 3-31 圖の如く傾斜角を反對に向けたものを一體にした二重ねぢれ齒車

第 3-29 圖 ねぢ齒車 (Double helical gear) を用ふるとこの推力 (Thrust)

は打消されてその弊害を除くことが出来る。大馬力の傳達や高度の減速装置 (Reduction gear) として用ひられる。

4). 傘齒車 (Bevel gear)

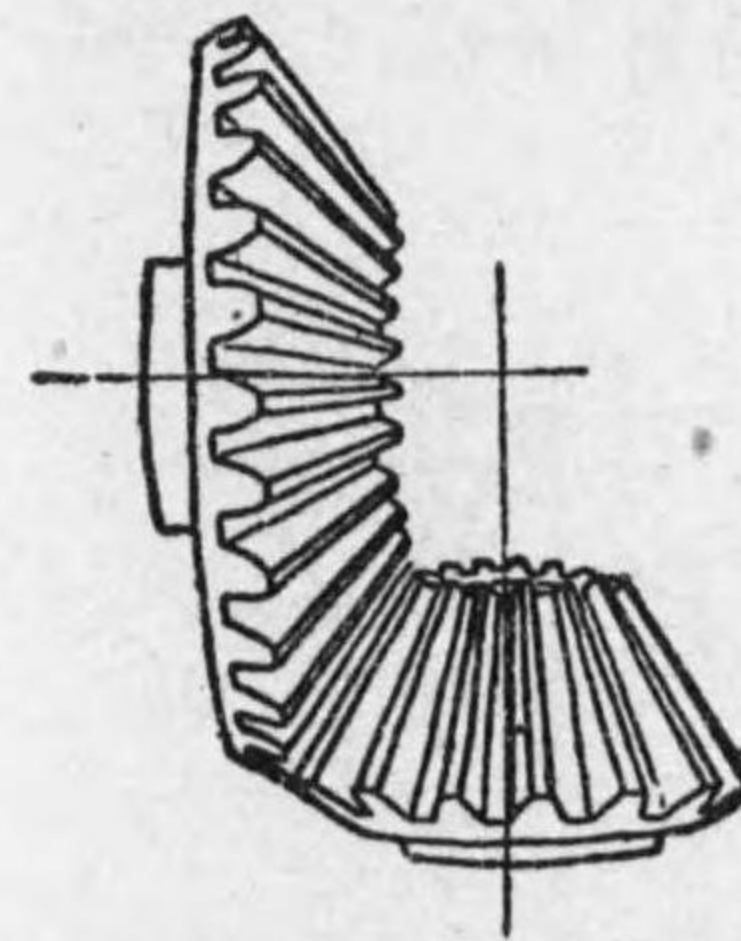
圓錐摩擦車の接觸面に齒を附けたもので、軸が一點にて相會する場合に用ひられる。この齒車の直径は圓錐摩擦車としたときの大徑部の直



第 3-31 圖

徑で測る。その他圓周刻み、モジュール等總てこの徑を基として計算する。

5). 芋虫齒車傳動装置 (Worm gearing)



第 3-32 圖



第 3-33 圖 芋虫齒車



第3—33圖の如く原動車をねちとし受動をこれに噛合ふ齒車としたとき、ねちの方を芋虫(Worm), 齒車の方を芋虫齒車(Worm gear)と言ふ。兩軸は直角で相交はらず。芋虫より芋虫齒車を廻はすことは出来るがその反對は不可能である。芋虫の螺旋が一條の場合は芋虫一廻轉につき芋虫齒車の一齒が進み、二條のときは二齒が、三條のとき三齒が進むから、丁度芋虫の條數がその齒數と考へればよい。

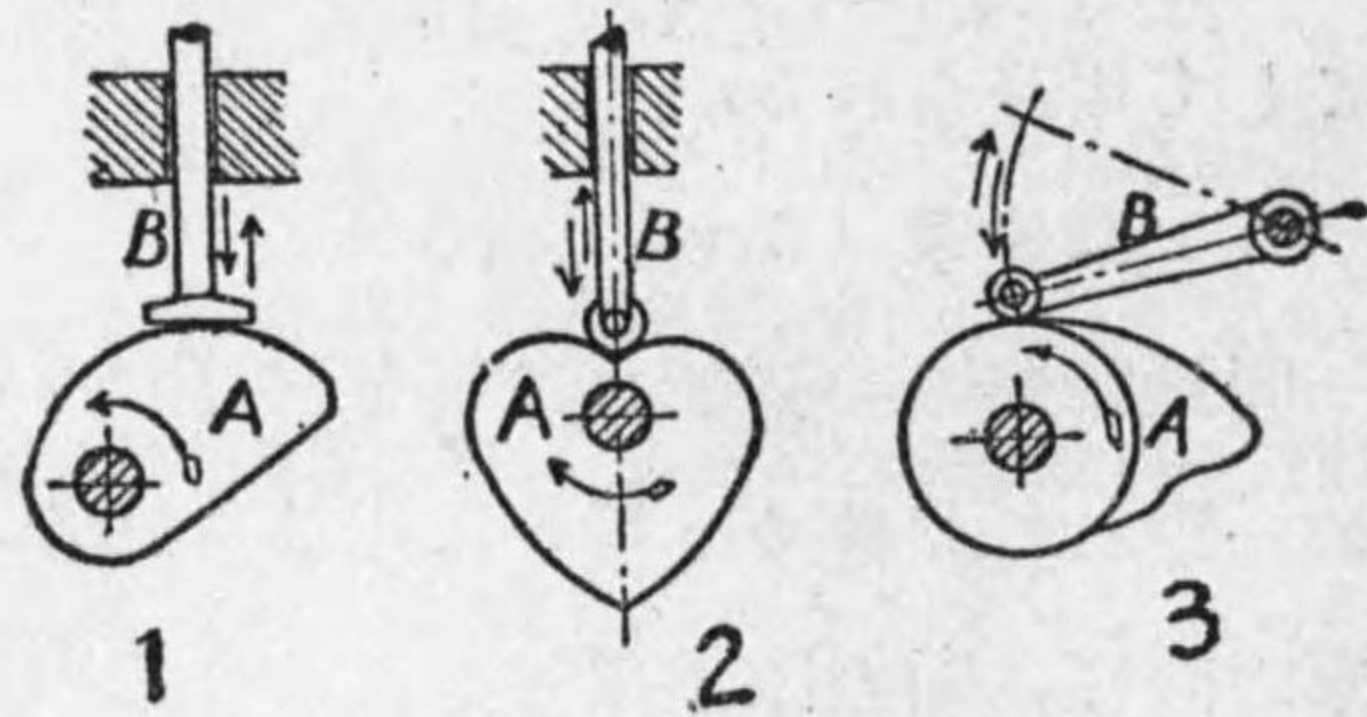
$$\frac{\text{芋虫齒車の廻轉數}}{\text{芋虫の廻轉數}} = \frac{\text{芋虫の條數}}{\text{芋虫齒車の齒數}} \dots\dots(5)$$

この装置は大なる減速をなすとき用ひられるが摩擦が大きく大馬力の連續運轉に適しない、また双方の軸に推力が働く缺點がある。

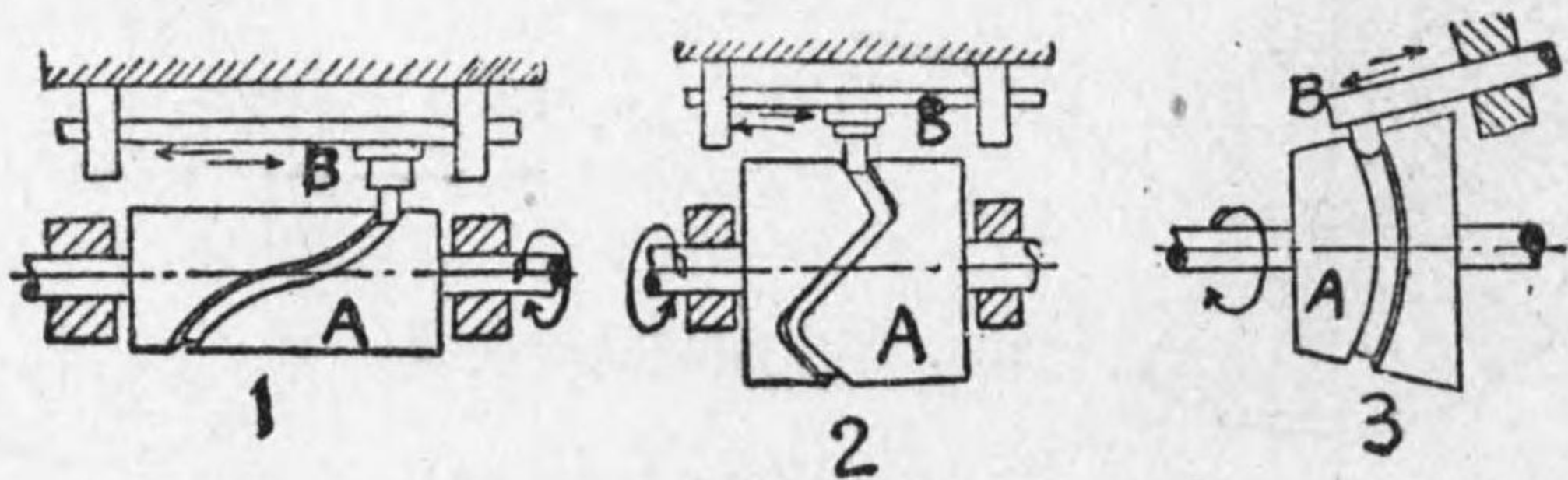
9. カム Cam.

曲線状の外形又は溝を有する原動節で受動節に周期的の運動を起させる機構をカム(Cam)と謂ひ、受動節に特種の運動を與へることが出来る。

板カム(Plate cam)は最も多く用ひられ内燃機關の弁の開閉は殆どこの型式に屬する。2は特にハート・カム(Heart cam)と言ひ、受動節に等速度運動を起させる。



第3—34圖 板カム

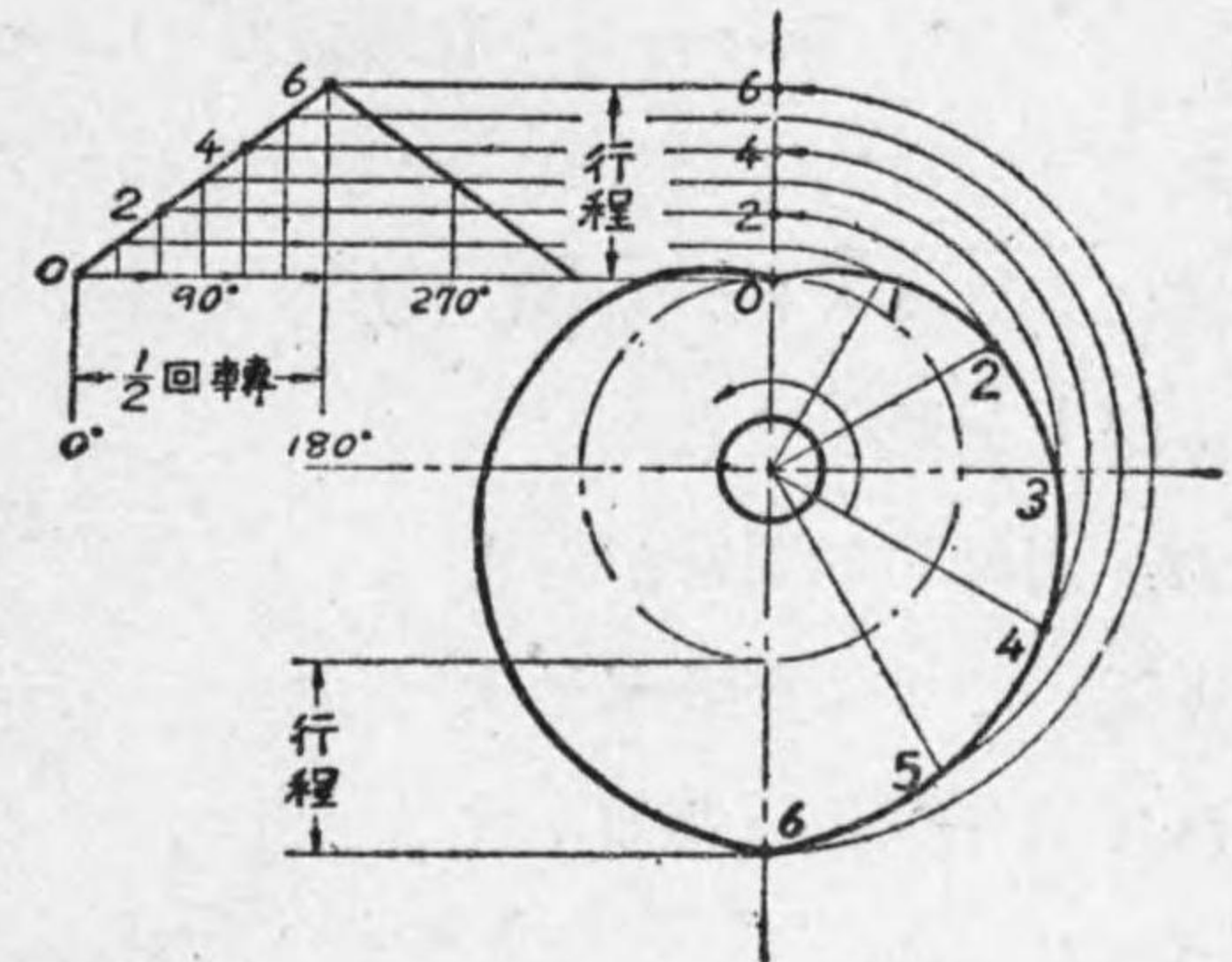


第3—35圖

第3—35圖の1, 2は圓筒カム3は圓錐カムと言ふ。

第3—36圖はハートカムの畫法を示し受動節は右上の0—6間を等速度で上下するものとし、この行程を任意の數に等分し、次にカム軸の周に任意の半徑の圓を書きその半周をこれと同數に等分して廻轉軸より行程の等分點に至る距離をこの圓周の等分線上に移して123456の點を滑らかな曲線

で結びカムの半分の形を得他の半分も全く同様にして求めることが出来る。



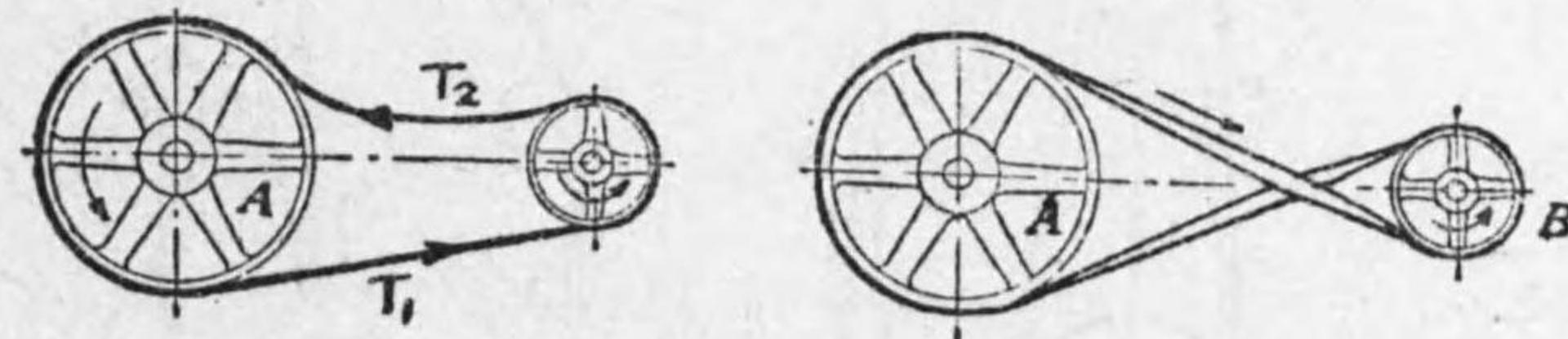
第3—36圖 ハートカムの畫法

10. ベルト傳動装置

Belting

稍遠距離にある二軸間に廻轉運動を傳へるに最も多

く用ひられ兩軸に調車(Belt pulley)を固定してその間にベルト(Belt)を掛けて動力を傳へる。二軸が平行であるときのベルトの掛け方には(a)けさ掛け(Open belt)と(b)たすき掛け(Crossed belt)との二通りあり。(a)の場合は兩軸は同方向に廻轉し、(b)の場合は反對方向



第3—37圖 ベルトの掛方

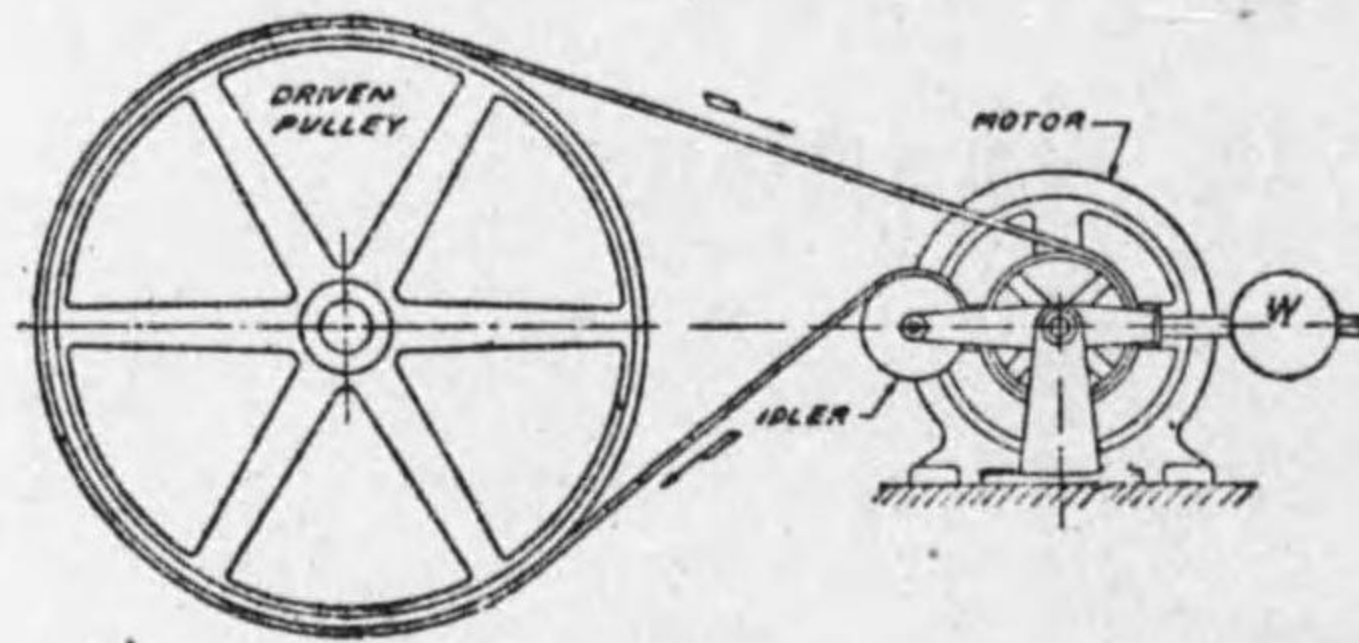
に廻る。二つの調車の廻轉數はベルトが滑らないものとするとその直徑に反比例する。第3—37圖で調車が矢の



方向に廻轉すれば  $T_1$  の側は引張られ  $T_2$  の側は弛む。 $T_1$  側を引張り側 (Tension side) と言ひ  $T_2$  側を弛み側 (Slack side) と言ふ。 $T_1$  を引張側の張力、 $T_2$  を弛み側の張力、 $V$  をベルトの速度米/秒で表はせばベルトの傳へる馬力 H.P は

$$H.P = \frac{(T_1 - T_2) \times V}{75} \dots\dots(6)$$

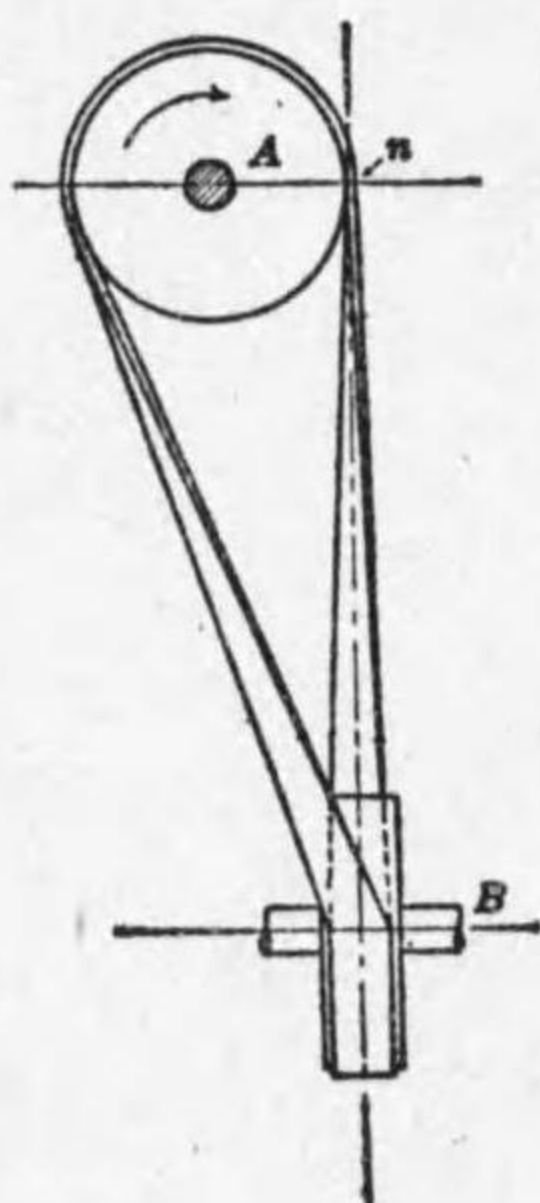
$(T_1 - T_2)$  をベルトの有効張力 (Effective tension) と言ひ  $T_1$  は普通  $T_2$  の約二倍である。ベルトを掛けるには常に弛み側を上になる様にしてベルトが調車に接觸する部分を多くし摩擦力の増大をはかり滑りを減少せねばならぬ。兩軸間の距離があまり近いときは緊張車を入れて第3-38圖の如くせねばならぬ。



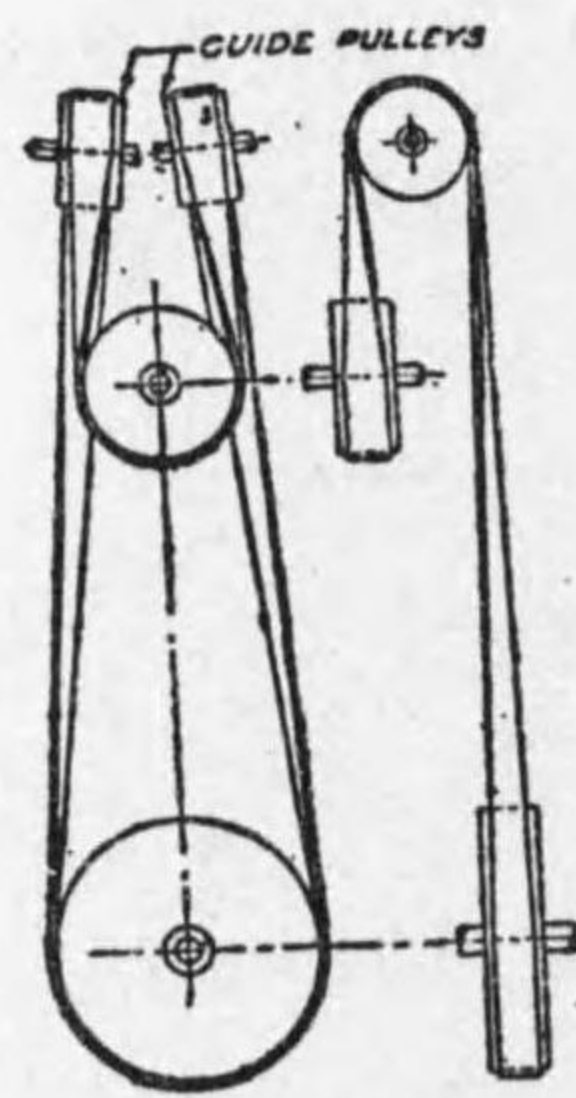
第 3-38 圖

二軸が平行でない場合

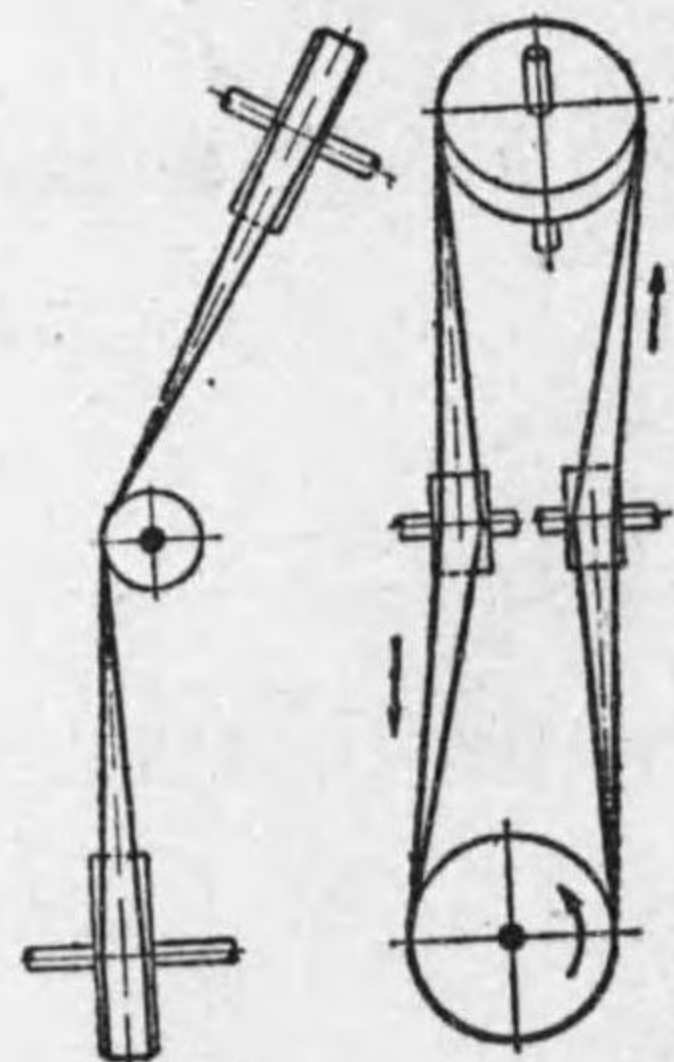
ベルトを掛けるには常に巻込まれるベルトの中心線が巻込む車のリ



第 3-39 圖



第 3-40 圖



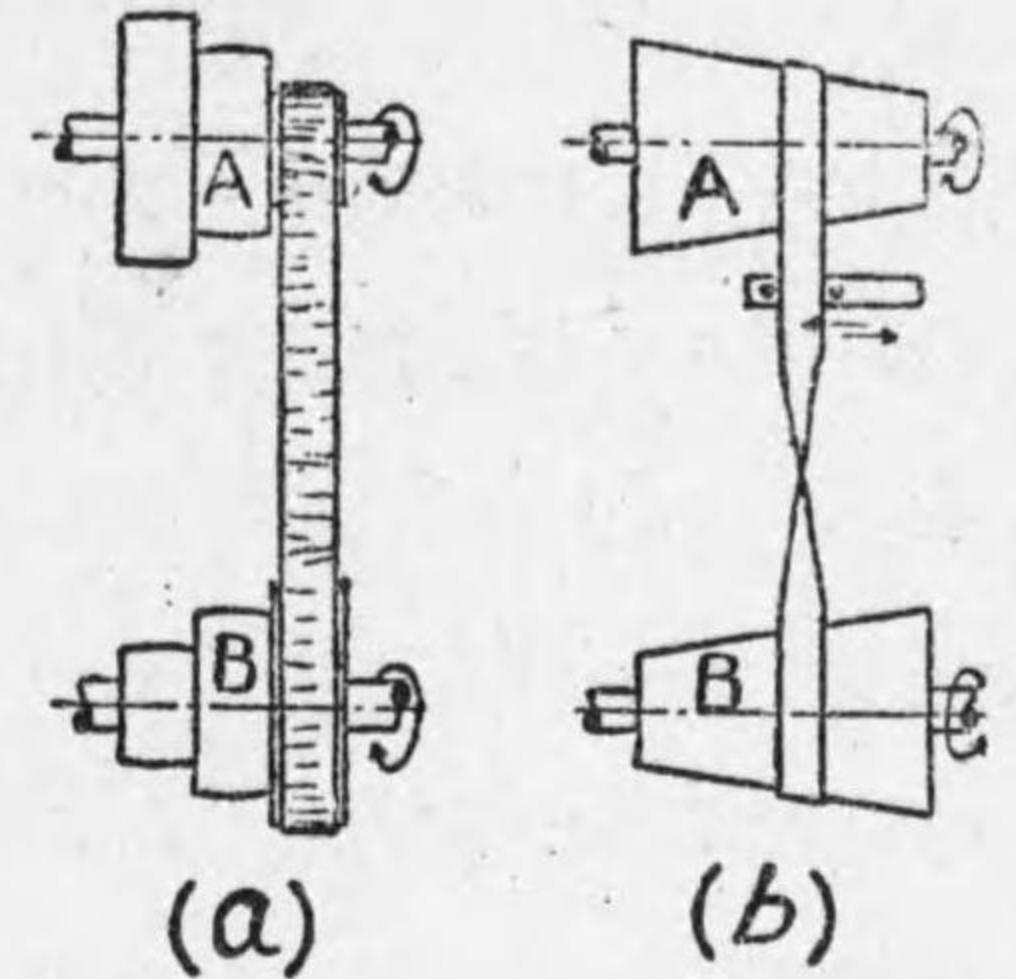
第 3-41 圖

$\Delta$  の中心線と一致せねばならぬ。従つてこの配置のまゝでは逆廻轉は不能であつて圖の如く案内車を附けるとよい。

廻轉數の一定な軸より受動軸に種々な廻轉速度を傳ふるには段車 (Stepped pulley) か圓錐調車 (Cone pulley) を用ふる。

ベルトの材料は革、織物、ゴム等であるが時には薄鋼板を用ひることもある。

ベルトの兩端を繼ぎ合はせるには革で作つた紐で縫ひ合はせるか鉸や

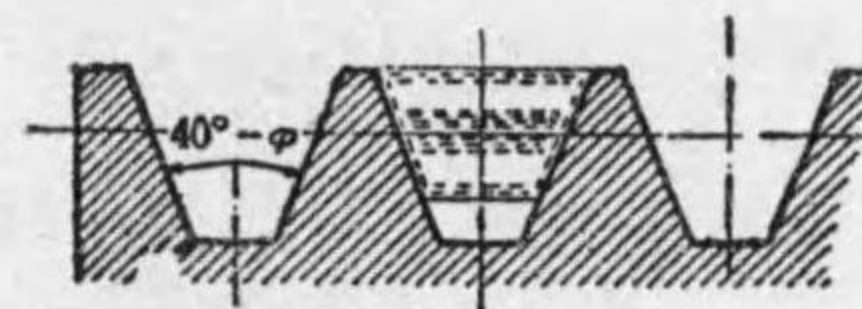


第 3-42 圖 段車と圓錐調車

その他の金具を用ふる。

### 11. V型ベルト V Belt

二軸間の距離が小さく、二つの調車の直徑の比が大なる場合にはベルトと車との接觸面が少く普通のベルトでは滑りが大となるから、V型の溝を有する車にV型のベルトを掛けると接觸面を増大して滑りを



第 3-43 圖 Vベルト溝車

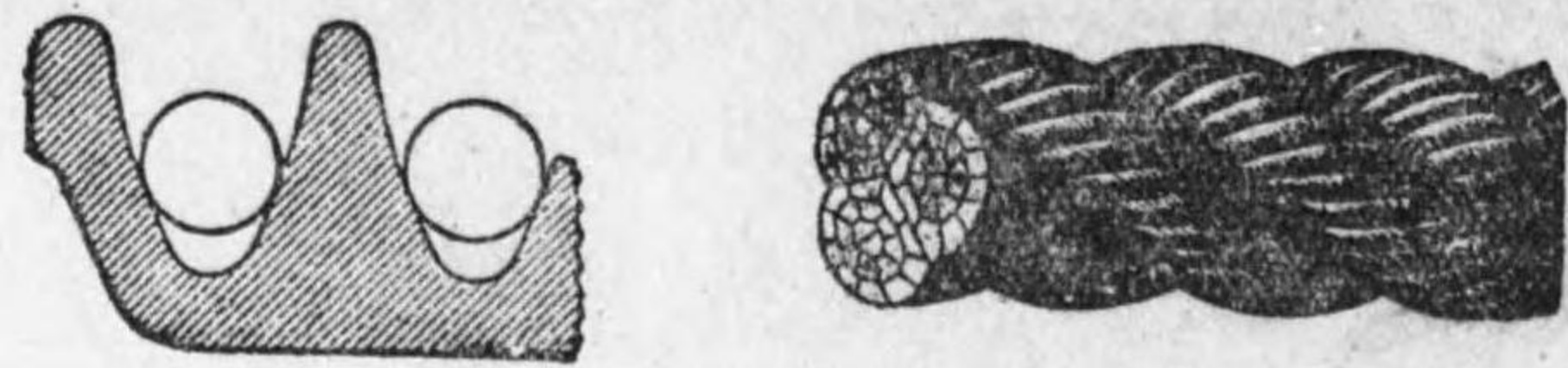
を少しく圓滑なる運轉が得られる、調車の直徑比は  $\frac{1}{10}$  位まで使用出來且軸距離を短縮出來るから近時盛んに各方面に用ひられる様になつた。

離を短縮出來るから近時盛んに各方面に用ひられる様になつた。

### 12. ロープ傳動装置 Rope gearing.

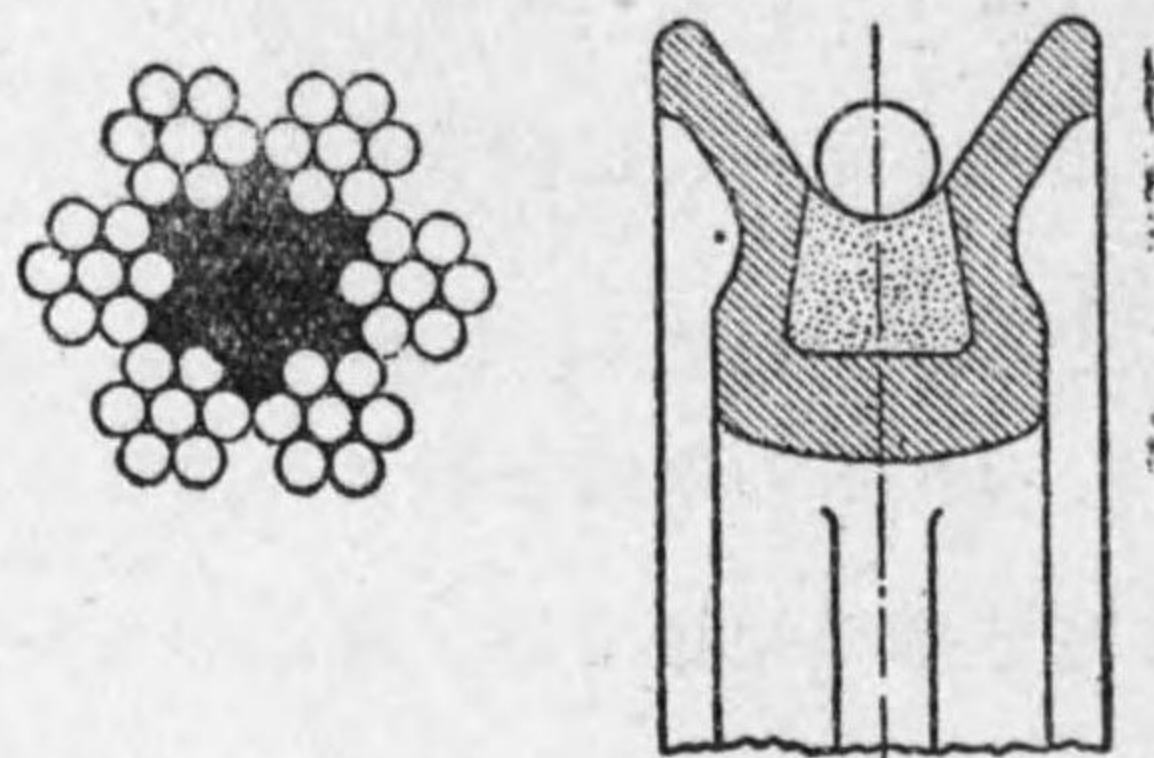
大なる動力を傳へる場合又は遠距離傳動用としてロープ傳動装置が用ひられる。





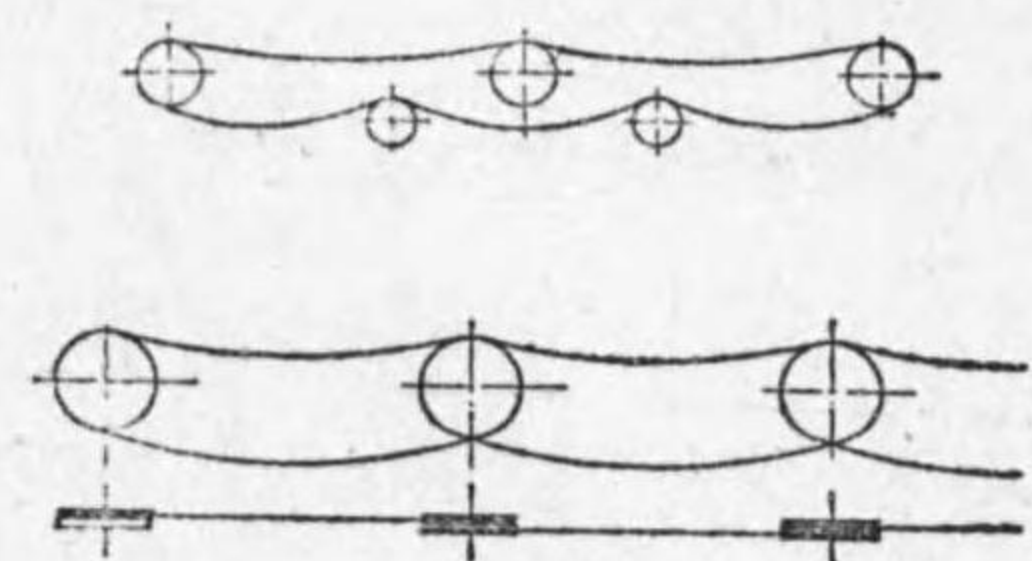
第 3-44 圖 纖維ロープと溝車

ロープには木綿ロープ (Cotton rope), 麻ロープ (Hemp rope)等の纖維ロープと鋼針金で作った鋼索 (Wire rope) とがある。纖維ロープ用の車では溝にロープを喰込ませて溝の傾斜面との摩擦で傳動を行ひ、ロープは車の溝底に接しない様にする。鋼索用の車は鋼



第 3-45 圖 鋼索と鋼索車

索の損傷を防ぐため溝の底に接觸せしめ溝底に檜等の硬質の木を嵌める。然し溝底の木は摩耗が激しくその取替へに多大の費用と手数を要するから近時直接鋼索と溝車の金屬とを接觸せしめ木を嵌めないものが多い。鋼索車の直径は鋼索の直径の百倍以上にせぬと彎曲



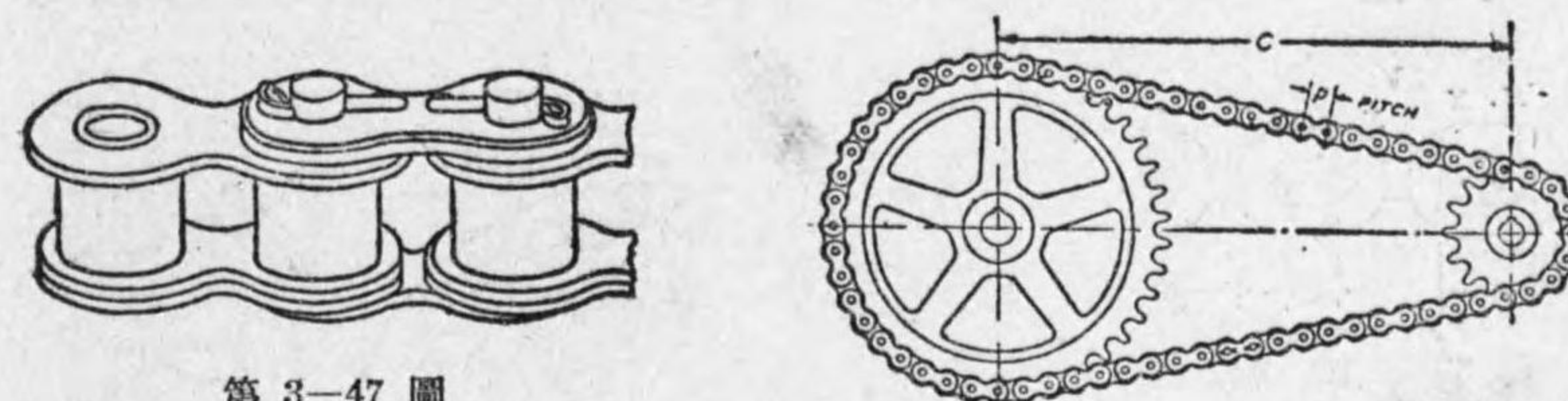
第 3-46 圖

應力のため鋼索に悪影響を與へる。鋼索にて遠距離傳動をなす場合兩軸間の距離が長いと鋼索はその自重のためにカテナリー (Catenary) と稱する曲線状に撓むから適當な間隔に案内車を設けて之を支へるか又は中繼車を使ふ必要がある。第 3-46 圖上は前者を、下は後者を示す。

13. 鎖傳動装置 Chain gearing.

比較的近距离にある二軸間に低速度で大馬力を傳へ絶対に滑りを起さない様な目的には鎖傳動装置を用ふる。

一般傳動用には第 3-47 圖の様なブロック鎖 (Block chain) を用ひ、この鎖に適する鎖車 (Sprocket wheel) によつて傳動する。

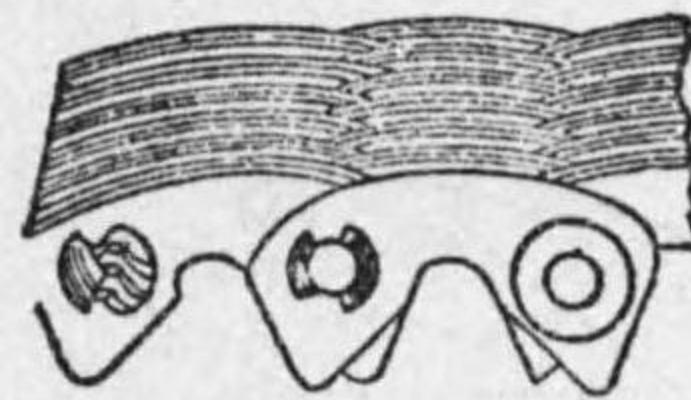


第 3-47 圖

第 3-48 圖

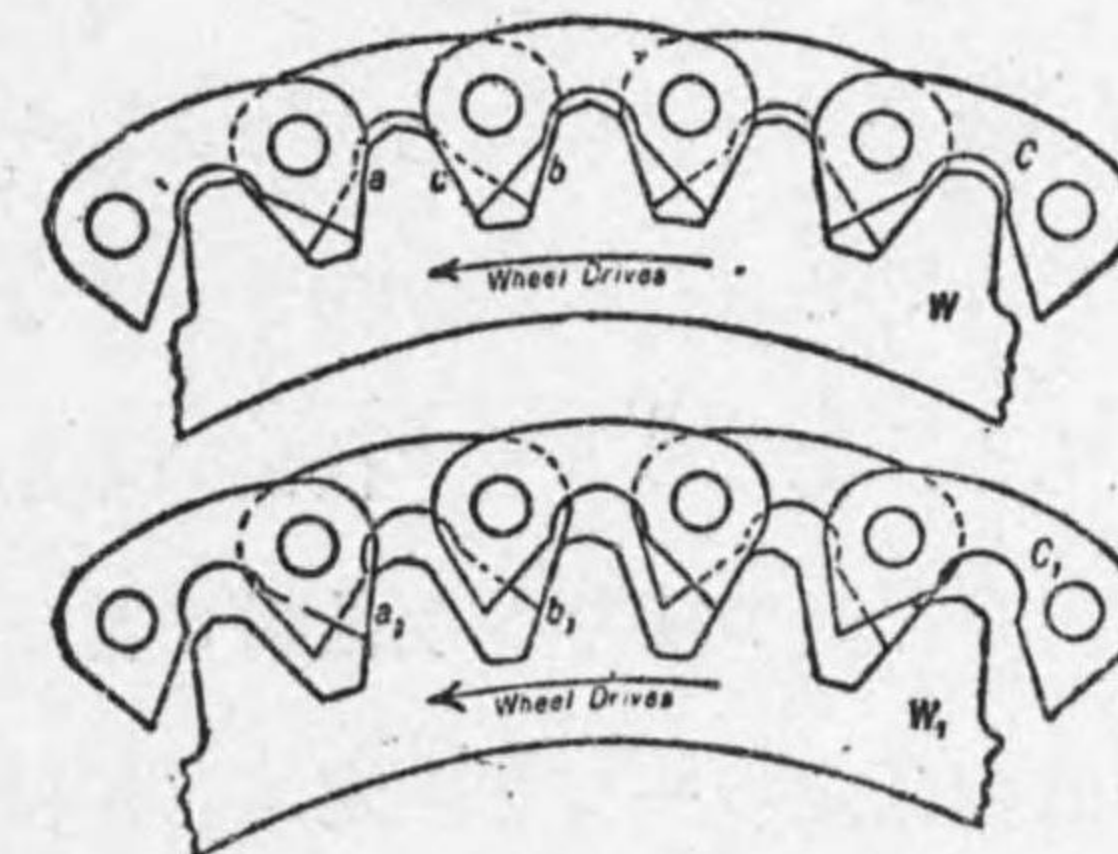
この鎖はまたコロ (Roller) の入つて居るものと入つて居らぬものがある。鎖の線速度は 2-3 米/秒が適當である。この種の鎖を永く使用して居る内にピッチが伸びて鎖車と嚙合が悪くなり、音を出して外れることがある。

音無鎖 (Silent chain) は高速度の傳動用に適し鎖の爪が鎖車に密着



第 3-49 圖 音無鎖

し、嚙合ひの始めにも音を出すことが無くまた永く使用して



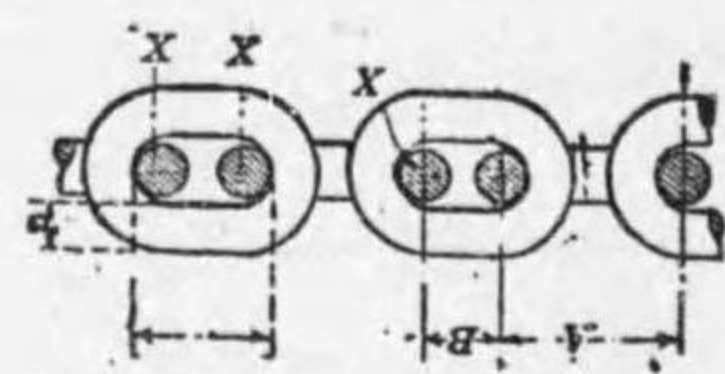
第 3-50 圖 無鎖

鎖のピッチと鎖車のピッチとが多少異つて來ても第 3-50 圖下の如



く鎖は歯の先の方で噛合ひ、この場合でも騒音を出すことや外れる様なことはなく9米/秒位までの速さで運轉することが出来る。

荷揚用には隋圓形の輪を連ねた輪形鎖を用ひ、これに使用する鎖車は第3-52圖の如くである。重い重量のものを揚げるに用ひられる。その他コンベヤ (Conveyer) 等に用ふる鎖は鎖に籠を附する



第3-51圖 輪形鎖

ことが出来籠は鎖と共に運動する様になつて居る。

14. リンク仕掛

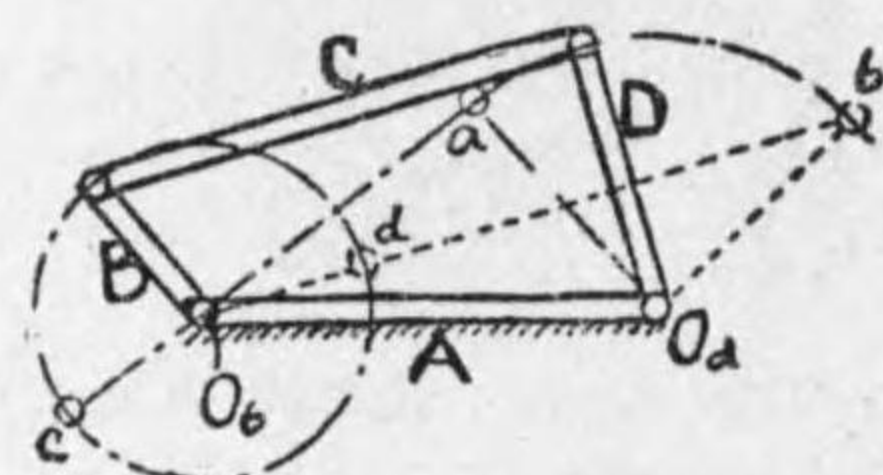
細長い棒をピンで接合

した機構をリンク仕掛と謂

ひ、摩擦少く、運動輕快で傳動確實であるから廣く應用せられる。

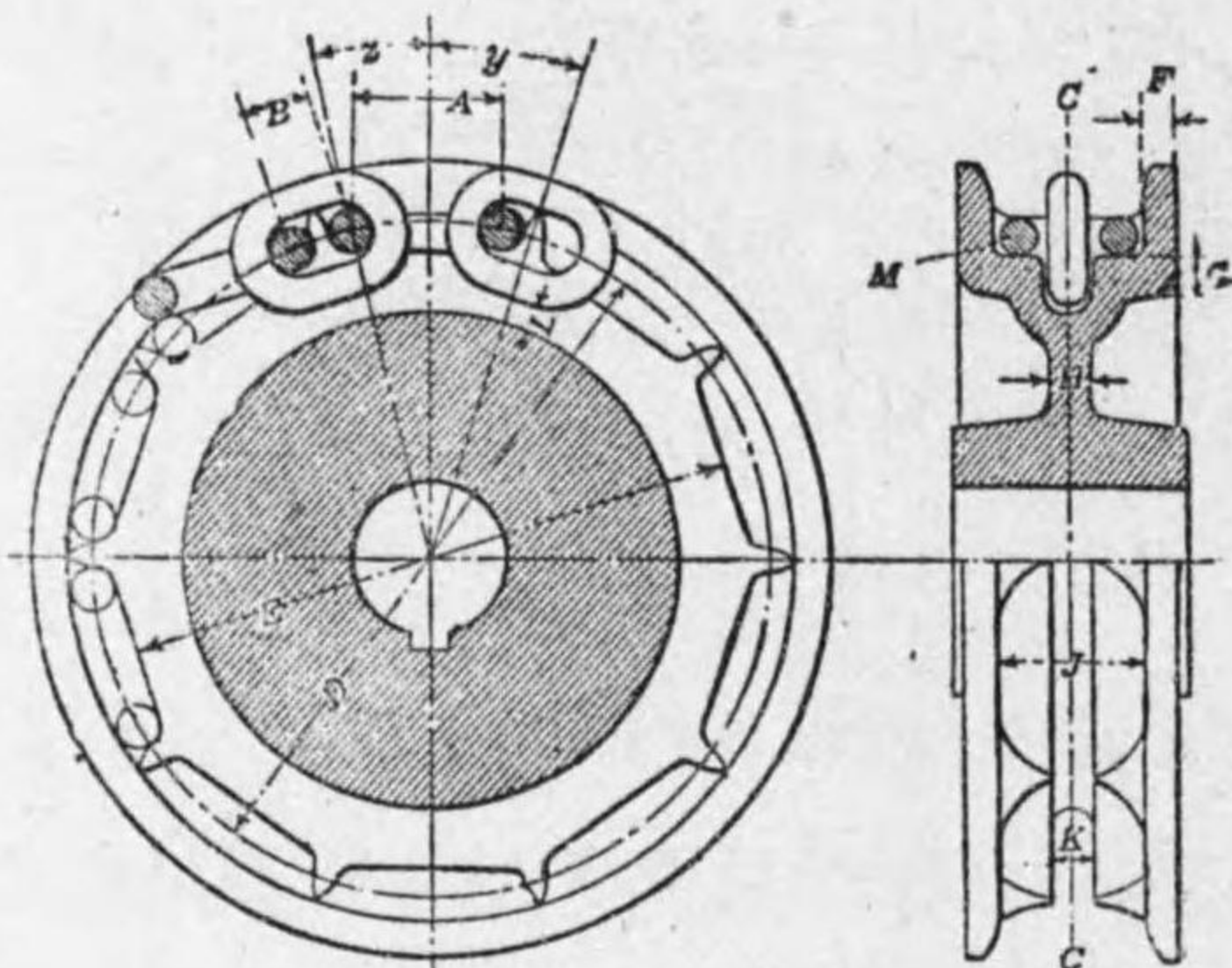
1). 四つ棒リンク仕掛

リンク仕掛を構成する各々の棒をリンク(Link)と言ひ、四個のリンクよりなるものは總てのリンク仕掛の基本となる。之を四つ棒リンク仕掛と言ひ、



第3-53圖 四つ棒リンク仕掛

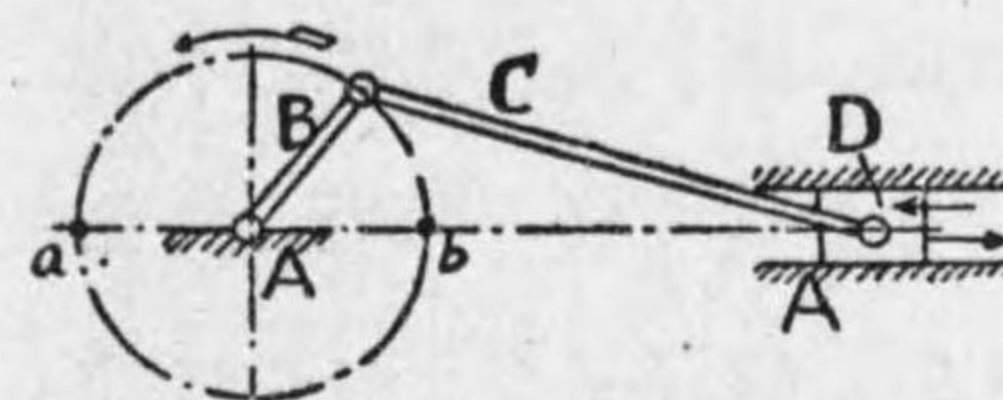
其の内の任意の一つを固定すれば種々異なる機構が出来る。圖にてAを固定しObを中心としてBのリンクを廻轉させるとCを経てDのリンクはOdを中心として左右に動搖す。此の場合Bの如く全廻轉



第3-52圖 荷揚用鎖車

するものをクランク (Crank) と稱し、Dの如く動搖するものを挺子 (Lever), Cの如くクランクと挺子を連結するリンクを連桿 (Connecting rod) と呼び、又Aの如く固定せるものをフレーム (Frame) と言ふ。

2). 滑り子とクランクの機構



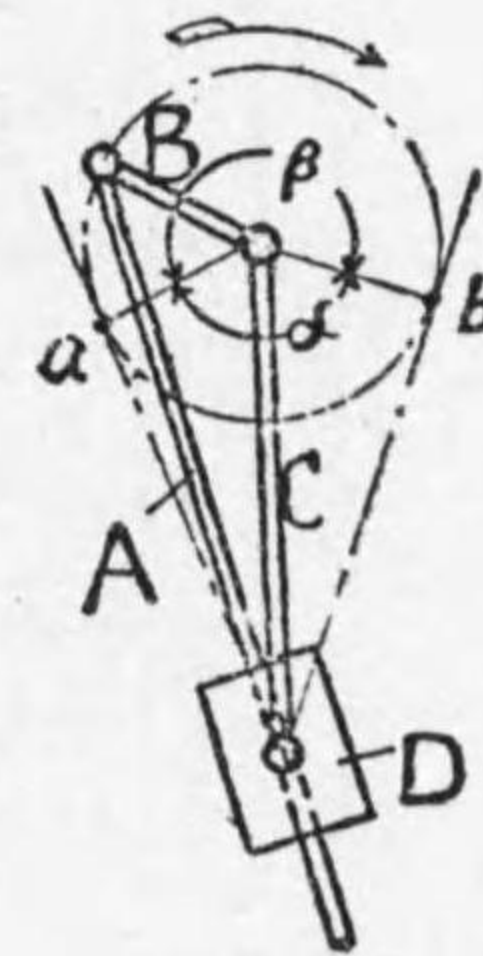
第3-54圖 蒸汽機關

四つ棒リンク仕掛の内の一つのリンクを滑り子 (Slider) に變へたものを滑り子とクランクの機構と言ひ、

蒸汽機關や内燃機關、ポンプ等に廣く應用せられる。第3-54圖でCのリンクはBよりも長く、Aはフレーム、Dは滑り子とする。蒸汽機關ではDの滑り子をピストン (Piston) と言ひ、蒸氣の壓力で之を往復させるとBはクランクになつて廻轉する。ポンプではこれの逆の運動をする。

3). 早戻り運動 (Quick return motion)

滑り子とクランク機構で連桿Cを固定すると、クランクBが廻ればリンクAはDの滑り子と共に左右に搖れる。Aはクランク圓に切線なる位置aより右へ搖れ初めクランクがβ角だけ廻つてbの位置より左に搖れ返る。この場合β角はα角よりも大であるからクランクが同じ速さで廻轉して居てもAは右に搖れるときと左へ搖れるときは速さが異なる。斯様なものを早戻り運動と言ふ。





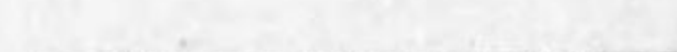
第3-55圖

第二節 製圖



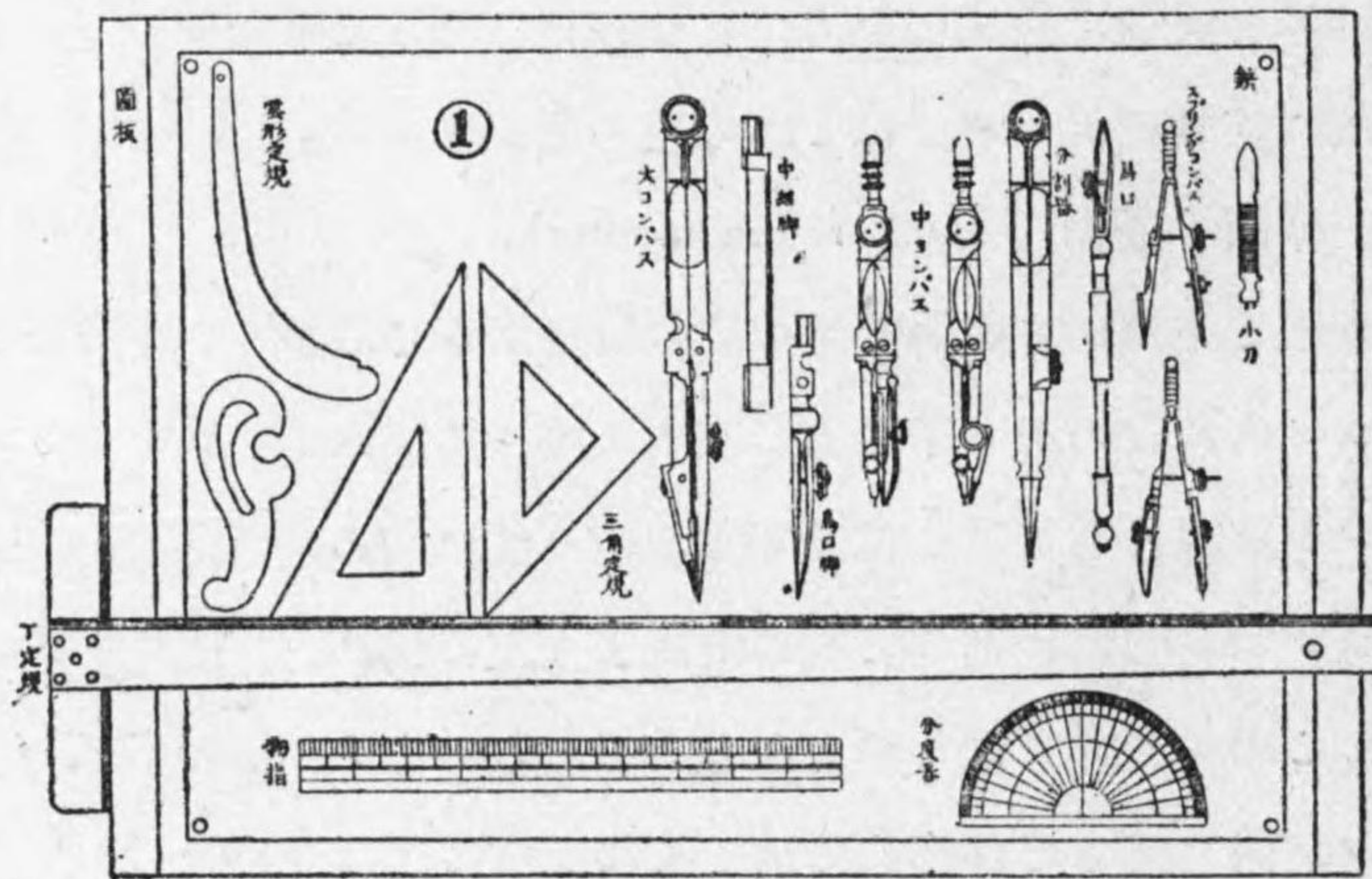
### 1. 線 Line

線の種類は普通次の三種である。實線は物體の見得べき部分を示し、又は寸法線に用ひ、點線 (Dotted line) は物體の見えない部分を示すに用ふ。鎖線 (Chain line) は次の如き場合に用ふ。中心線、

	實 線	切斷箇所を表はす線、削り代を表はす線、圖面に畫かれた物體の手前に在る部分を表はす線、物體の關係位置を示す爲に隣接部分を參考に畫く線、但しいづれも細い實線で之に代用してもよい。
	點 線	
	鎖 線	

第 3-56 圖 線

### 2. 製 圖 用 具 Drawing Instrument



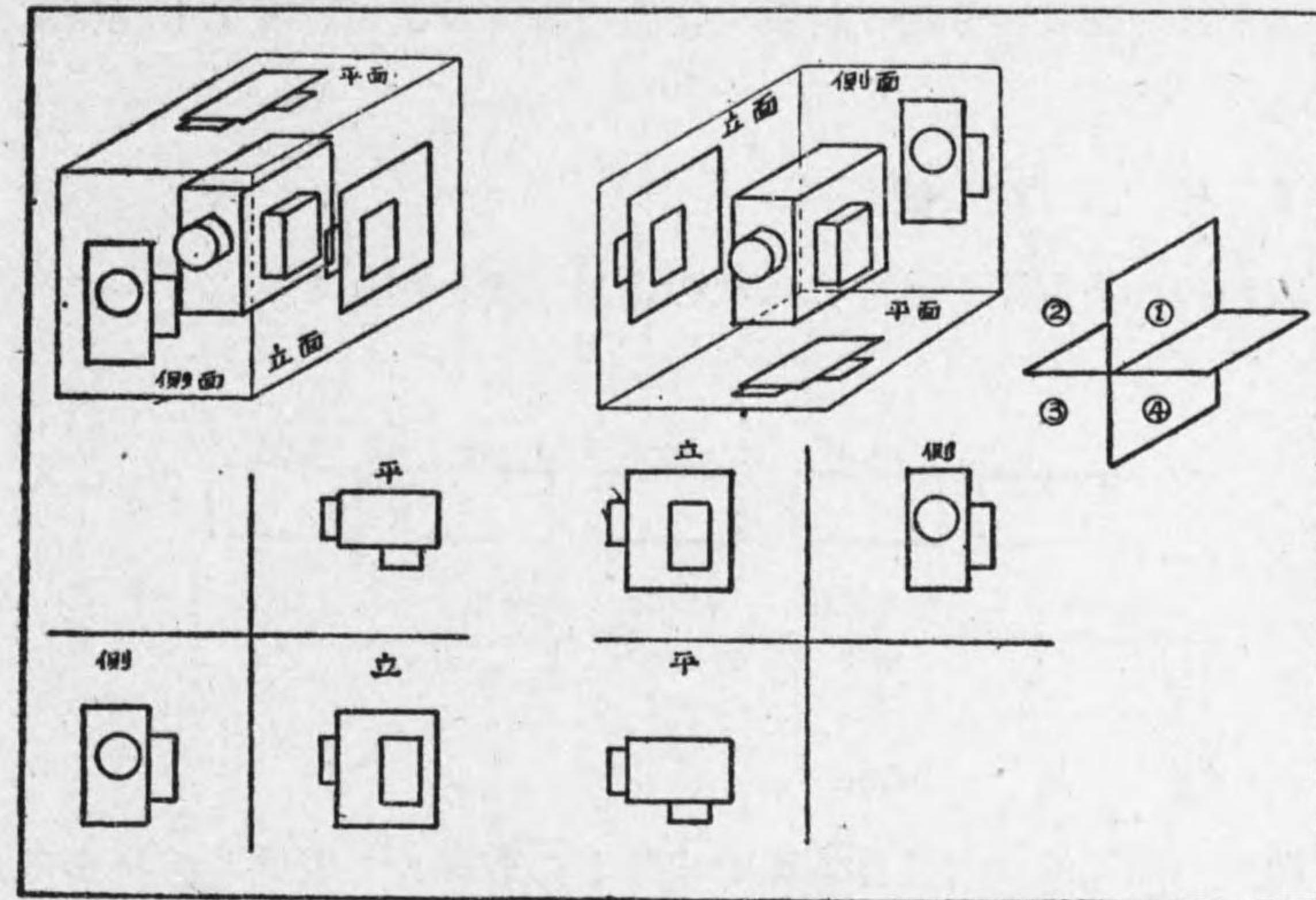
第 3-57 圖 製 圖 用 具

鉛筆書に用ふる線引用鉛筆は比較的硬い 3H, 4H を用ひ篇平の鑿形に削りサンドペーパー又は細目鑪で充分薄く研いて使用し、寸法

線の矢印及び文字用鉛筆は H 又は H. B を普通の圓錐形に削つて用ふ。墨入用には烏口を油砥石で充分細き線の出るまで研く。

### 3. 物 體 の 圖 示

工業上立體を平面圖形に表はすには總て投影書法を用ひる。第一



第 3-58 圖 第一角及第三角投影書法

角投影書法は物體を第一象現に置いて、其の後ろにある相互に直角に交はる三つの投影面に物體の總ての點を平行に且垂直に投影して生じたる投影圖によりその物體を畫き現はす方法でその直立面に投影したるものを立面部 (Elevation), 水平面に投影したるものを平面圖 (Plan), 側面に投影したるものを側面部 (Side elevation) と云ふ。これら三投影面を用ひて尙充分その物體を畫き現はし得ないときは適當に切斷面の形狀を畫いて補足とする。また物體が簡單で一つの投影面圖で充分なこともある。第三角投影書法は第三象現に物體を



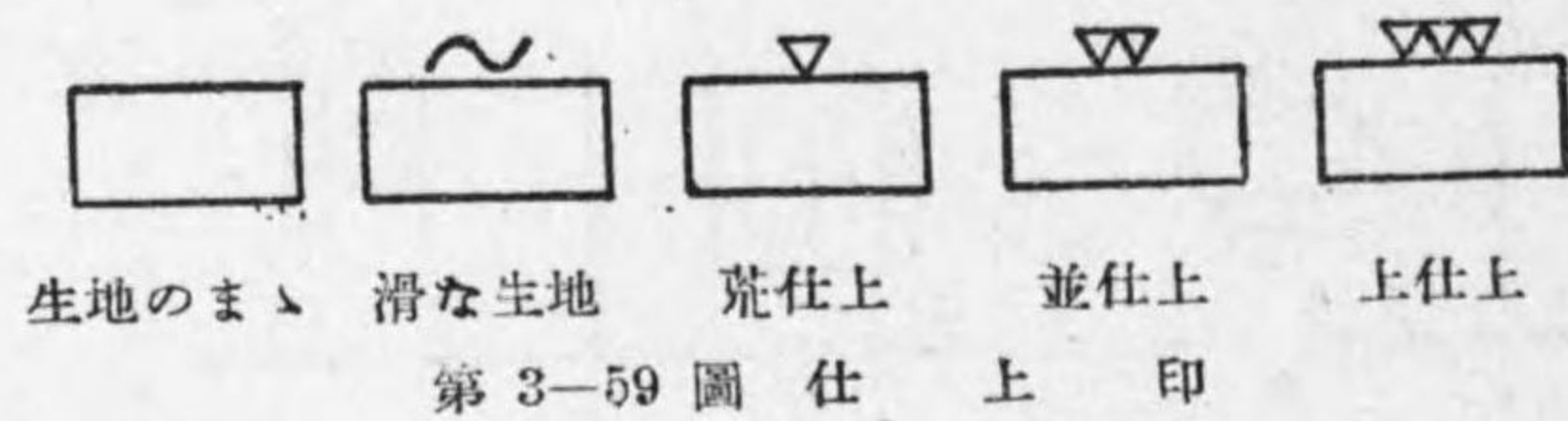
置いて前同様に投影する。

4. 機 械 製 圖

機械の製作圖を畫くにはその機械全體を表はす組立圖を作り主要部分の寸法を記入し更に之を分解した分解圖を作る。分解圖は詳細圖とも言ひ總ての寸法、材質、仕上の程度及び工程等をも詳細記入するのである。

5. 仕 上 記 號

表面の仕上程度を示すには次の様な記號を用ふる。



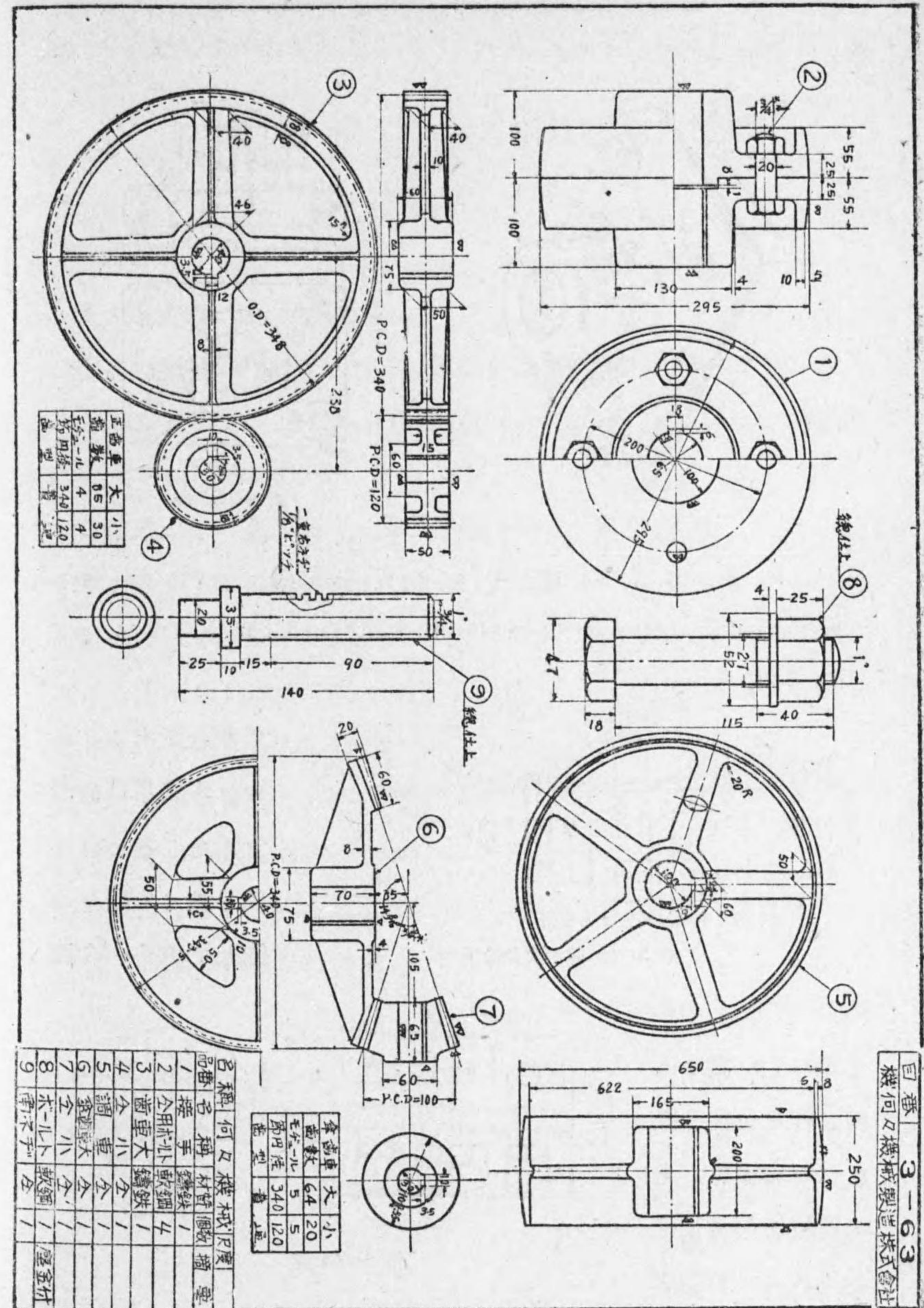
縮 尺 Scale

圖面の縮尺或は尺度は圖面と現物との直線比で表はし面積比で表はすものではない。普通次のものが用ひられる。

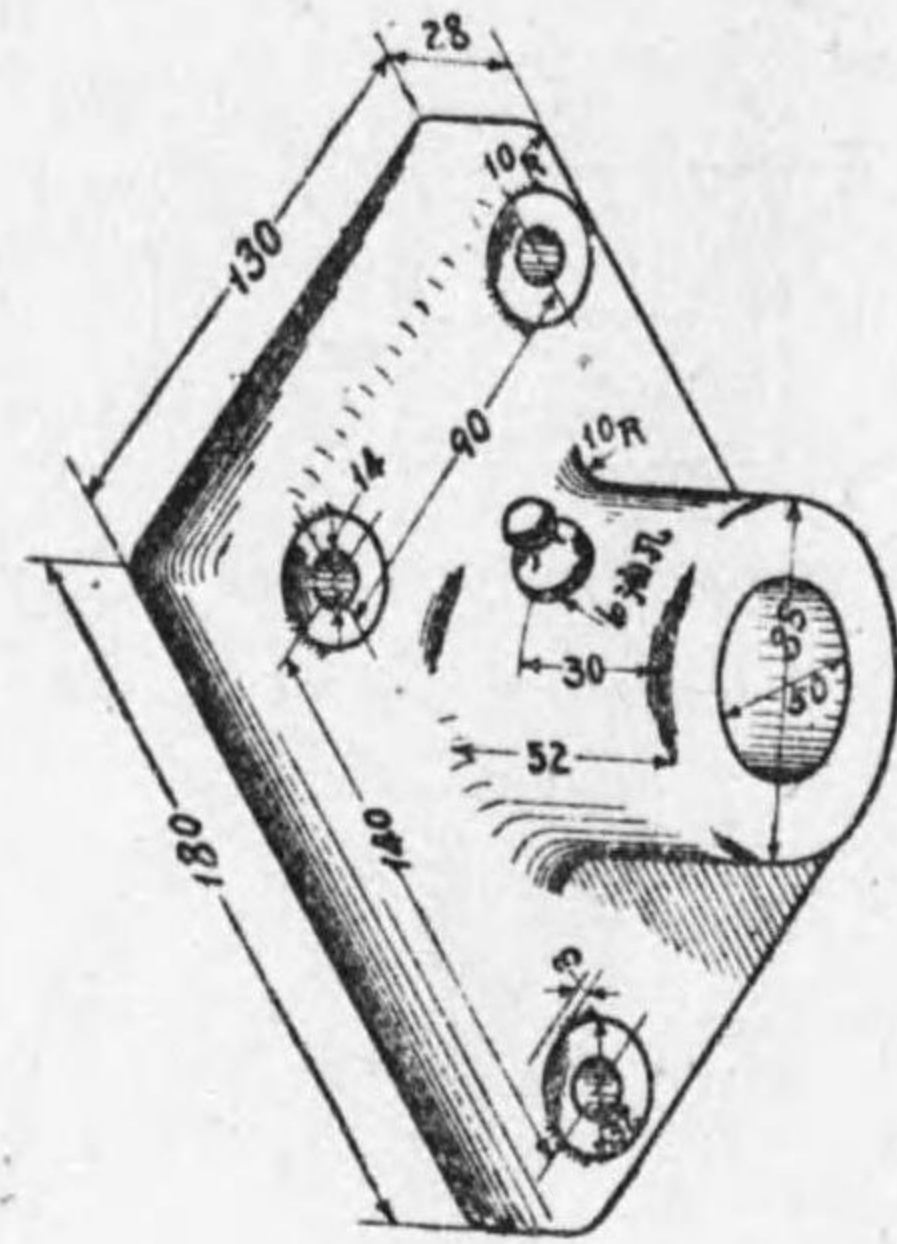
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2.5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{50}$
$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{1500}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{10}{1}$

7. 製 圖 例

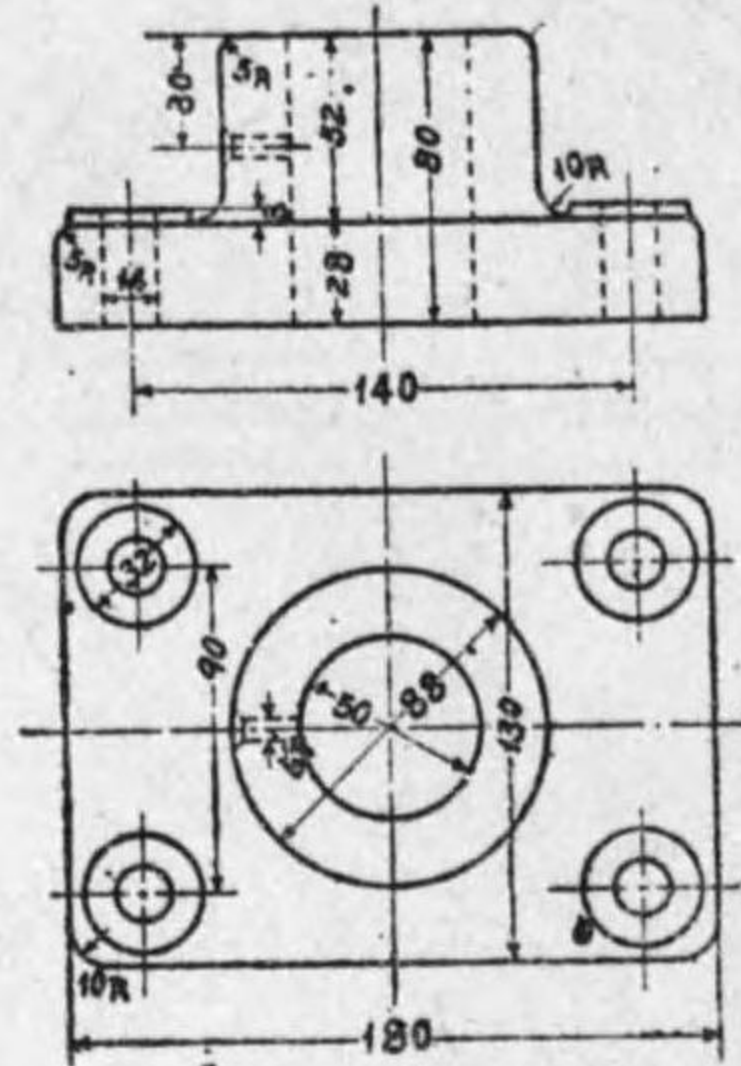
第 3-60 圖の如きは平面圖と立面圖のみで充分に表現せられ第 3-61 圖の如く畫く。ボルトはネジの部分第 3-63 圖 (8), (9) の如く省略して畫く。





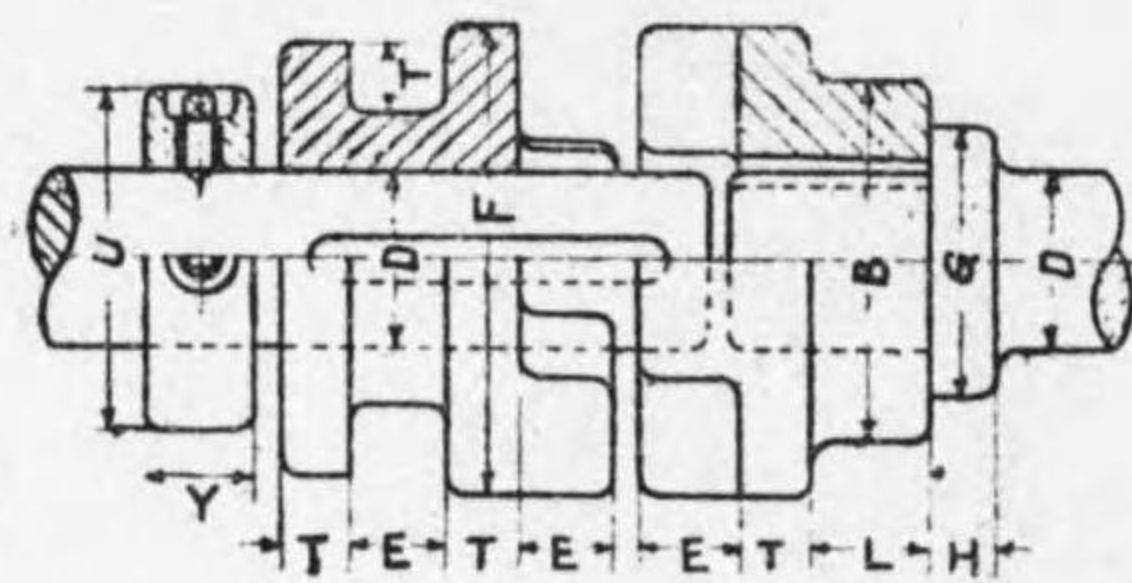


第 3-60 圖

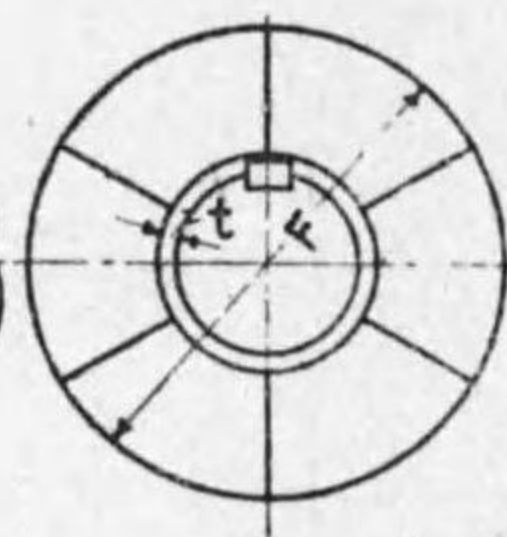


第 3-61 圖

第 3-62 圖, 及 3-64 圖にて,  $B=1.7D+25$ ,  $E=0.4D+10$ ,  $F=2D+50G=1.5DL=0.6D+15$ ,  $T=0.3D+8$ ,  $t=0.1D+5$ ,  $U=1.5D+15$ ,  $y=0.3 \pm 15$ ,

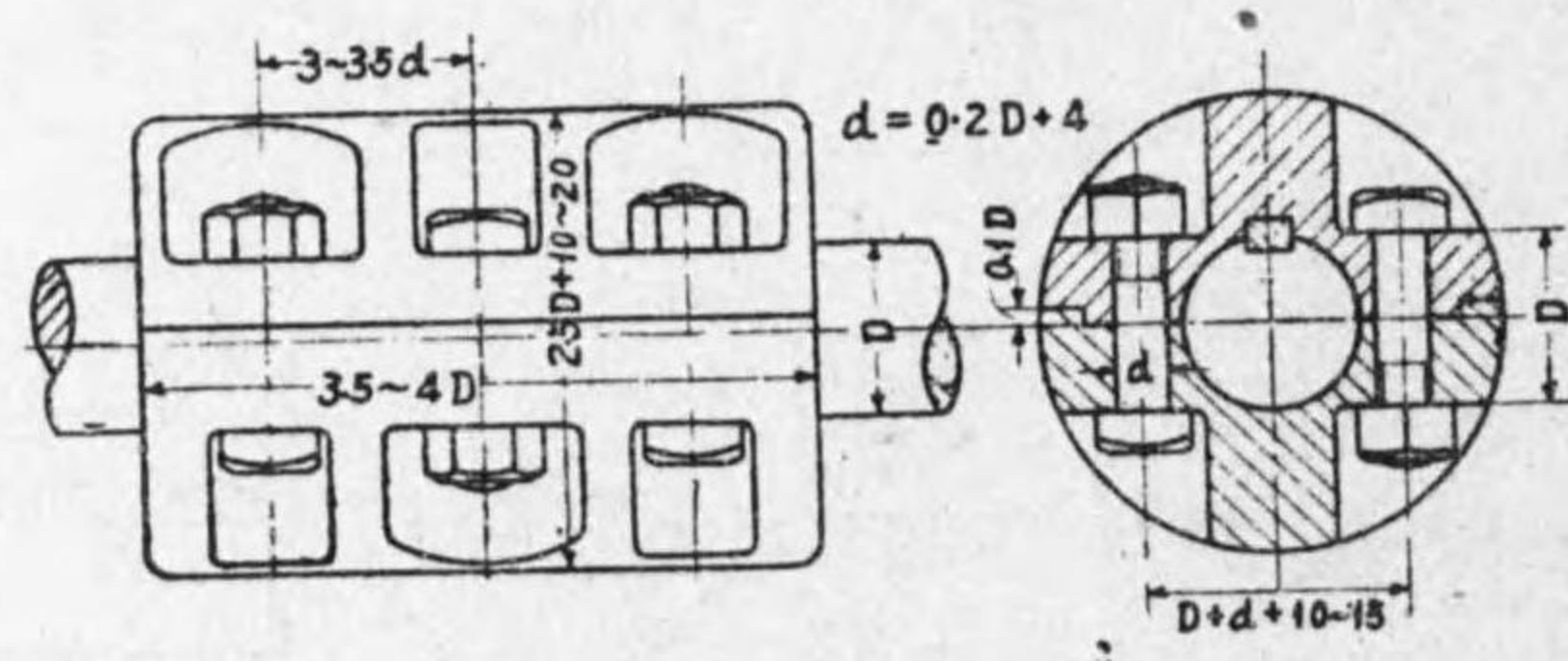


第 3-62 圖 咬合接手



の割合である。齒車, 傘齒車は齒形を省略し齒と齒及腕と腕との間を切斷して第 6-63 圖

の 3, 4, 6, 7 の如く表はし, 調車も腕と腕との間を斷面にして畫く。その他總ての寸法, 仕上程度, 材質等



第 3-64 圖

洩れなく記入すべきである。

## 第 四 章 水 力 學 及 び 水 力 機 械

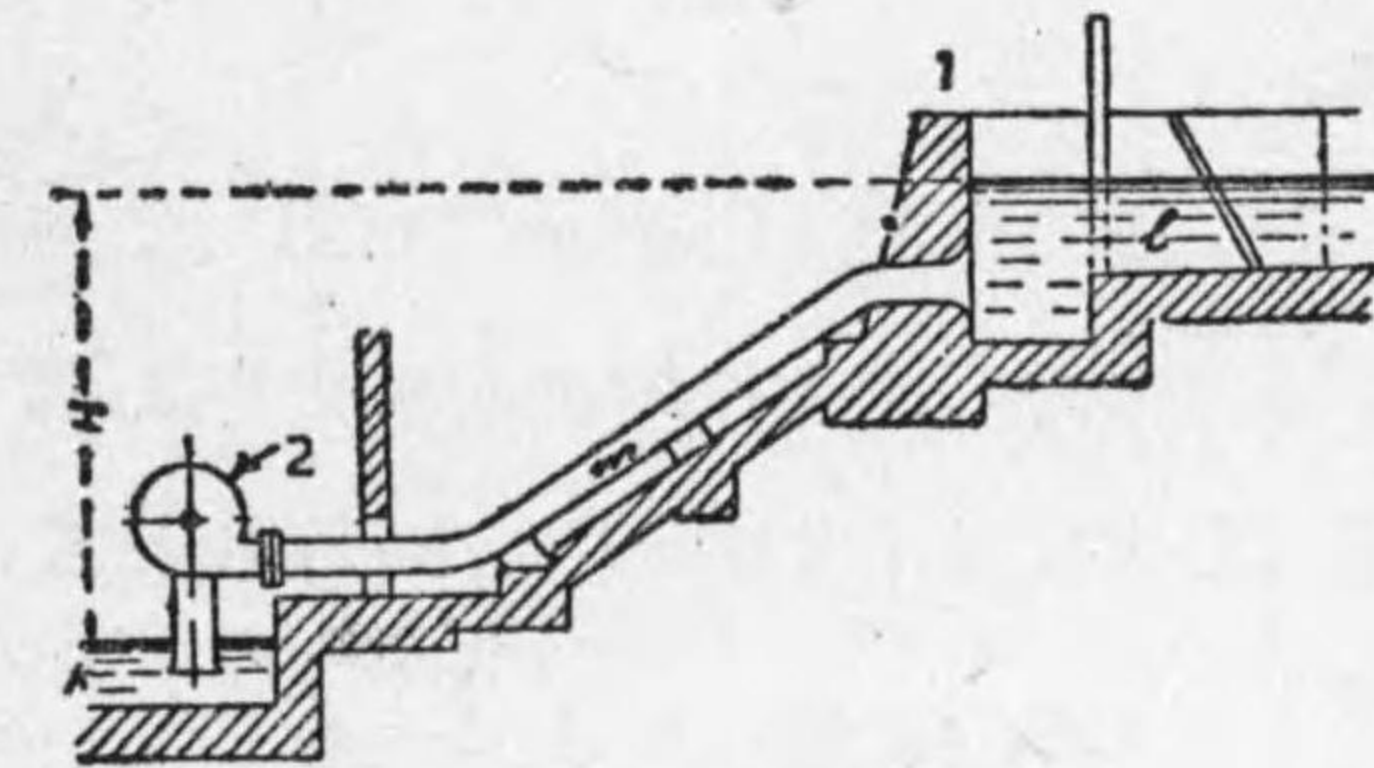
### 第 一 節 水 力 學

#### 1. 水 力 學 Hydraulics.

靜止の状態にある水と力との關係を論ずる學科を靜水力學 (Hydro-statics) 運動の状態にある水と力との關係を論ずるものを動水力學 (Hydro-dynamics) と云ふ。

#### 2. 落 差 Head, 及び流量 Flow.

水が落下する二點間の高低の差  $H$  を落差と言ふ。又ある斷面を 1 秒間に流れる水の量を立方米で表はしたものを流量と言ひ、我が國では習慣上立方呎/秒で表はすことが多く是を個と呼んで居る。



第 4-1 圖

#### 3. 水車の馬力及び効率。

第 4-1 圖に於て落差  $H$ , 流量  $Q$  立方米/秒のとき水車の出し得べき馬力は, 1 立方米の水の重量は 1000 斤であるから  $H$  米の高さから 1 秒間に  $Q$  立方米の水が落下した仕事は  $Q \times H \times 1000$  斤米で 1 馬力は, 1 秒間に 75 斤米の仕事であるから, この時の馬力 H.P は

$$H.P = \eta \frac{QH \times 1000}{75} \dots \dots \dots (1)$$



但し、 $\eta=0.72\sim 0.88$ 位で水車の種々の損失による効率を表はす。

#### 4. 水 頭 Water Head.

単位重量1 呎の水の爲し得る仕事の量即ちエネルギーを水頭と言ひ、次の三種の和よりなり之を或は**全水頭**(Total Head)と言ふ。

(1) 位置水頭 (2) 壓力水頭 (3) 速度水頭

1) **位置水頭** (Potential Head) とは水が、ある高さにあるために有する水頭で1 呎の水が  $h$  米の高さにあるとき、其の落下に際し爲し得る仕事は  $1 \times h$  呎米で即ち

$$\text{位置水頭} = h \text{ 呎米} \dots \dots (2)$$

故に  $W$  呎の水が  $h$  米の高さより落下する時の仕事は  $Wh$  呎米である。

2) **壓力水頭** (Pressure Head) 水が壓力を有するための水頭で水面より  $h$  米の深さに於ける水壓  $P$  は、若し水の一立方米の重さ(1000 呎)を  $\gamma$  で表はせば、 $P = \gamma h$  呎/米<sup>2</sup>、或は

$$\text{壓力水頭} \quad h = \frac{P}{\gamma} \text{ 米} \dots \dots (3)$$

即ちこの式より見れば水が  $P$  なる壓力を有することは、 $h$  なる高さにあると同じ結果となる。

3) **速度水頭** (Velocity Head) 重量  $w$  呎の水が  $V$  米/秒の速度を有するとき其の運動のエネルギーは第一章の(17)式により  $\frac{1}{2}$

$$\frac{W}{g} V^2, \text{ 故に1 呎の水にては } \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{即ち、速度水頭} = \frac{V^2}{2g} \text{ 米} \dots \dots (4)$$

但し式中の  $g$  は重力定數  $g=9.8$  米/秒<sup>2</sup> を表はす。

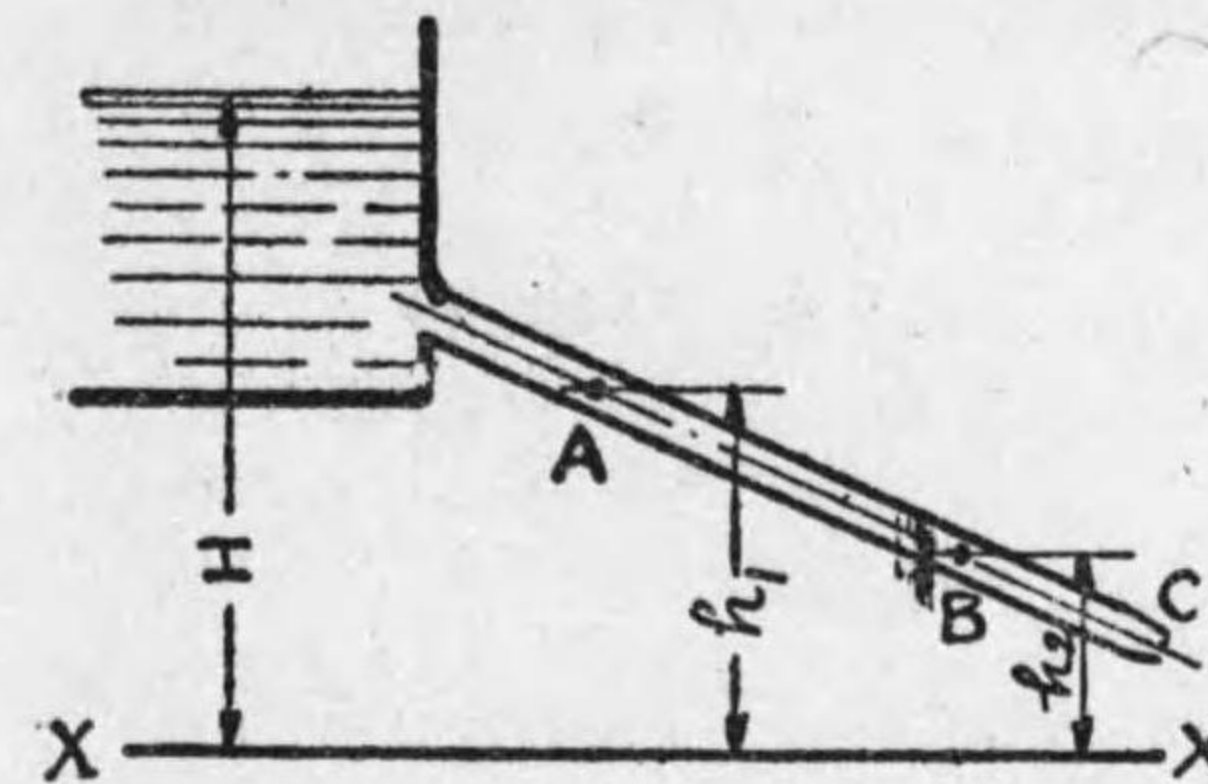
#### 5. ベルヌリーの定理 Bernoullis Theorem.

摩擦損失なき管内を流るゝ一定量の水のエネルギーは其の位置に關せず一定不變である。これをベルヌリーの定理と言ひ、エネルギー不滅の原則を水流に應用したもので、水の単位重量1 呎の流水についても真なる故A點の基準面XXまでの高さを  $h_1$  米、壓力を  $P_1$  呎/米<sup>2</sup>、速度を  $V_1$  米/秒とすればA點にて1 呎の水の有するエネルギー即ち全水頭はXX面に對し、

$$\text{全水頭} = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} \dots (5)$$

又B點に於て高さ  $h_2$ 、壓力  $P_2$ 、速度  $V_2$  とすればこの點にての

$$\text{全水頭} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma}$$



第 4—2 圖

而して水面に於ては速度及び

水壓は共に零で其の全水頭は高さ  $H$  米に等し、故にベルヌリーの定理により上記全水頭は相等しかるべきにより、

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} = H \dots \dots (6)$$

(6)はベルヌリーの定理を式で表はしたものである。

#### 6. 水の噴出速度

第 4—2 圖で水管の先端Cより水面までの高さを  $H$  米とせばこれより噴出する水の速度を求むるに之を  $V$  米/秒とすると、C點に於ける壓力水頭は水が大氣中に放出する故水壓は大氣に等しく零で、且つ基準面を、C點を通る平面に取れば位置水頭も零で、C點の全水



頭は  $\frac{V^2}{2g}$  のみとなり又水面に於ける水頭は  $V=0, P=0$ , 故に全水頭は  $H$  のみとなる故ベルヌリーの定理により,

$$H = \frac{V^2}{2g} \quad \therefore V = \sqrt{2gH}$$

又種々なる摩擦損失を考へ、即ち  $C$  = 速度係数とすると、

$$V = C\sqrt{2gH} \dots \dots (7)$$

(例) 第 4-2 圖にて水面より 40 米下方にある噴出管の先端  $C$  に於ける水の噴出速度を求めよ。但し速度係数  $C=0.96$  とす。

(解)  $H=40$  米  $g=9.8$  米/秒<sup>2</sup>  $C=0.96$

$$\therefore V = C\sqrt{2gH} = 0.96 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 40} = 8.54 \text{ 米/秒}$$

## 第二節 水 力 機 械

### 1. 水力機械 Hydraulic machine.

水力機械とは水を中間物として動力を発生せしめて種々の機械的仕事をなす装置の總稱で、水力原動機、揚水機及び水圧機械等之に屬する。

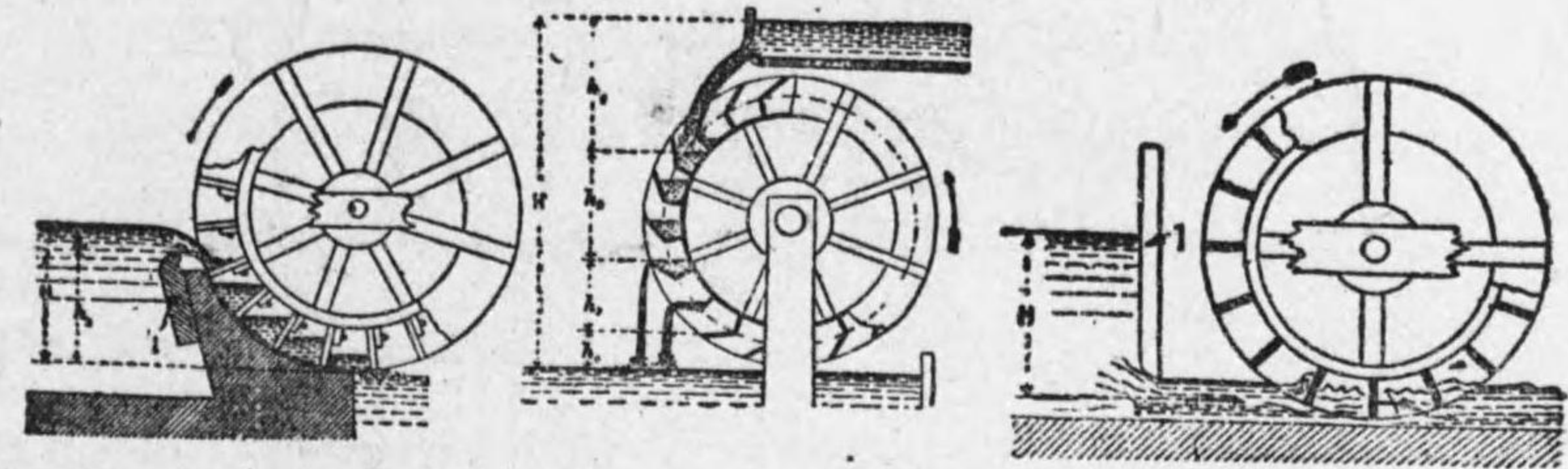
### 2. 水力原動機 Hydraulic motor.

水の有するエネルギーを機械的エネルギーに轉換せしむる装置を水力原動機と言ひ水車、水力タービン、水力機關等之に屬する、水力タービンには、ペルトン水車、フランシス水車、プロペラー水車等がある。

### 3. 水車 Water wheel.

山間の村落に見受けられる。上掛、前掛、下掛水車は之である、主として木製にして直徑大なる故廻轉數低く發電に適せず。製粉、

揚水等家内工業に使用せられ効率は下掛 30% 内外上掛最も良く 70% 位である。



第 4-3 圖 前掛水車 第 4-4 圖 上掛水車 第 4-5 圖 下掛水車

## 4. 衝動タービン, 反動タービン

水力タービンには衝動タービン (Impulse turbine) と反動タービン (Reaction turbine) とがある。前者は水の噴出速度を利用して其の車周に備ふる羽根に衝動を與へ廻轉力を得るものであつて、後者は水の有する壓力によつて羽根を押し廻轉運動を起さしめる。

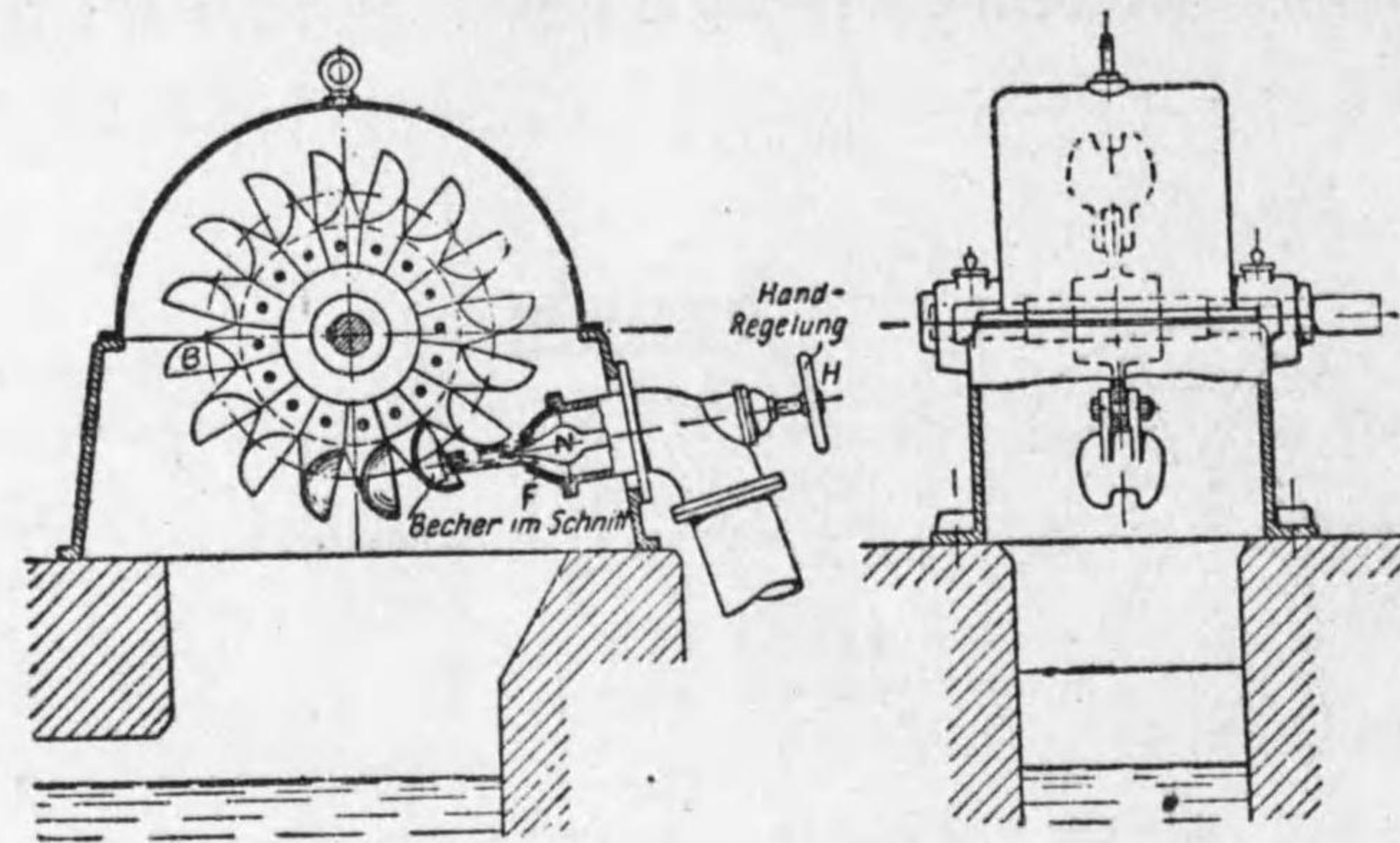
## 第三節 ペルトン水車

### 1. ペルトン水車 (Pelton wheel) の主要部

ペルトン水車は衝動タービンに屬し比較的高落差に用ひられる。第 4-6 圖に示す様に車周に碗形の水受け (Bucket)  $B$  をボールトにて固定し、之に導水管より導きたる高落差の水を噴射管 (Nozzle) より噴射せしむると、水の有する速度のエネルギーは水受に移りて廻轉する。

噴射管中に針弁 (Needle valve)  $N$  を備へ把手  $H$  によりその中を出



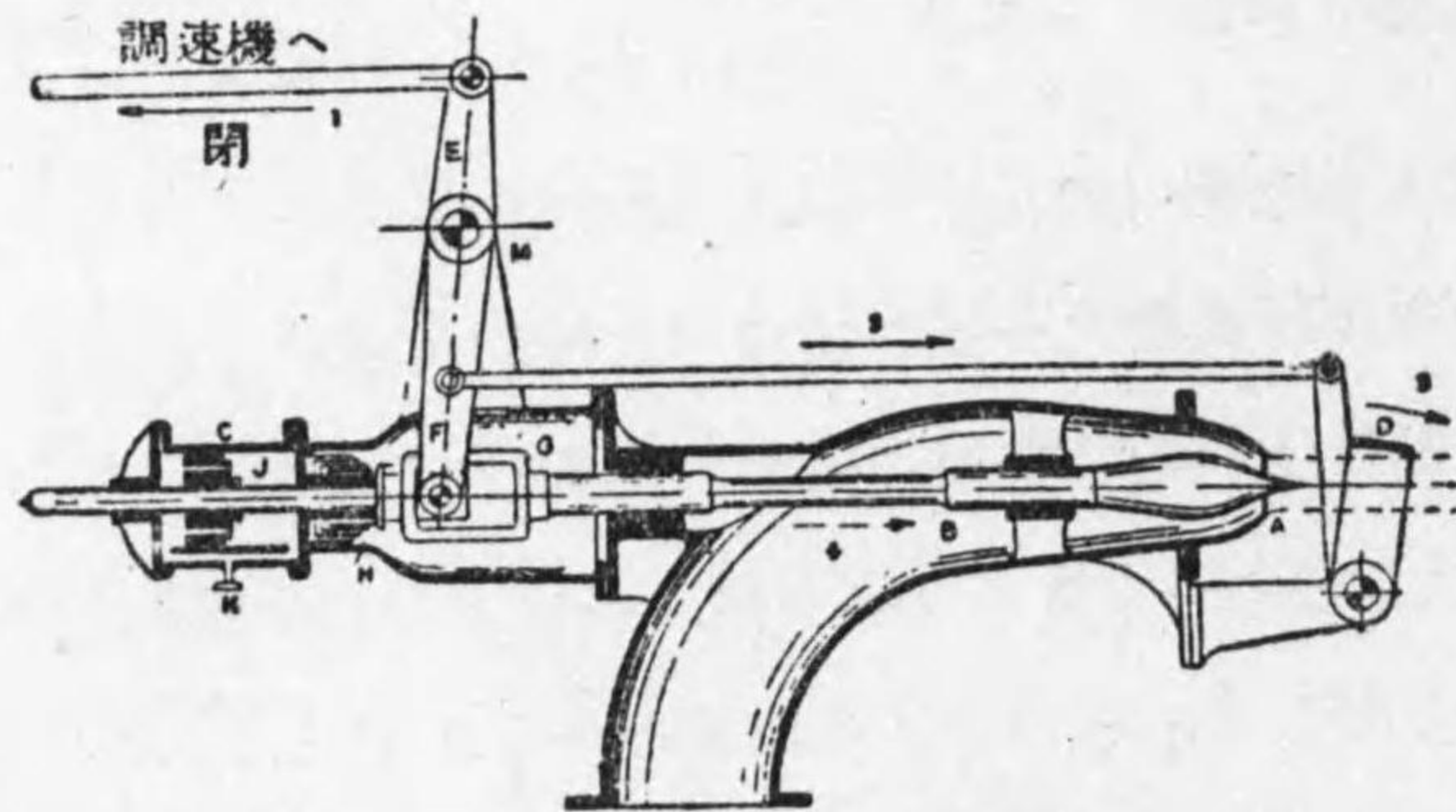


第 4-6 圖 ペルトン水車

入して噴射水量を調整し或は又調速機からの連桿に連つて自動的に動作する。

2. ペルトン水車の速度調整装置

圖はペルトン水車調速装置のそらせ板によるものを示す。水車の負荷が減じて速度が上昇すると調速器の振子の作用により桿1及び



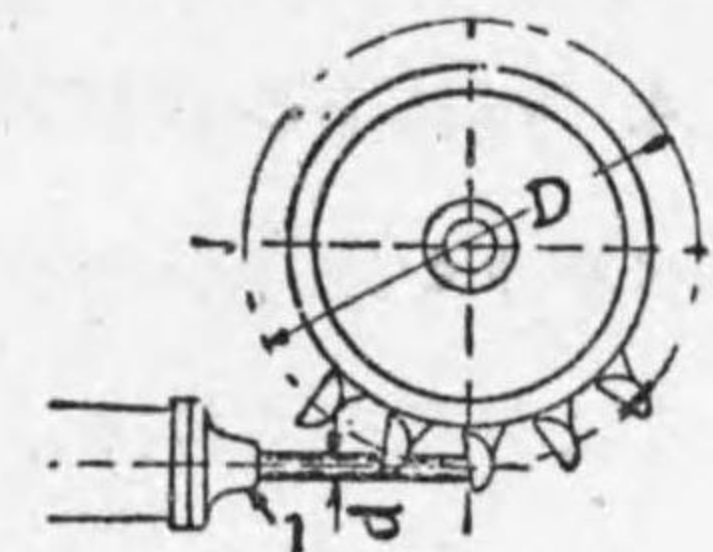
第 4-7 圖 そらせ板調速装置

2 は矢の方向に引張られ従つてそらせ板3も斜下に傾いてジェット

(Jet) に觸れるからこれをバケツト (Bucket) よりそらせしめる。尙この際桿Fは針辨を右に動かして閉ぢんとするが油制動壺C内のピストンは制動壺内に充滿せる油の爲めに敏速には動かす且この際ピストンの上部小孔に附せる辨は閉ぢ油は下部の小孔を通つてピストンの左方に移りかくして徐々に針辨を靜かに閉せしめ鐵管内の壓力の急激上昇を防ぐ。次に反對に負荷が増加して水車の廻轉數が減ずればピストンは左に動かんとするがこの際はピストン上部小孔の辨は開くから速かに針辨を開くことを得る。其の他の調速装置としてはノヅル、自體が蝶番を中心として傾きジェットをバケツトより外す動搖ノヅル、其の他補助ノヅル等の方法もある。

3. ペルトン水車の廻轉數

ペルトン水車の噴射管 (Nozzle) からの水の噴射速度は、(7)式によつて、 $V=C_1\sqrt{2gH}$ 、今  $C=0.96$  とすれば  $V=0.96\sqrt{2gH}$  となる。然して水受けにて水は二分せられ、その結果羽根車の周速度(直徑Dに於ける周速度)は上記噴射速度の半分の時が最高能率になることが證明せらるゝから、



第 4-8 圖

$$\begin{aligned} \text{車周速度} &= \frac{1}{2} \times 0.96\sqrt{2gH} \\ &= 0.48\sqrt{2gH} \end{aligned}$$

然るに水量、 $Q=V \times \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi V d^2}{4}$ 、これ等の式より水車の廻轉數は

$$N = \frac{70H^{\frac{3}{4}}}{n_1 \sqrt{Q}} \dots \dots (8)$$



式中、 $N$  = 水車の廻轉數/分、 $H$  = 有効落差米、 $n = \frac{\text{ランナーの徑}}{\text{ジェットの徑}} = \frac{D}{d}$  而して、 $n = D/d = 10 \sim 20$ の間にあるを要し15のとき最高能率とせられる。上式より見る時は一噴射管よりの水量が小なる程廻轉數が大となる故一個の噴射管で、所要の廻轉數が得られない時は噴射管の數を増加して一個當りの噴射管の水量を減ずる。

或は又特に水量大なるときは羽根車の數を増加すると共に噴射管の數を増加して所要の廻轉數を得る事が出来る。

(例)  $H = 300$ 米、 $Q = 1$  立方米/秒なるとき  $N = 600$ /毎分を得るには噴射管の數如何。

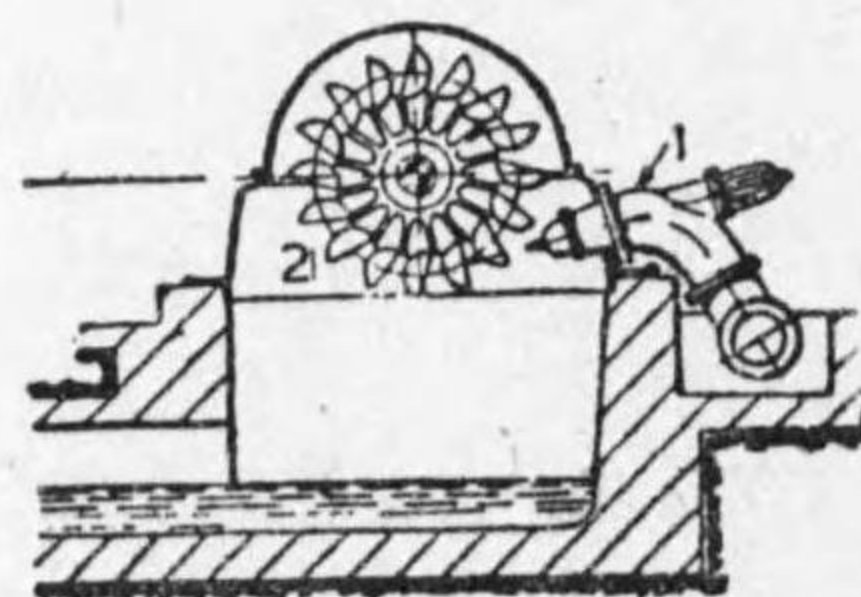
(解) (8)式より 
$$n \sqrt{Q} = \frac{70H^{3/4}}{N} = \frac{70 \times 300^{3/4}}{600} = 8.43$$

噴射管一つを用ふると  $n = 8.43$ となり、10以下なる故不可である。

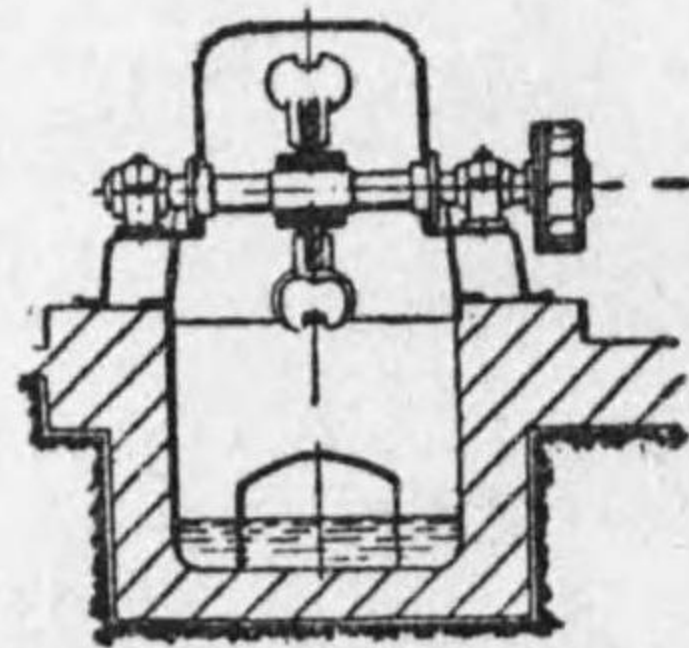
噴射管二つを用ふれば  $n \sqrt{0.5} = 8.43 \therefore n = 11.9$ となり可能の範圍に屬する。

#### 4. ペルトン水車の分類

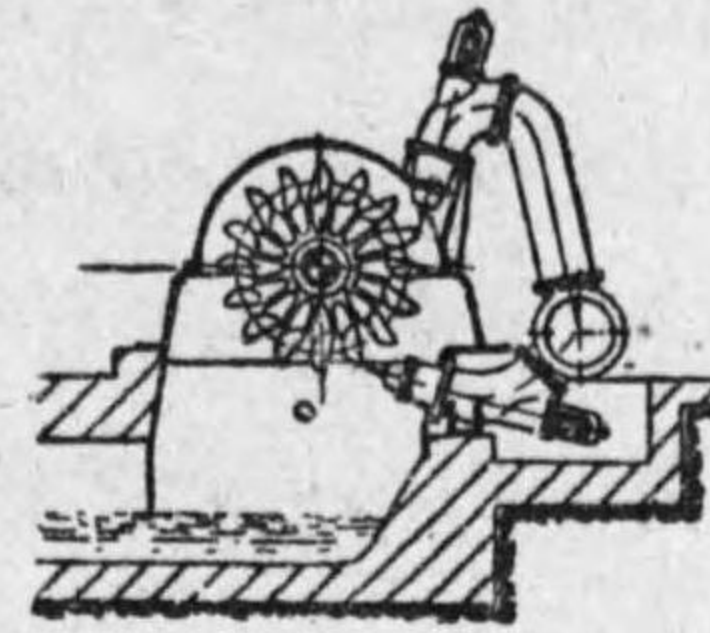
ペルトン水車は羽根車の數、噴射管の數及び軸の豎横により次の様式に分類せられる。



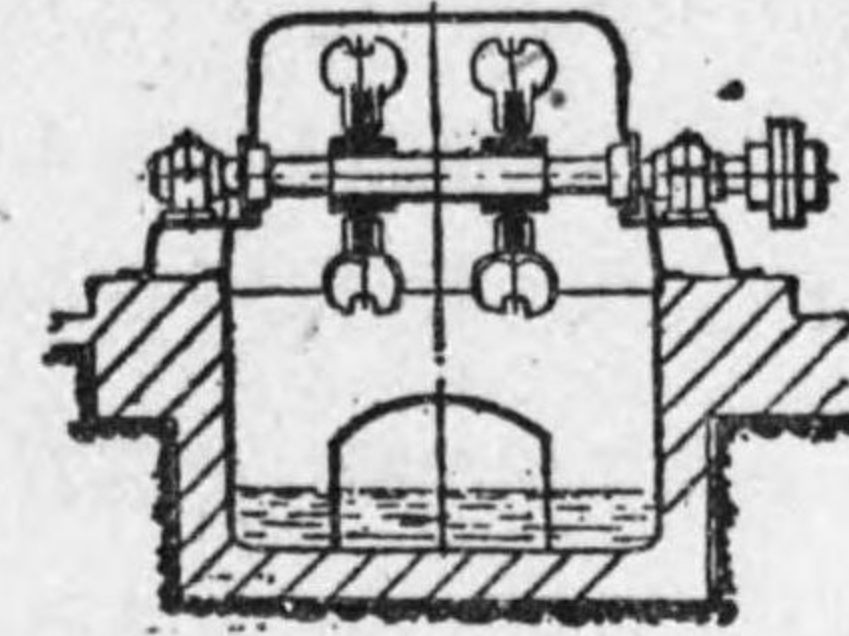
第 4-9 圖



第 4-10 圖



第 4-11 圖



第 4-12 圖

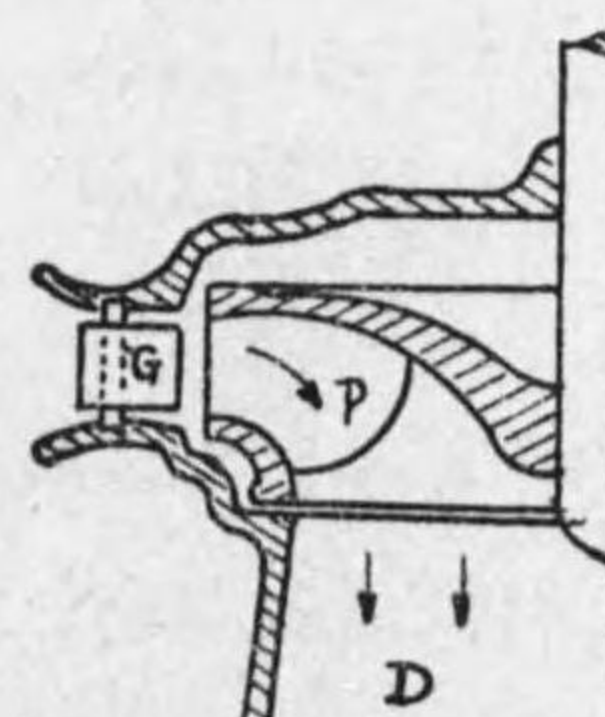
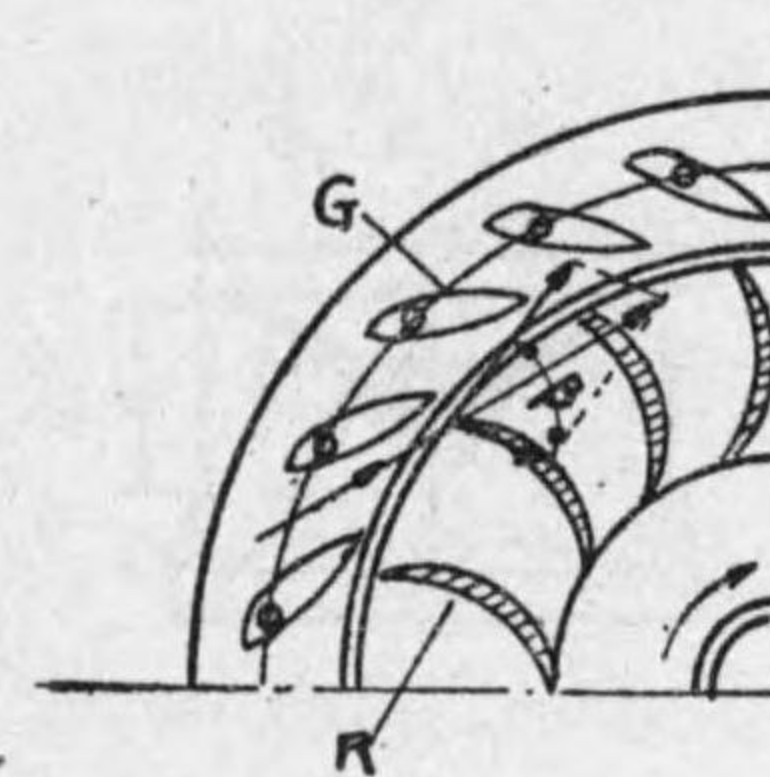
- (1) 横軸單噴射管單車ペルトン水車  
(Horizontal single nozzle single pelton wheel)
- (2) 横軸單噴射管雙車ペルトン水車  
(Horizontal single nozzle twin pelton wheel)
- (3) 豎軸三噴射管單車ペルトン水車  
(Vertical triple nozzle single pelton wheel)

#### 第四節 フランシス水車

##### 1. フランシス水車 (Francis turbine) の主要部

比較的低落差の1乃至270米位に適し反動タービンの一種である。即ち水中にある羽根車が水壓のために押し動かされて廻轉力を生ずるものであつて、第4-13圖は豎型フランシス水車の主要部分を示して居る。

水は導羽根(Guide vane) Gの間を通つて羽根車(Runner) Rに至り之を壓して廻轉せしめ吸出管(Draught tube) Dより放水



第 4-13 圖



路に放出する。

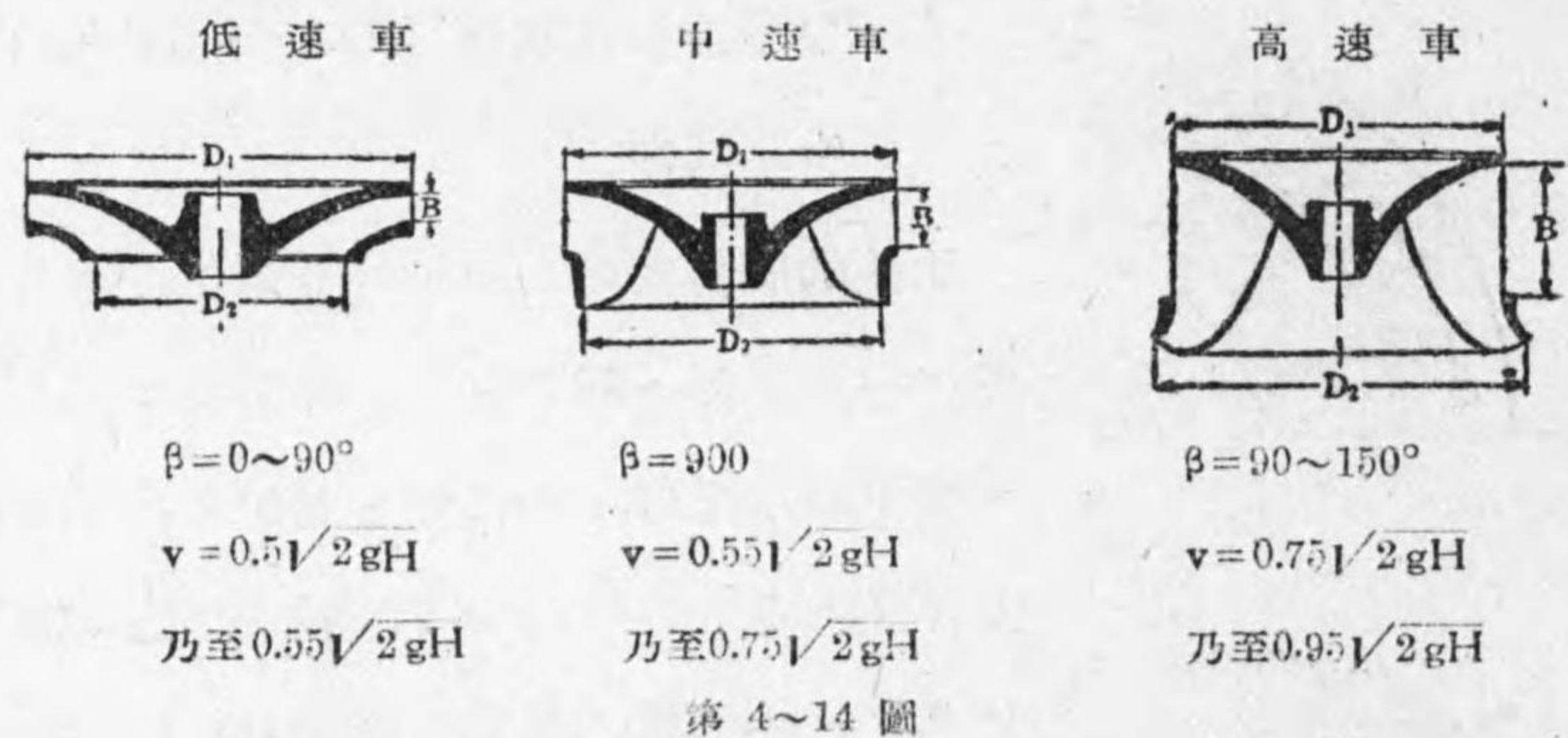
導羽根は水の抵抗を少なくするため魚形となつて居つて、中心には針軸 (Spindle) があり之を中心に轉ることが出来る。

之によつて其の開口を調整して水の流入角 (Inlet angle)  $\beta$  及び水量を加減し水車の速度を調整することが出来る。

### 2. フランス水車の分類

此のタービンには低速、中速、高速の別があつて、主として羽根の流入角  $\beta$  の大小によつて定まり、其の結果周速度  $V$  も各圖に記入してある様に異なる。

こゝに低速、中速、高速の區別は普通の所謂廻轉數の大小の意味でなく、比較的、高落差の場合導水辨より入る水の速度は大であるから羽根車の周速も大で之を遅らせるために、其の流入角を小にし又入口の直徑を大にして廻轉數を減ずる様にする。



第 4~14 圖

よつて其の目的が低速廻轉にあるから低速車と言ふ。また落差が低く水量が多い場合には水の流入速度も小で、羽根車の周速を大きくする爲に流入角  $\beta$  を大にし、且つ廻轉數を増すため羽根車の入口

の徑を小にし大水量を放出するため出口を大にする。其の目的が速度を高めるにあるから之を高速車と言ふ。

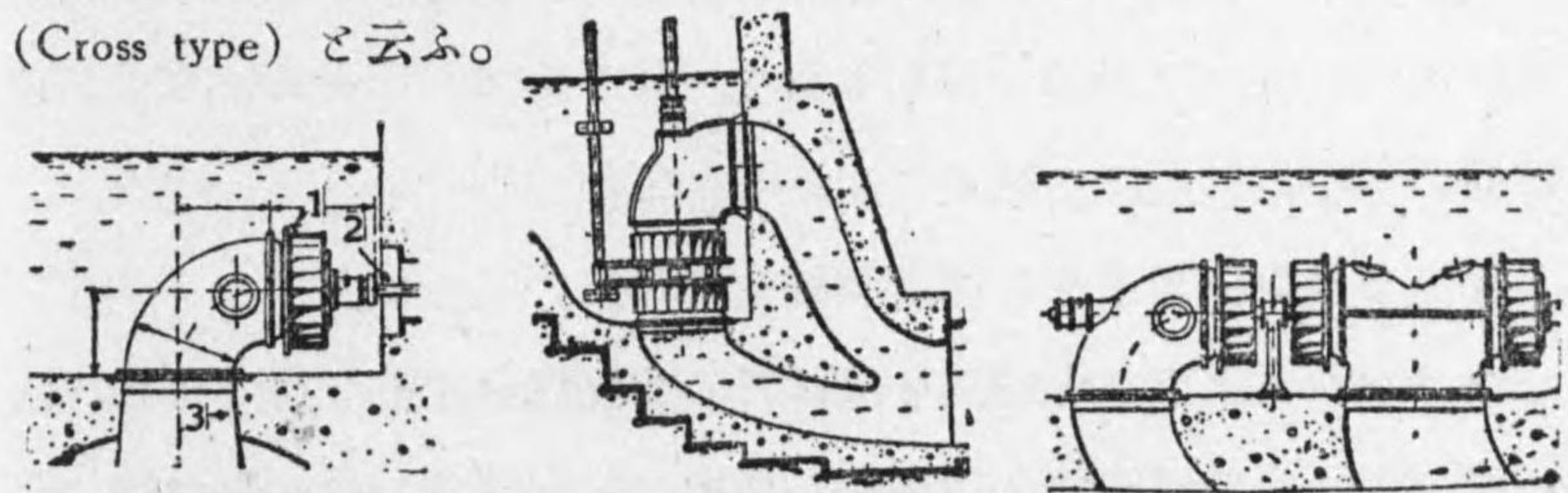
上述の様に低速車は高落差に、用ひて其の廻轉數を低めるため、又高速車は低落差に用ひて其の速度を高めるために用ひられ、其の落差による範圍は次の様である。

低速車=50~270米, 中速車=20~50米, 高速車=1~20米

フランス水車は羽根車の形によつて低速車、中速車、高速車に分けらるゝことは前述の通りであるが、又其の外殻 (Casing) により露出水車、圓筒水車、混巻水車に分類せられる。

露出水車 (Open flume turbine) は低落差大水量の場合は水を水壓管に入れて導くことが出来ず、外殻を無くして水は直ちに導水辨より羽根車に入る。その軸の豎横及び羽根車の數によつて第 4~15 圖の様な型式がある。

圓筒水車 (Drum turbine) は低落差と中落差との中間位の落差に用ひられ、水壓が比較的小であるため第 4~16 圖の様に軟鋼板を密閉して圓筒状の外殻を作る。水の流入方向が羽根車の軸と同方向のものをフロント型 (Frontal type) 軸と直角なものをクロス型 (Cross type) と云ふ。



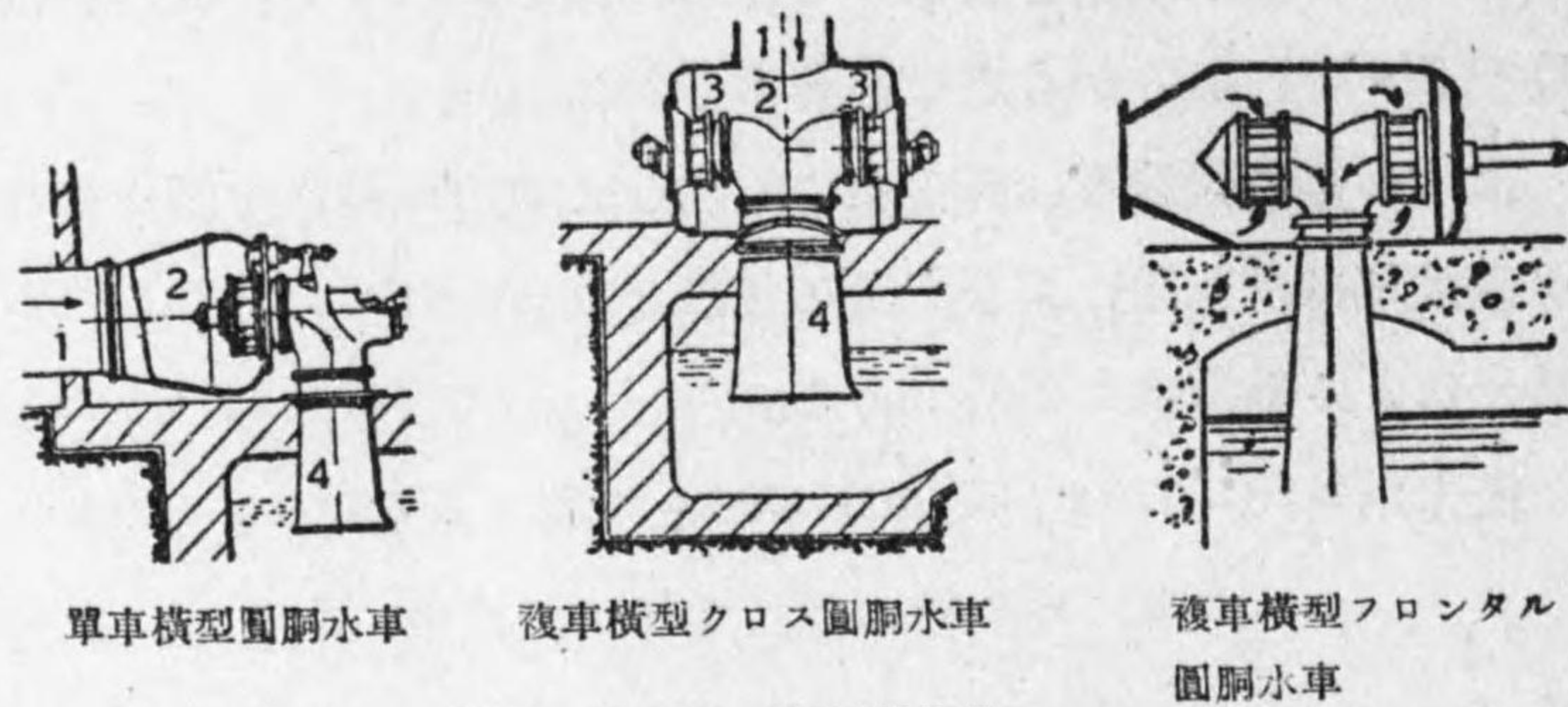
單車横型露出水車

複車豎型露出水車

三車横型露出水車

第 4~15 圖 露出水車



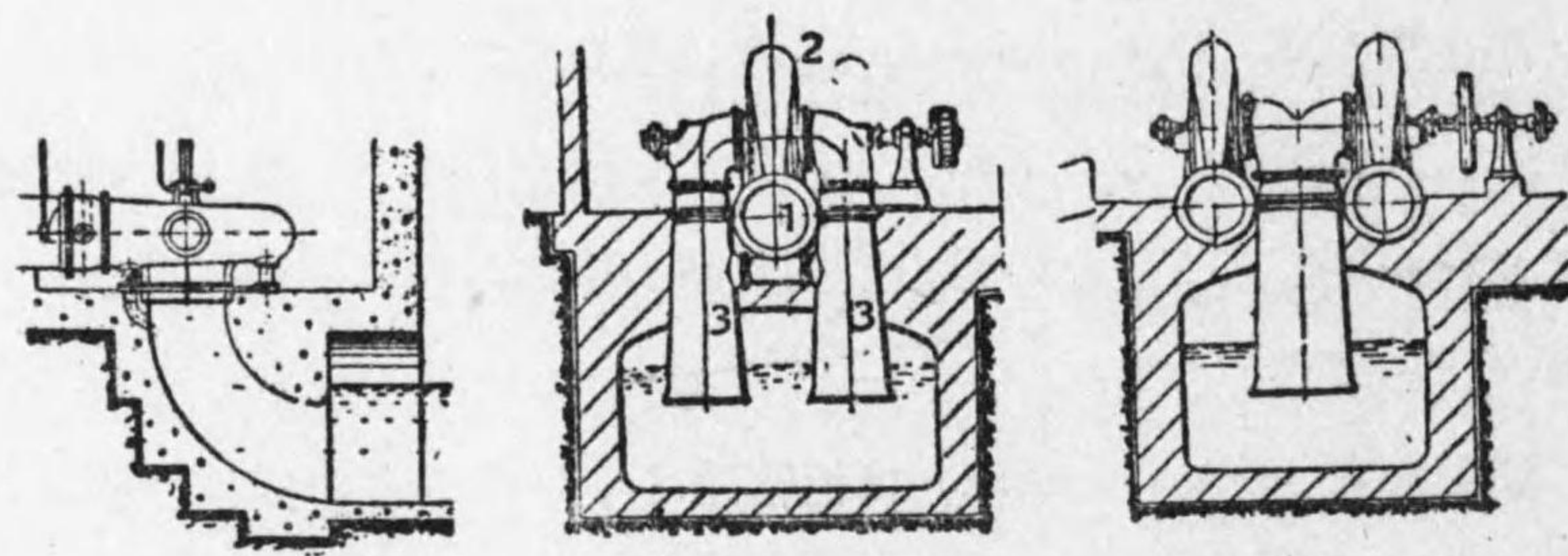


單車横型圓筒水車

複車横型クロス圓筒水車

複車横型フロンタル圓筒水車

第 4~16 圖 圓筒型水車



單車豎型渦卷水車

單車横型渦卷水車

複車横型渦卷水車

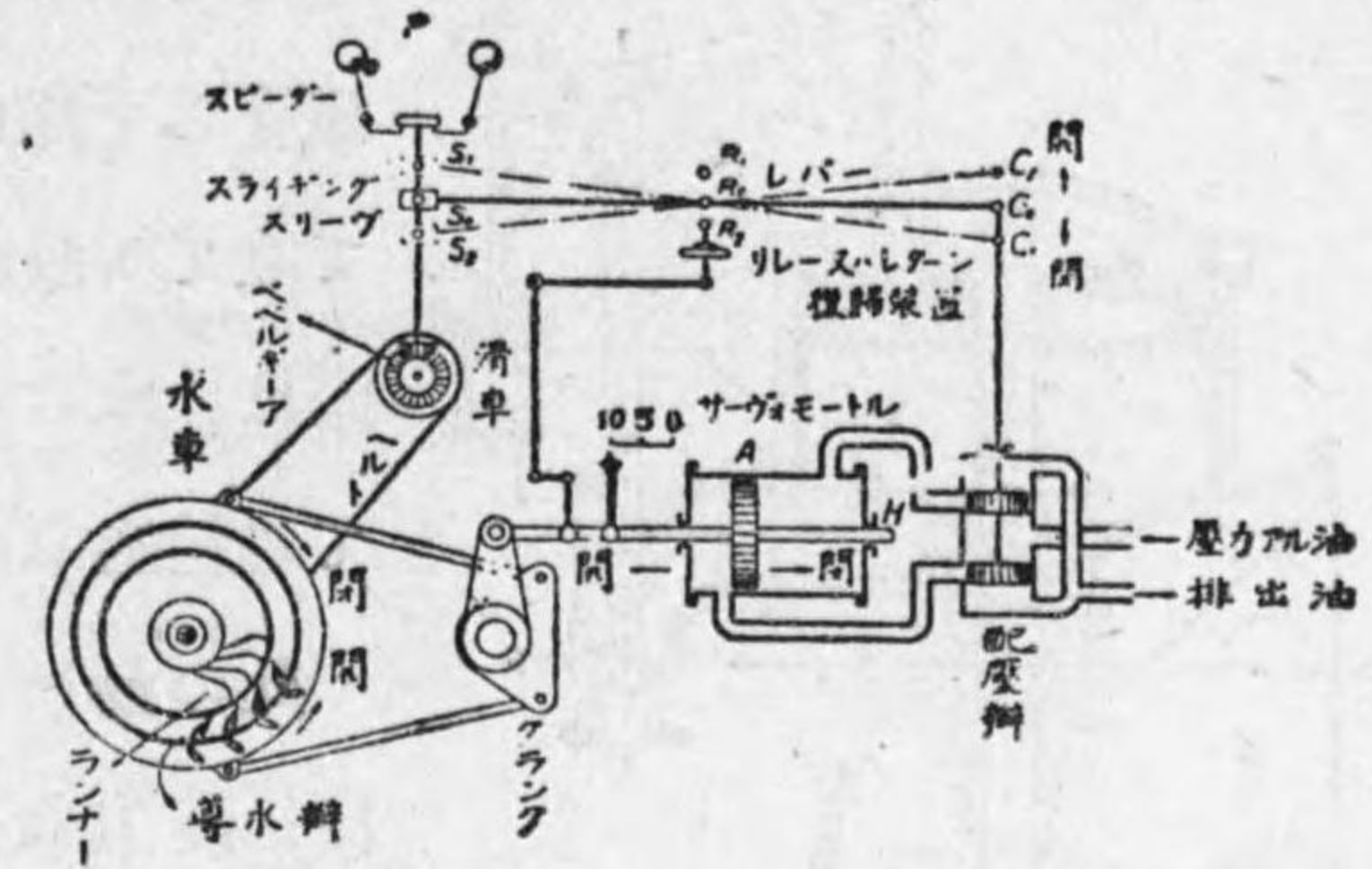
第 4~17 圖 渦卷型水車

渦卷水車 (Spiral turbine) は外殻が蝸牛の殻の様な形で水車内の水は渦状に流れ理想的で能率も高く、且つ全體が丈夫に出来るが價は高い。中落差及び高落差に用ひられる。

### 3. フランス水車の速度調整

フランス水車は導羽根を傾けての其速度を調整し得ることは既に述べた。此の導羽根を傾斜せしめ開口を加減するのに圖の様な装置を用ふる。

水車の速度が高まる時はベルト及び傘車によつて、傳へられるガバナーの廻轉が高まり振子は開口を大にして  $S_0$  は  $S_1$  又  $C_0$  は  $C_1$  の位置をとり二個のピストンは共に降つて、



第 4-18 圖 調速機の構造圖

今まで閉ざされて居たサーヴォモートル (Servo-motor) への油の通路は開かれて壓力のある油は下の道より之に入り、其のピストンを右に移動せしめる故に之に連なる導水弁は閉ぢる。指針は全開10の位置から右に移動して導羽根の開口度を示す。

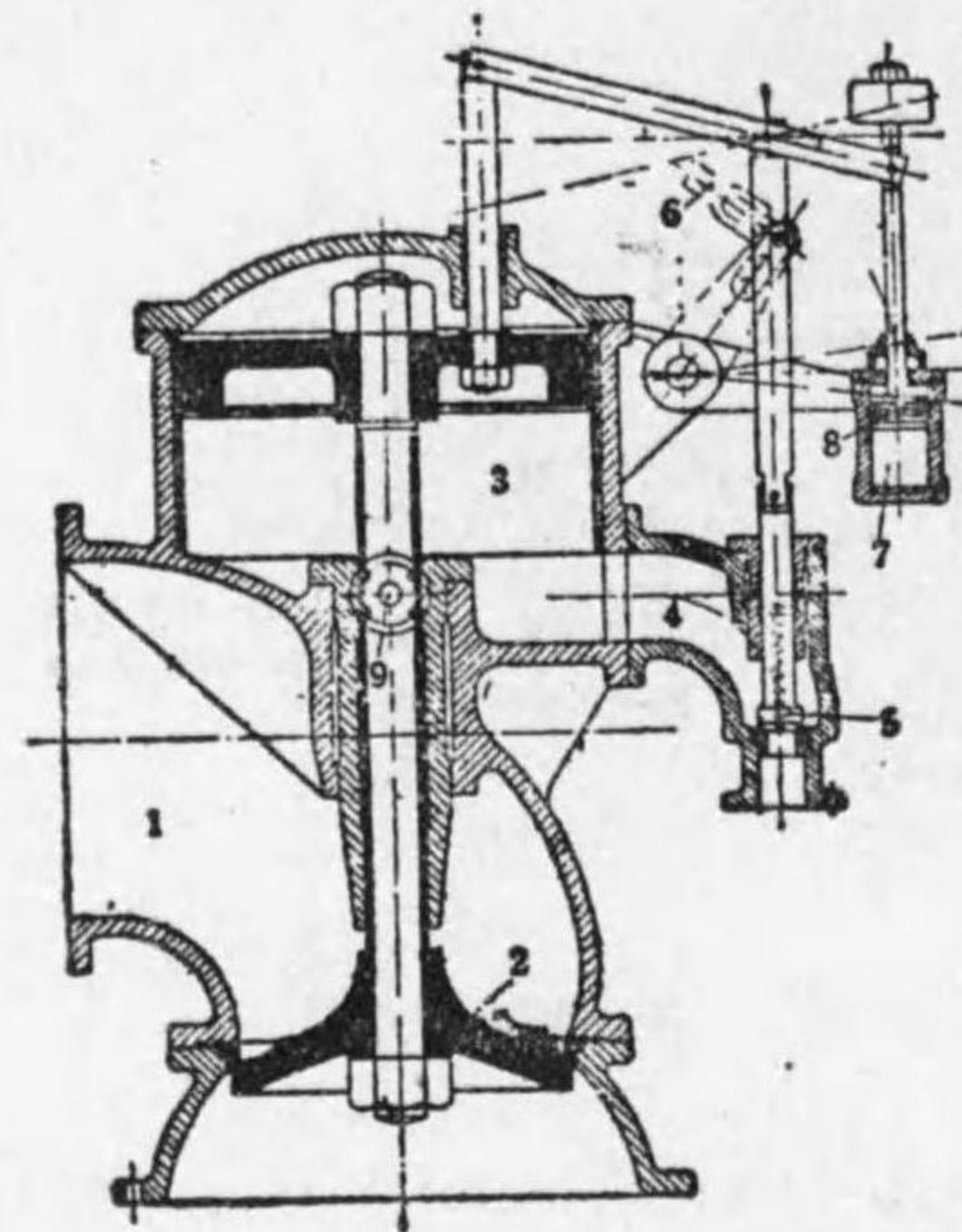
### 4. 水 壓 の 調 整 Pressure regulator

ベルト水車の速度調整はバケツに噴射する水を、そらせるのであるから差支へないが、フランス水車では水車内に入る高速度の水を急に閉塞するため水壓の上昇を起し、水壓鐵管及び水車を破壊する原因となる故に壓力が高まると、水を外に排出する様にする。

この装置を水壓調整器と云ふ。

第 4-19 圖にて調速器 (Governor) の作用で導羽根が急に閉ぢると桿 6 を左方に引き、内部に油とピストンを有する油壺 7 を引き上げ弁 5 も共に昇り、水筒 3 内の水を 4 から放出するから其の中のピストンは下り弁 2 は下方に開いて、水壓鐵管と連る支管 1 から高壓の水を大氣中に排出する。





第 4-19 圖 水圧式水圧調整機

其の他水圧調整装置としては水圧鉄管の下部に空気溜を、上方に向つて立て、圧縮空気を入れ水圧上昇の際は、水の一部がこの空気溜に入つて圧縮空気の壓力と釣合ふ。

此の如きものをサージタンク (Surge tank) と云ふ。

### 第五節 プロペラー水車

#### 1. プロペラー水車の特長

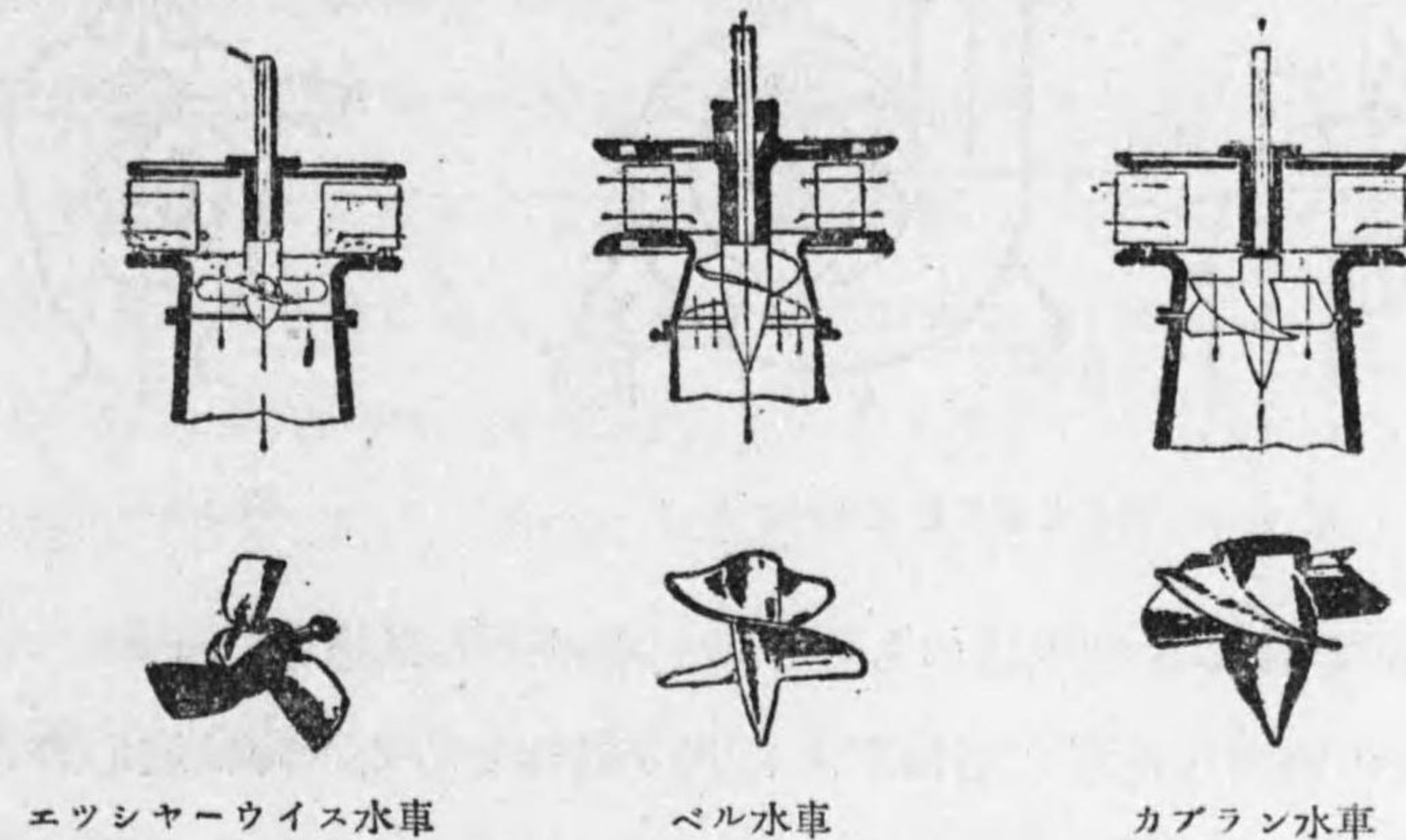
非常に低落差ではフランシス水車の羽根の形を如何に變へても充分な廻轉數を得ることは困難である既に述べた様にフランシス水車で高速を得るには、水の入口に於ける羽根車の徑を小にし、出口の徑を大にしたのであるがプロペラー水車では遂に其の出口の圍ひ輪の部分を取り去り、其の結果羽根車はプロペラーの形となつたもので、多く10米内外の低落差に用ひ反動水車では到底得られない高速廻轉をなし又出力も2乃至3萬馬力のものも少なくない。

プロペラー水車は總て圖示の様に豎形で羽根の數は少なく4~12枚位で導羽根、吸出管等はフランシス水車のそれと類似して居る。

#### 2. プロペラー水車の種類

プロペラー水車は多く製作者の名を附け次の様なものがある。

**カプラン水車 (Kaplan)** は水量の多少に應じ羽根の傾斜を變へ得る構造とし低負荷の場合の能率低下を防ぐ様な構造となつて居る。



第 4-20 圖 プロペラー水車

### 第六節 ポ ン プ

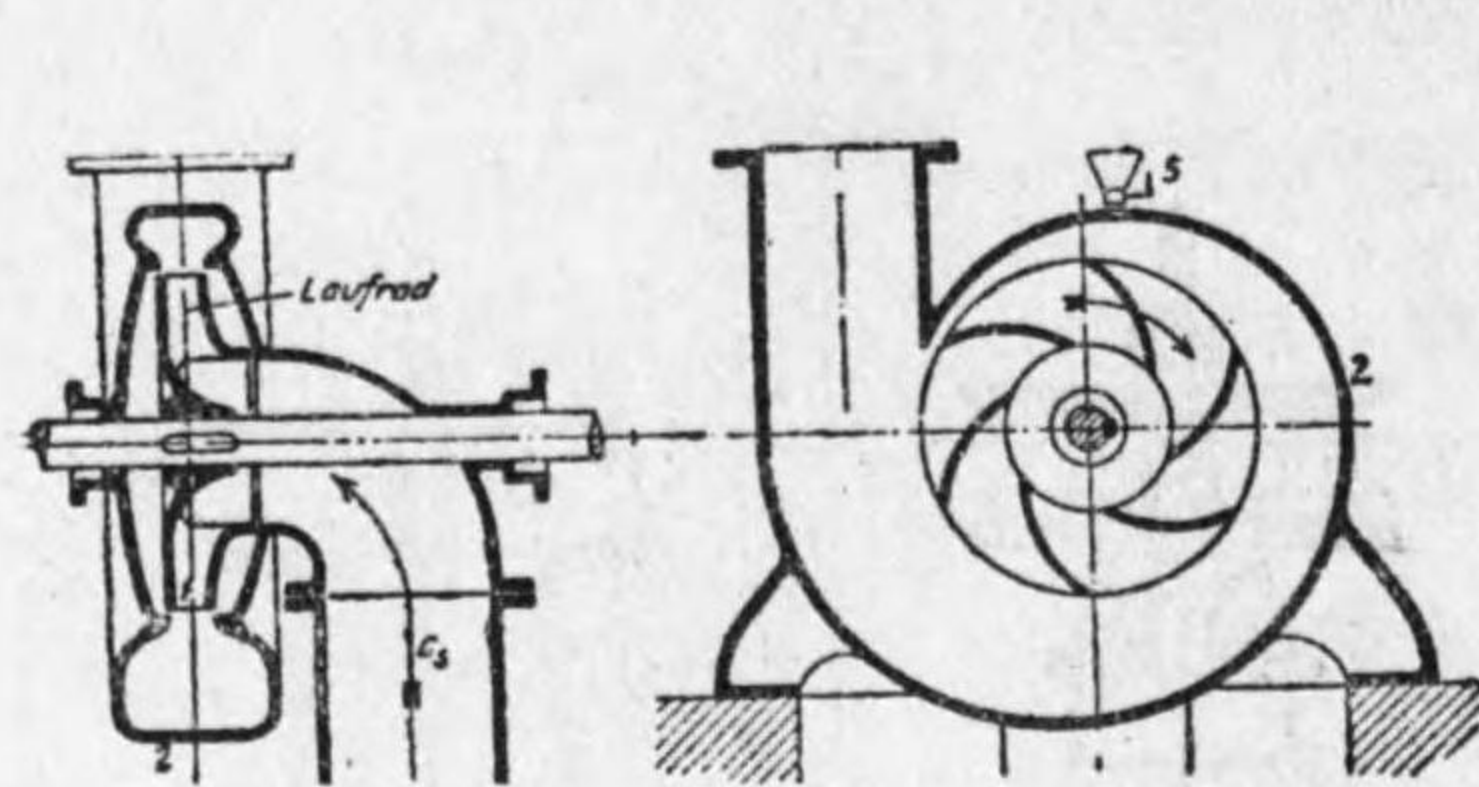
#### 1. 概 説

液體を機械力により一地點より他の地點に移す装置を**ポンプ** (Pump) と言ひ、液體が水の場合は揚水機といふこともある。廻轉運動によるものと往復運動によるものの二種に大別せられる。前者を**廻轉運動ポンプ** (Rotation pump), 後者を**往復運動ポンプ** (Reciprocating pump) と言ふ。

#### 2. 渦巻ポンプ Centrifugal pump.

渦巻ポンプは廻轉運動ポンプの一種であつて、構造簡單、堅牢なため最も廣く用ひられる。





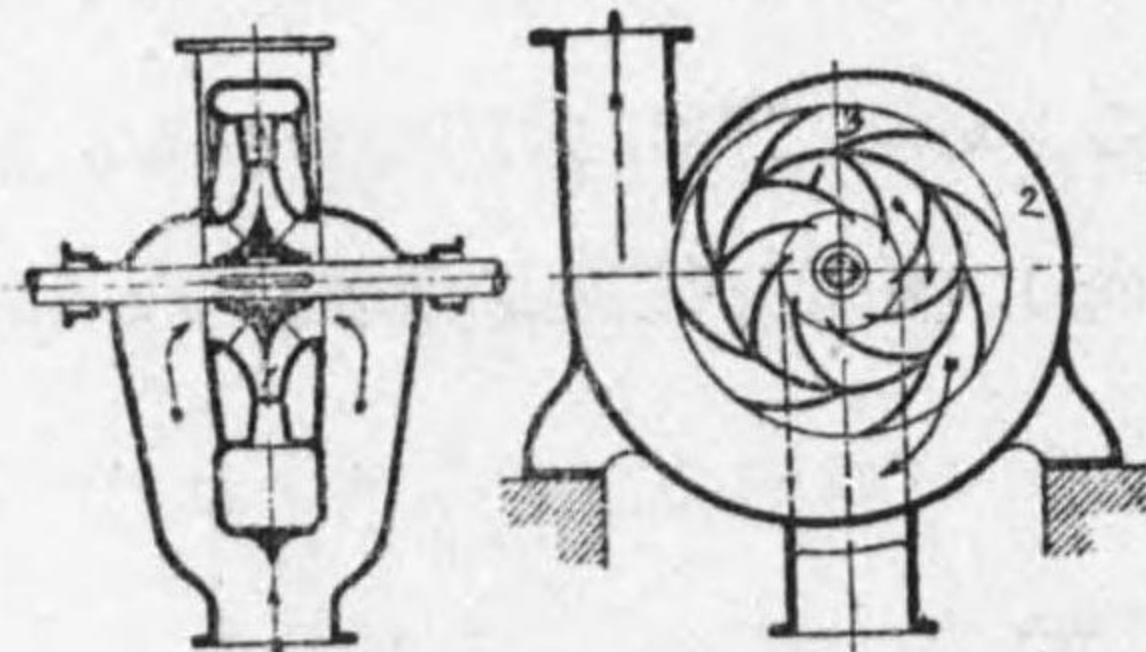
第 4-21 圖 片側吸込渦巻ポンプ

第4-21圖は片側吸込のものを示し水は下の吸込管(Suction pipe)より矢の方向に進み、羽根車1に入り廻轉せらるゝ時は遠心力により渦胴2内に飛出し、揚水管(Delivery pipe)に出るため吸込管には真空を生じ下の水は大氣壓によつてポンプ迄押上げられる。

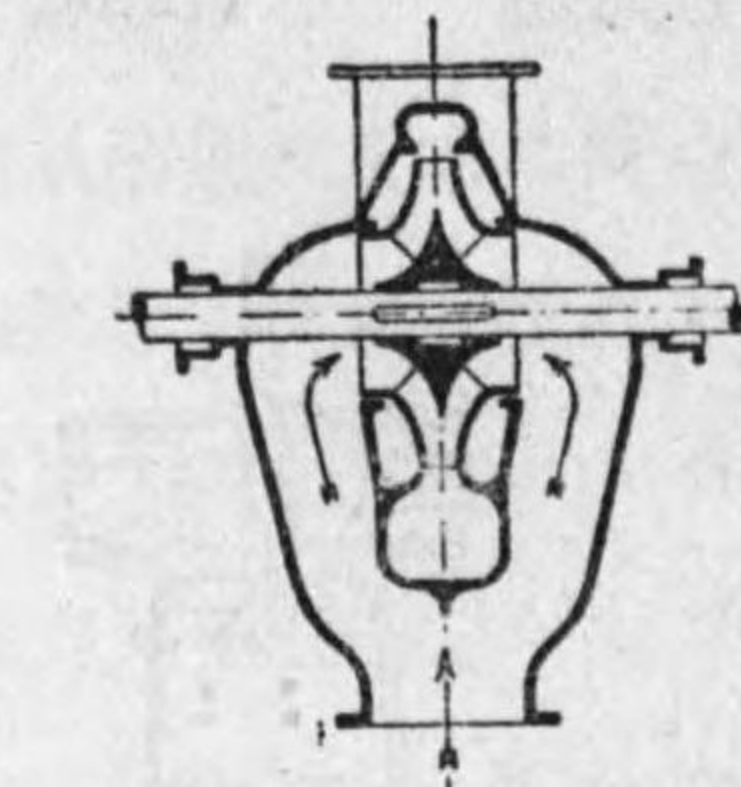
故に水面よりポンプ迄の距離は實際は6米以下なることを要する。

第4-22圖は兩側吸込のものを示す、毎分Q立方メートルの水量をH米の高さに揚げるに要する馬力 H. P は、

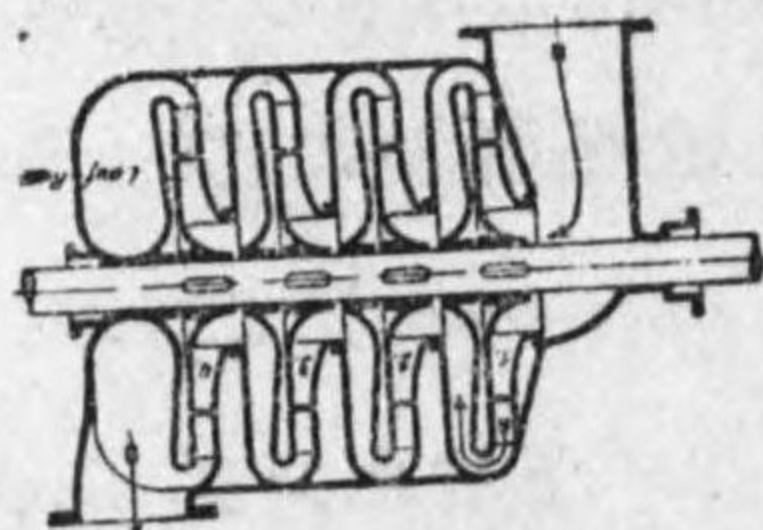
$$H. P = \frac{1000QH}{\eta \cdot 75 \times 60} \dots\dots(9)$$



第 4-23 圖 一段タービンポンプ



第 4-22 圖



第 4-24 圖 四段タービンポンプ

3. タービンポンプ Turbine pump.

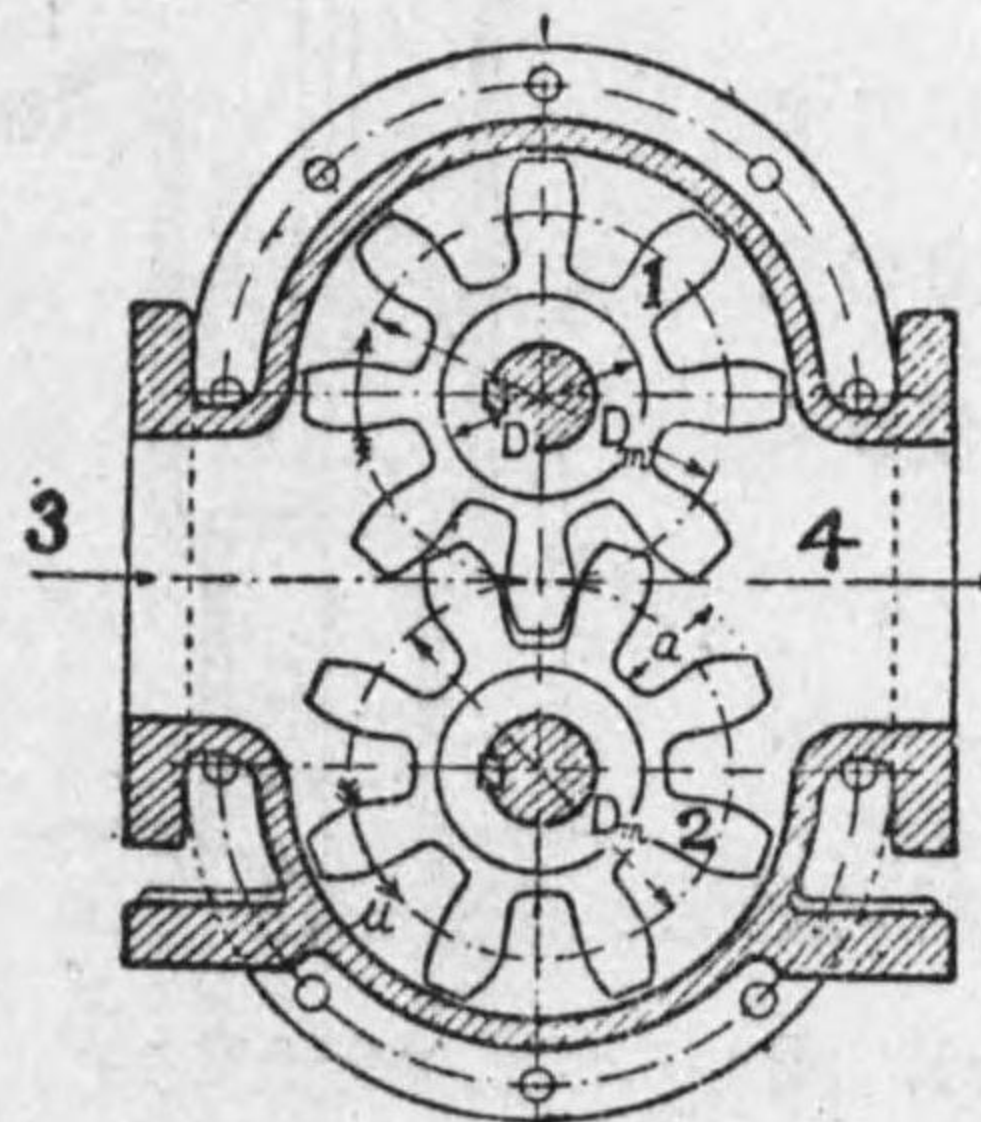
渦巻ポンプは揚程(Lift) 20米位迄であるが之に第4-23圖の様に案内導羽根(Guide Vane) 3 を附けると、著しく其の揚程を高める事が出来る。第4-24圖は同一軸に羽根車及び案内羽根各四つを有し四段タービンポンプと言ふ。其の揚程は一段のもの約四倍、五段のものは五倍となり、多段タービンポンプ(Multi-stage turbine pump)には揚程400米以上に及ぶものもある。ポンプの大きさは普通吸出管の内徑で表はし又時に一分間の揚水量で表はすこともある。

4. 廻轉子ポンプ Rotary pump.

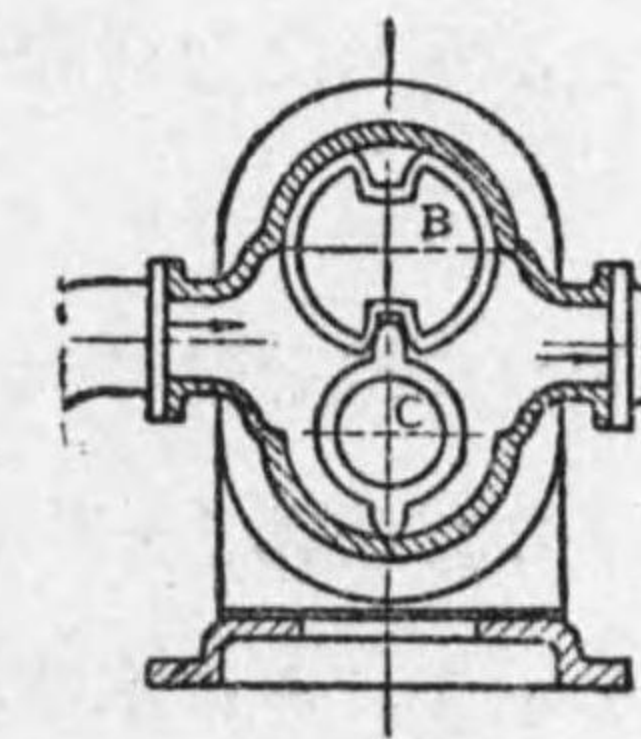
廻轉子の廻轉により液を移動せしむるポンプで、渦巻ポンプも同じく廻轉によるものではあるが、之は遠心力を利用して居る。然し廻轉子ポンプは主として廻轉による壓力を利用する。

廻轉子は1個、2個、3個と三種あるが第4-26圖には2個のものを示す。

第4-25圖はギヤーポンプ(Gear pump)と言ひ、油等の粘液を送るに適する。



第 4-25 圖

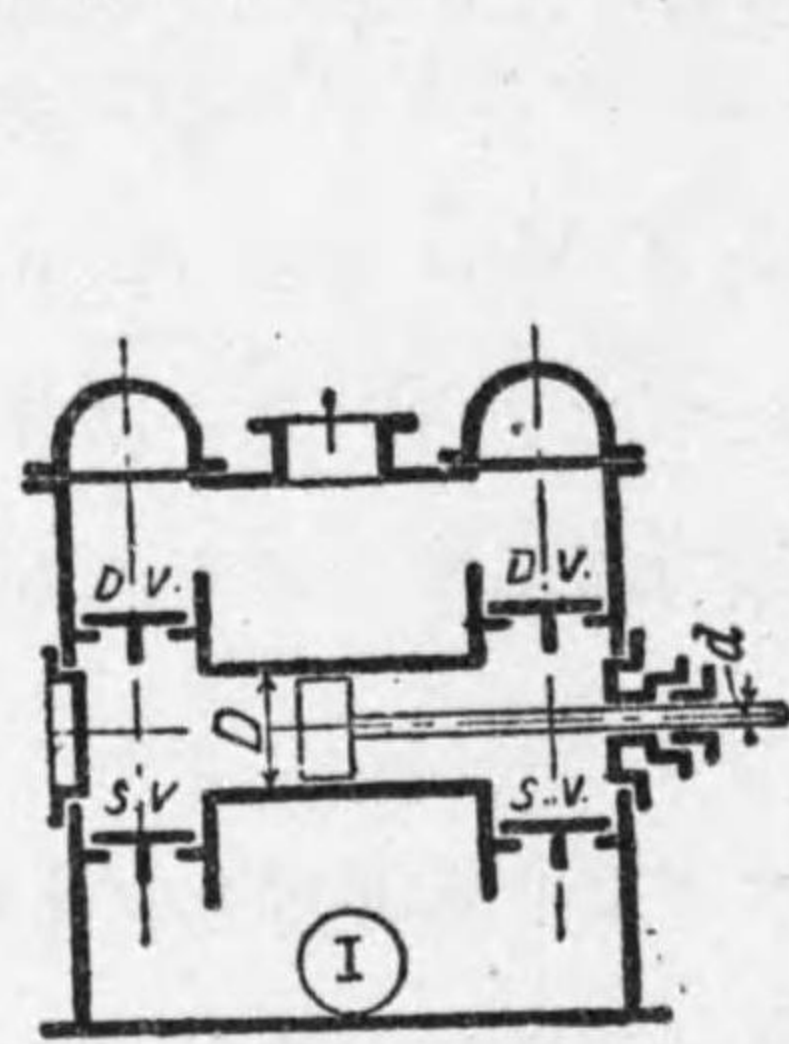


第 4-26 圖

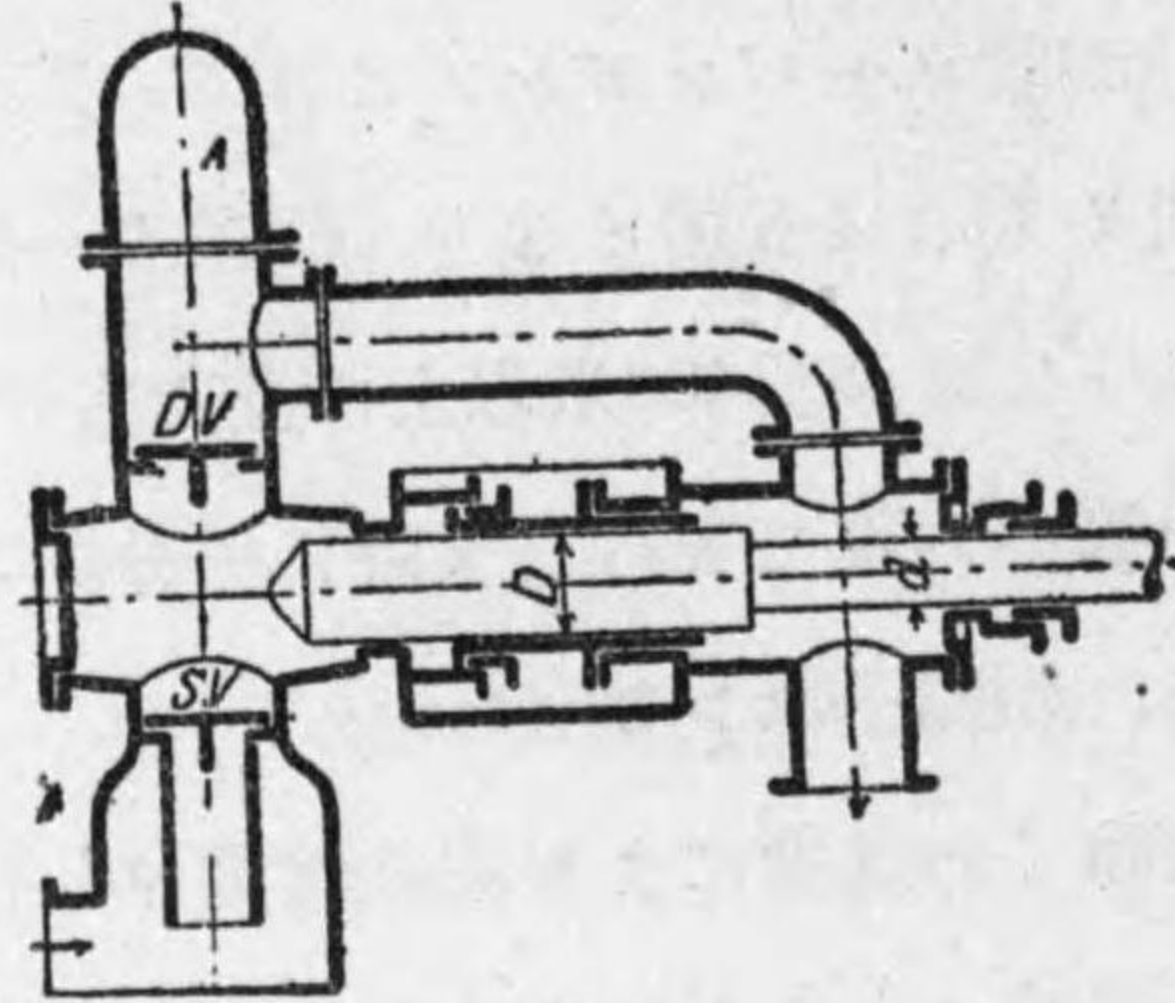


### 5. ピストン、プランチャー及びバケツトポンプ

是等のポンプは何れも往復運動ポンプに屬す。第4-27圖はピストンポンプ (Piston pump) の一種であつてIより吸込みたる水を上



第 4-27 圖

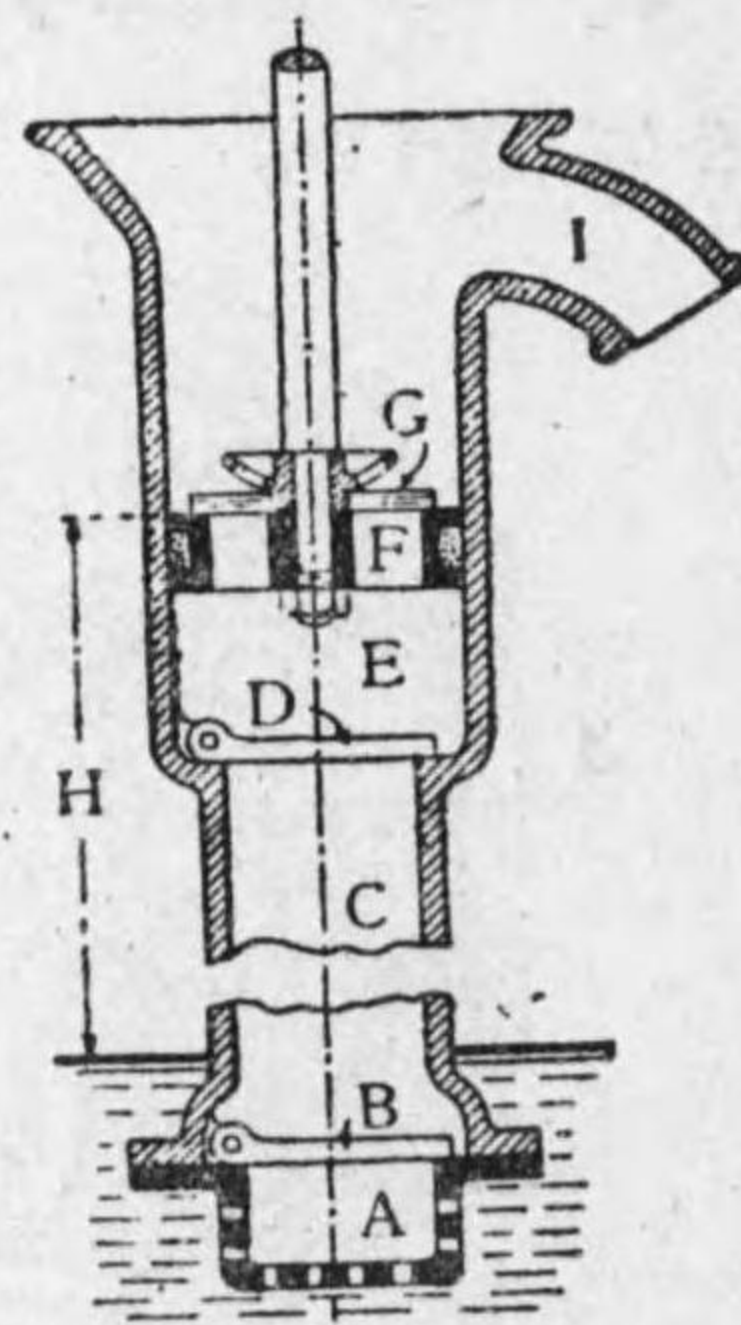


第 4-28 圖

部の送出管より送出す。ピストンが長大となつてシリンダーの外まで伸びたものを、**プランチャー** (Plunger) と言ひ第4-28圖は此の種ポンプの一種を示す。

プランチャーDの往復運動により水は辨SV, DVを経て矢の様に出る。空気室 (Air chamber) Aは往復運動ポンプでは、ピストン等の往復によりポンプ内に壓力の高下を生ずる爲め之を緩和する目的に設けられる。

ピストンに辨を附けたものを**バケツト** (Bucket) と言ひ第4-29圖はこの種ポンプの一種を示す、Aは**水濾器** (Strainer), Bは**底辨** (Foot valve) Fはバケツト, Gは**送出**

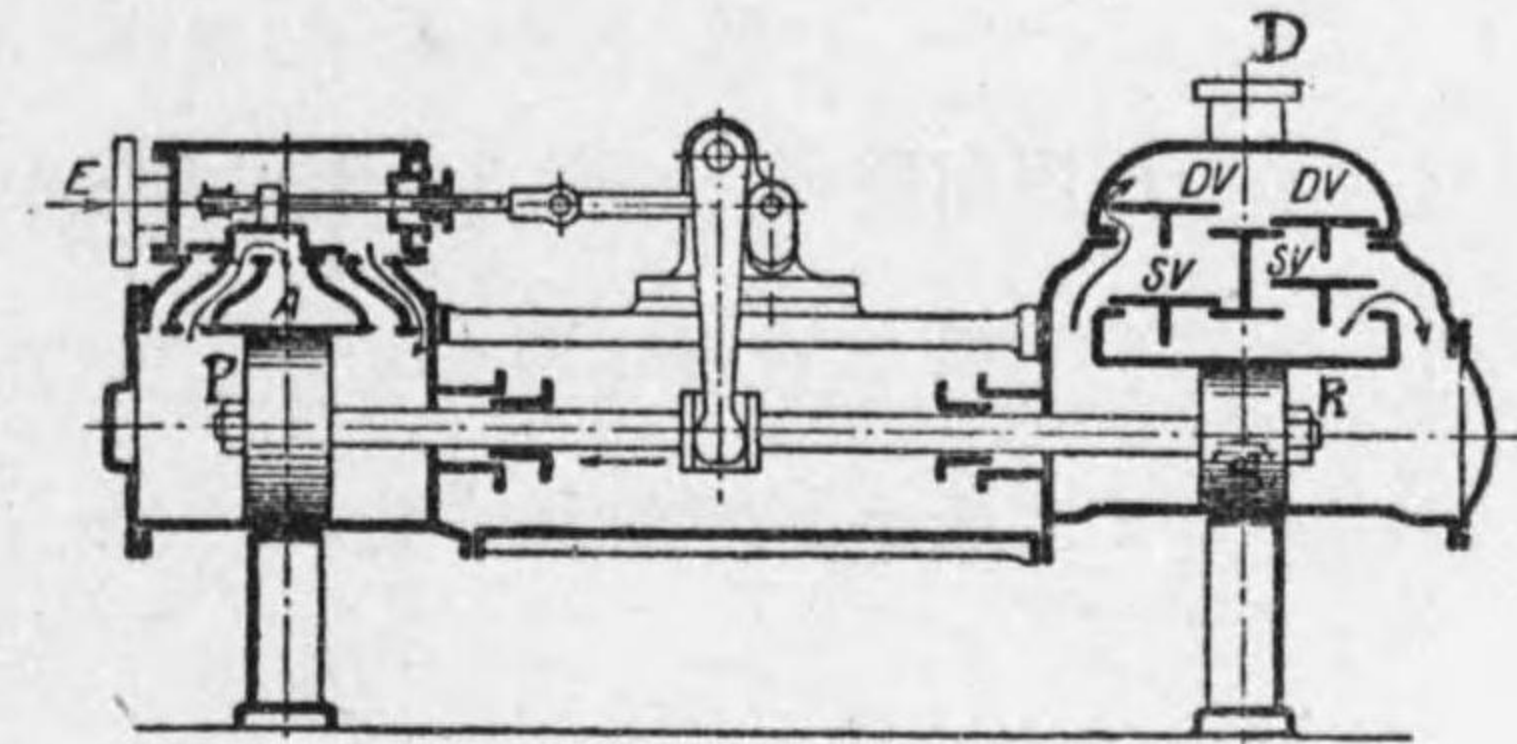


第 4-29 圖

辨 (Delivery valve) を示す。

### 6. ウオシントンポンプ Worthington pump.

Eより入りたる蒸氣はピストンPに往復運動を生せしめ更にRなる水筒内のピストンを動かして吸込口Sより入りたる水は辨SV, DV等を開閉して送出管Dより出でる。



第 4-30 圖 ウオシントンポンプ

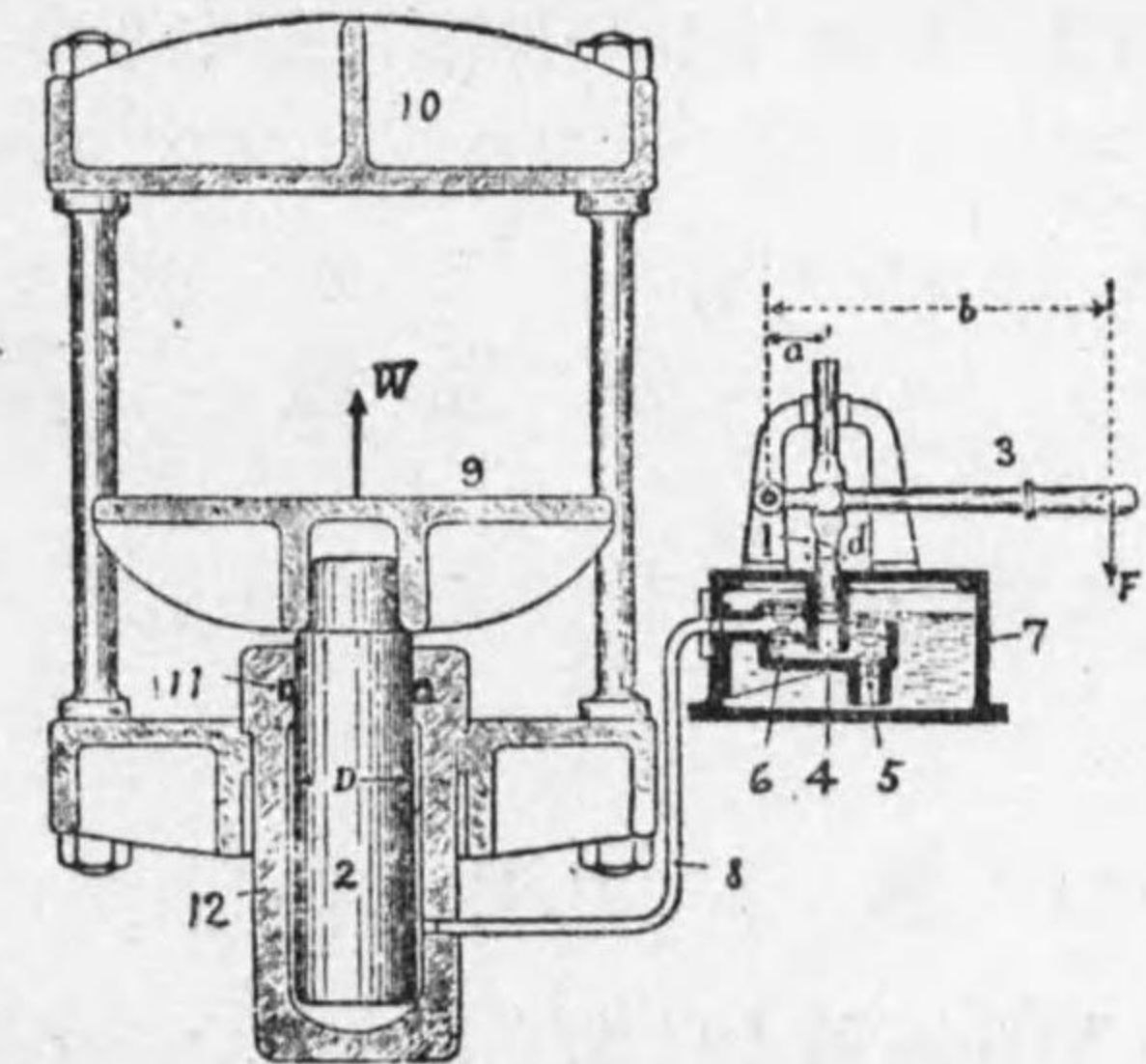
氣筒、水筒各二個並列しピストン桿も二個あつて滑辨をして交互に運動せしめる。そして之は蒸氣罐の給水用として多く用ひられる。

### 7. 水壓器 Hydraulic press.

之は水や油等を中間物とし小なる力を大なる力に変化し、貨物の荷造り、金屬の鍛練壓搾等に用ひられる。

今水壓ポンプの把手3を押し下げ、小徑の**ラム** (Ram) 1を壓下すれば油は6, 5の辨を開閉して管8より壓搾機のラム2の下に入り之を押し上ぐ。

小徑ラム1の下面に作用する油壓力(單位面積當り)と同一の壓力を以て大徑のラムの下面に傳へられるを以て、ラムの作用面積



第 4-31 圖 水 壓 機



の大なる程大なる力を生ずる。

圖にて把手 3 に  $F$  なる力を加ふれば挺子の理により

$$\text{ラム 1 に生ずる力} = F \times \frac{b}{a},$$

$$\text{ラム 1 の作用面積} = \frac{\pi}{4}d^2, \text{ 2 の作用面積} = \frac{\pi}{4}D^2$$

$$\begin{aligned} \text{故にラム 2 に生ずる押上力} &= F \times \frac{b}{a} \times \frac{\frac{\pi}{4}D^2}{\frac{\pi}{4}d^2} \\ &= F \times \frac{b}{a} \times \frac{D^2}{d^2} \end{aligned}$$

今  $F=15$  疋,  $a=80$  耗,  $b=400$  耗,  $d=20$  耗,  $D=140$  耗, とすれば

$$\text{押上力} = F \times \frac{b}{a} \times \frac{D^2}{d^2} = 15 \times \frac{400}{80} \times \frac{140^2}{20^2} = 3675 \text{ 疋}$$

水圧を利用する機械極めて多く, 上記の様に壓搾機, 起重機, エレベーター, ジャツキ, 鋸綴機, 穿孔機, 制動機, 水壓機關等種々ある。何れも同一原理に基くものである。

## 第五章 蒸氣及び蒸氣罐

### 第一節 蒸 氣

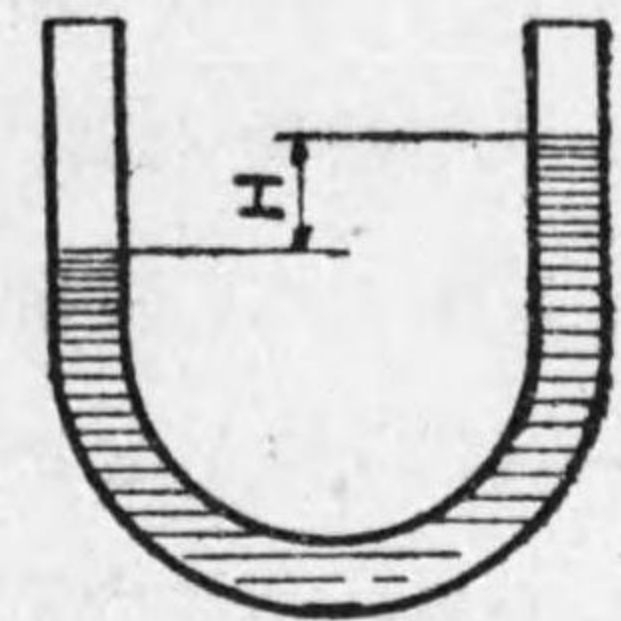
#### 1. 壓 力 Pressure.

單位面積上に働く力の大きさを壓力と言ひ, 普通, 疋/糎<sup>2</sup> ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) にて表はす。地表にては大氣の上層より地表に至る空氣の自重の爲めに壓力を受ける, 之を大氣壓 (Atm. Pressure) と言ふ。壓力を計

るには普通壓力計 (Press. gauge) を用ふるが時として水銀柱或は水柱の高さで表はすこともある。

標準大氣壓 = 760 耗水銀柱 = 1.033 疋糎<sup>2</sup>

即ち 1 標準大氣壓又は 1 氣壓は大略 1 疋/糎<sup>2</sup> の壓力に等し。普通壓力計は大氣壓以上の壓力を表はすもので, 之で計つた壓力をゲージ壓力 (Gauge Pressure) と言ふ。之に對し眞の眞空を基準即ち零として計つた壓力を絕對壓力 (Absolute Pressure) と言ふ。即ち



第 5-1 圖

絕對壓力 = ゲージ壓力 + 大氣壓

大氣壓以下の壓力を計るには眞空計 (Vacuum Gauge) を用ひ, 水銀柱又は水柱の高さで表はす。(第 5-1 圖)

#### 2. 溫 度 Temperature.

寒暖の度を溫度と言ひ寒暖計を用ひて測る。寒暖計には攝氏と華氏とが普通用ひられる。攝氏では標準大氣壓の下に於て純水の氷が融解する溫度を零度とし, 純水が沸騰する溫度を 100 度としたもので, 華氏では氷の融解溫度を 32 度沸騰點を 212 度としたものである。

今或溫度を攝氏では  $C$  で表はし, 華氏では  $F$  で表はすとすれば次の關係がある。

$$F = \frac{9}{5}C + 32, \quad C = \frac{5}{9} \times (F - 32)$$

シャルルの法則によると一定壓力の下に於ては一定量の氣體の容積は, 攝氏の溫度 1 度の上下によつて攝氏零度の時の容積の  $\frac{1}{273}$  宛



増減することゝなる故氣體の容積は攝氏零下273度に於ては總て消滅することゝなる。この時の溫度を絕對溫度の零度と言ひ之を標準として計つたものを絕對溫度の何度と言ふ。

即ち 絕對溫度 = 攝氏溫度 + 273

### 3. 熱量 Heat quantity.

1 瓦の水の溫度を攝氏1度上昇せしむるに要する熱量を1カロリー (Calorie) と言ひ、普通工業上に於ては其の1000倍の1千カロリーを熱量の單位として用ふ。又時として英制熱單位 (B.T.U.) を用ふることもある。

之は純水1封度の溫度を華氏1度だけ上昇するに要する熱量で之を1 B.T.U. と云ふ。

### 4. 比 熱 Specific Heat.

物質の比熱とは其の溫度を攝氏1度高めるに要する熱量と、之と同量の水を同じく1度高めるに要する熱量の比であつて水の比熱は1である。今重量M斤、比熱Cなる物質の溫度を  $t_1^{\circ}\text{C}$  より  $t_2^{\circ}\text{C}$  まで昇すに要する熱量をQ千カロリーとすれば、

$$Q = CM(t_2 - t_1) \dots \dots (1)$$

### 5. 熱の仕事當量

ジュールは種々なる實驗の結果1千カロリーの熱量を全部仕事に轉換せしむれば427千米の仕事をして得る事を確め得た。

吾々は燃料其の他によつて得らるゝ熱エネルギーを利用して種々な仕事を爲す場合、如何なる高能率の機械を用ふるもこれ以上の仕事は爲し得ないのである。即ち1キロカロリー = 427千米の仕事

で之を熱の仕事當量と言ふ。

又 1千米の仕事 =  $\frac{1}{427}$  キロカロリー

之を仕事熱當量 (Heat equivalent of work) と言ふ。

### 6. 水 蒸 氣 Steam.

水に熱を加ふる場合加へられた熱量の一部は水の溫度を上昇するに消費せられ、他の一部は水を蒸發して瓦斯體に變へるに費される水が瓦斯體に變化する現象を蒸發 (Evaporation) と云ひ、瓦斯狀にある水を水蒸氣と言ふ。今大氣中で開放せる器に水を入れて加熱すれば水の溫度は次第に上昇すると同時に水面より水蒸氣の發生するを見る、漸次溫度が上昇して遂に  $100^{\circ}\text{C}$  に達すると如何に強烈に加熱するもこれ以上溫度は昇らない。之によつて加へられたる熱量は全部蒸發に費された事がわかる。

而してこの時水の内部にも盛に蒸氣の氣泡を發生して蒸發は一時に盛になる。此の現象を沸騰 (Boiling) と言ひこの時の溫度を沸騰點と言ふ、蓋しこの時發生した水蒸氣の壓力はこの溫度で大氣の壓力と釣合ひたるものと考へられる。

次にこの器に蓋をし之に重錘を載せて更に加熱を續けると水の溫度は次第に上昇して、 $100^{\circ}$  以上に至るも沸騰することはない。而して又或る一定溫度に達すれば盛に蒸發して沸騰するを見る、蓋しこの際この溫度によつて發生する蒸氣の壓力は、蓋の重みによる壓力と大氣壓との和に等しくして釣合つたものと考へられる。

即ちこれらによつて考へると蒸氣の溫度と壓力との間には一定の關係あることを知る。この溫度を飽和溫度と言ひ、これに對する壓



第 5-1 表 飽和蒸氣特性表(機械學會)

絶對壓力 pkg/cm <sup>2</sup>	飽和溫度 t <sub>2</sub> °C	感熱 h kcal/kg	潜熱 L kcal/kg	全熱 H kcal/kg	體 積 V m <sup>3</sup> /kg	水の體積 V <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /kg
0.50	80.9	80.81	550.93	631.74	3.301	0.001030
1.0	99.1	99.12	539.85	638.97	1.726	0.001043
1.033	100.0	100.04	539.27	639.31	1.674	0.001043
1.5	110.8	110.9	532.4	643.9	1.1807	0.001052
2.0	119.6	119.9	526.6	646.5	0.9019	0.001060
3.0	132.9	133.3	517.5	650.8	0.6166	0.001072
4.0	142.9	143.6	510.3	653.9	0.4705	0.001083
5.0	151.1	152.1	504.2	656.3	0.3813	0.001092
6.0	158.1	159.3	498.8	658.1	0.3210	0.001100
8.0	169.6	171.3	489.6	660.9	0.2455	0.001114
10.0	179.0	181.2	481.7	662.9	0.1977	0.001126
12	187.1	189.7	474.8	664.5	0.1661	0.001137
14	194.1	197.2	468.4	665.6	0.1432	0.001147
16	200.4	204.0	462.6	666.6	0.1259	0.001157
18	206.1	210.2	457.1	667.3	0.1123	0.001166
20	211.4	215.8	452.0	667.8	0.1014	0.001175
22	216.2	221.2	447.0	668.2	0.09235	0.001183
24	220.8	226.2	442.4	668.6	0.08479	0.001191
26	225.0	230.9	437.9	668.8	0.07834	0.001199
28	229.0	235.4	433.5	668.9	0.07279	0.001206
30	232.8	239.6	429.4	669.0	0.06795	0.001214
34	239.8	247.6	421.3	668.9	0.05992	0.001228
40	249.2	258.5	409.9	668.4	0.05078	0.001249
50	262.7	274.2	392.7	666.9	0.04027	0.001282
60	274.3	288.1	376.4	664.5	0.03313	0.001314
70	284.5	300.8	360.8	661.6	0.02795	0.001346
80	293.6	312.5	345.6	658.1	0.02400	0.001378
90	301.9	323.7	330.6	654.3	0.02089	0.001411
100	309.5	334.4	315.5	650.0	0.01837	0.001445
120	323.1	354.8	285.9	640.7	0.01452	0.001581
140	335.1	374.2	256.0	630.2	0.01171	0.001600
160	345.7	393.0	225.2	618.2	0.009540	0.001697
180	355.4	412.2	191.5	603.7	0.007773	0.001822
200	364.1	434.1	150.0	584.1	0.006198	0.002005
220	372.1	469.4	80.1	549.5	0.004446	0.002428
225.2	374.0	509.5	509.0	509.5	0.003198	0.003198

力を飽和壓力、亦このときの蒸氣を飽和蒸氣 (Saturated Steam) と言ふ。

### 7. 顯熱, 潜熱, 全熱

顯熱 (Sensible heat) とは 1 斤の水を 0°C より沸騰點まで熱するに要する熱量を言ひ、寒暖計を用ひて計ることが出来る。

潜熱 (Latent heat) とは沸騰點に於ける水を同温度の飽和蒸氣にするに要する熱量でこれは寒暖計を以て計ることは不能であつて實驗により求められる。全熱 (Total heat) とは顯熱と潜熱との和で、即ち 0°C の水 1 斤を全部或る温度の飽和蒸氣に變へるに要する熱量である。

### 8. 飽和蒸氣, 過熱蒸氣。

ある壓力の本に於て 0°C の水に熱を加へてその壓力に對する飽和温度に達すると水は沸騰して盛んに蒸發し所謂飽和蒸氣となつて全熱を有するが、この飽和蒸氣より少しでも熱を奪ふときは、その一部は水にかへつて水滴となり飽和蒸氣中に含む、これを濕り飽和蒸氣 (Wet Saturated Steam) と言ひ、これに對し水分を含まざるものを乾燥飽和蒸氣 (Dry Saturated Steam) と言ふ。

ある温度ある壓力の飽和蒸氣を全く密閉せる器に入れて加熱するときはその温度は壓力に關せず上昇するもので蓋し、最早蒸發すべき水分なきによる。かゝる蒸氣を過熱蒸氣 (Super heated steam) と言ひ飽和蒸氣のときの温度よりも昇りたる温度を過熱度 (Degree of super heat) と言ふ。

### 第二節 燃 料



## 1. 燃料 Fuel 及び燃焼 Combustion.

物體が酸素と化合して強き熱と光を發する現象を燃焼と言ふ。燃焼する物體の熱を利用すると考ふるときは之を燃料と言ふ。

燃料は燃焼に際して空氣中の酸素(O), と化合しその成分中の炭素(C), は炭酸瓦斯(CO<sub>2</sub>), 又は一酸化炭素(CO), となつてこの際強き熱及び光を發する。一酸化炭素を生ずるは空氣の供給不充分によるもので發熱もまた不充分である。之を**不完全燃焼** (Incomplete combustion)と言ふ。炭酸瓦斯はその成分炭素が充分酸素と化合して生ずるもので發熱亦充分である。之を**完全燃焼** (Complete combustion)と言ふ。

## 2. 燃料の發熱量と蒸發力

固體及び液體燃料1斤又は瓦斯體燃料1立方尺が完全燃焼したとき發生する熱量をその燃料の發熱量 (Calorific value) と言ひ、又この熱によつて100°C, の水を100°C の蒸氣に幾斤蒸發し得るかをその燃料の蒸發力 (Evaporative power) と言ふ。100°C の水1斤を100°C の蒸氣にするに539キロカロリーを要するから

$$\text{蒸發力} = \frac{\text{發熱量キロカロリー毎斤}}{539}$$

## 3. 固體燃料 Solid fuel.

固體燃料には無煙炭, 有煙炭, 褐炭, 泥炭, 微粉炭等の石炭系に屬するもの, 及び薪材, 木炭, 骸炭, 煉炭等あり。石炭系に屬するものは太古の植物が多年地中に埋没して炭化したるもので**無煙炭** (Anthracite) は炭化度最も著しく, 燃焼の際は殆んど煙を發せず發

熱量また最も大なるも焰の短きを缺點とする。有煙炭 (Bituminous coal) はその炭化度無煙炭に次ぎ燃え易く安價なる故最も廣く用ひられる。有煙炭には**粘結性石炭** (Caking coal) と**不粘結性石炭** (Non-caking coal) とあり。前者は燃焼の際その燃え殻が粘着するもので, これを燃料として用ふるときは火格子に粘着して空氣の流通を害する故適當に不粘結性石炭と混するを可とする。粘結性石炭はコークス製造又は石炭瓦斯發生に最も適し, 不粘結性石炭は一般燃料に適當である。

褐炭は亞炭とも言ひ炭化の度低く水分灰分共多量に含まれ燃料としては不適當で, 其他コークス, 木炭, 薪, 煉炭等は一般燃料として廣く用ひられる。

第5-2表

燃料の種類	1斤燃焼による發熱量(斤カロリー)	燃料の種類	1斤燃焼による發熱量(斤カロリー)
木炭	7200	コークス	7200
泥炭	3600	煉炭	8300
褐炭	6000	石油	11000
有煙炭	8000	重油	10000
無煙炭	8300	ガソリン	10000

## 4. 液體燃量 Liquid fuel.

液體燃料中地下より湧出する**原油** (Crude oil) を分溜精製した石油系のもの及びそれ以外の**コールタール**, **ベンゾール**, **アルコール**, **シエール油**等あり。**揮發油** (Gasoline) は原油を150°C以下にて蒸溜したもので, 比重最も小さく, 引火し易い。**燈油** (Kerosene) は



150°~300°Cで出で来るもので普通石油と言ひ、その中で比重ポーム27~37度のものを特に軽油と言ふ。重油は原油より燈油を蒸溜した残滓で、黒褐色の濃厚な液體で比重また大でディーゼル機關の燃油その他減摩油として使用せられる。

**コールタール** (Coal tar) は石炭瓦斯製造の際副産物として生ずるもので、蒸溜精製してディーゼル機關に用ふ。**タール油** (Tar oil) はコールタールの蒸溜により得られ、ディーゼル機關の燃料とし、**ベンゾール** (Benzol) はコールタールを精製して得られ、揮發油と同じく内燃機關の燃料として用ひられる。

**アルコール** (Alcohol) は諸種の澱粉及び木材等より合成して作られ人造液體燃料として最近特に重要視せらるゝに至つた。

**シエール油** (Shale oil) は油母頁岩 (Oil Shale) を乾溜して得らるゝもので殆ど重油と類似の性質を有して居る。

#### 5. 瓦斯體燃料 Gaseous fuel.

内燃機關に用ふる瓦斯燃料の主なるものは**石炭瓦斯** (Coal gas), **發生器瓦斯** (Producer gas), **コークス爐瓦斯** (Coke Oven gas), **熔鑛爐瓦斯** (Blast furnace gas), **天然瓦斯** (Natural gas) 等あり。

發生器瓦斯は發生爐にて石炭、木炭、薪等を不完全に燃焼して得られ、熔鑛爐瓦斯は熔鑛爐操業の際に得らるゝもので、質悪しく特種の機關に用ひらる。

### 第三節 蒸 汽 鍋

#### 1. 蒸気鍋 Steam boiler.

蒸気鍋は密閉した容器内に比較的少量の蒸気を發生せしむるもので其の主要部は水及び蒸気を貯ふる罐胴と、燃料を載せて燃焼せしむべき**火格子**、燃料に空気を與へて完全に燃焼を行はしむべき**燃焼室**、發生せる熱を水或は蒸気に傳ふる**傳熱面**及び煙突、煙道等より成つて居る。

#### 2. 蒸気鍋の馬力 Boiler Horse Power.

蒸気鍋の**商用馬力** (Commercial horse power) とは一時間に 100°C の水34.5封度を 100°C の水蒸気に變へしめる能力で、之は亦毎時 100°C の水15.65盃を同温度の蒸気に變へしめる能力に等しい。

又**公稱馬力** (Nominal horse power) とは罐の傳熱面積が10平方呎即ち約1平方米を以て一馬力と定められたものである。

#### 3. 燃焼率 Rate of Combustion.

罐の燃焼率とは火格子の單位面積 ( $1\text{ m}^2$ ) 上で一時間に燃焼する燃料の重量 (kg) を言ふ。重油や瓦斯等を燃料とし火格子の無い場合には、燃焼室の單位容積 ( $1\text{ m}^3$ ) で一時間に燃焼する燃料の有する熱量で表はす。即ち 盃/平方米/時、キロカロリー/立方米/時。

#### 4. 相當蒸發量及び蒸發係數

蒸気鍋に同じ熱量を加へても其の發生する蒸気の量は最初の給水 (Feed Water) の温度と生じた蒸気の温度や壓力で異なる。

蒸気鍋にある温度の給水を入れて加熱し、ある温度の水蒸氣をある重量だけ蒸發したとき、これと全く同熱量を用ひ 100°C の水より 100°C の水蒸氣に蒸發し得べき蒸氣の量を**相當蒸發量** (Equivalent evaporation) と言ひ、これに對し前の實際に蒸發した蒸氣の量を實



際蒸發量 (Actual evaporation) と言ふ。

實際蒸發量を相當蒸發量に換算するには、之に蒸發係數を乗すればよい。即ち相當蒸發量 = (蒸發係數) × (實際蒸發量)

第 5-3 表 蒸 發 係 數 表

給 水 温 度 °C	蒸 氣 ゲ ー ジ 圧 力 kg/cm <sup>2</sup>												
	6	8	10	12	14	18	22	26	30	35	40	45	50
10	1.207	1.212	1.215	1.217	1.219	1.221	1.222	1.222	1.221	1.219	1.217	1.214	1.211
15	1.193	1.202	1.206	1.203	1.210	1.212	1.213	1.212	1.212	1.210	1.203	1.205	1.202
20	1.188	1.193	1.196	1.199	1.200	1.202	1.203	1.203	1.202	1.201	1.193	1.196	1.192
25	1.179	1.184	1.187	1.190	1.161	1.193	1.194	1.194	1.193	1.191	1.189	1.186	1.183
30	1.170	1.174	1.178	1.180	1.182	1.184	1.185	1.185	1.184	1.182	1.180	1.177	1.174
35	1.161	1.165	1.169	1.171	1.173	1.175	1.175	1.175	1.175	1.173	1.170	1.168	1.165
40	1.151	1.156	1.159	1.162	1.163	1.165	1.166	1.166	1.165	1.164	1.161	1.159	1.155
45	1.142	1.147	1.150	1.153	1.154	1.156	1.157	1.157	1.156	1.154	1.152	1.149	1.146
50	1.133	1.137	1.141	1.143	1.145	1.147	1.148	1.148	1.147	1.145	1.143	1.140	1.137
60	1.114	1.119	1.122	1.125	1.126	1.128	1.129	1.129	1.128	1.127	1.124	1.121	1.118

### 5. 蒸気罐の効率 Efficiency of Boiler.

$$\text{罐の効率} = \frac{\text{(発生した蒸気の熱量)}}{\text{(使用した燃料の全熱量)}}$$

$$= \frac{539 \times (\text{實際蒸發量}) \times (\text{蒸發係數})}{(\text{燃料の發熱量キロカロリー毎}) \times (\text{燃料の消費量})}$$

(例) 發熱量 7200 キロカロリー / 珪の石炭 500 珪を燃焼して 20°C の給水よりゲージ壓力 22 珪 / 珪<sup>2</sup> の蒸氣 3600 珪を得たり。この蒸氣罐の効率何%なりや。

(解) 蒸氣係數 = 1.203……表 = ヨル。

$$\text{故 罐の効率} = \frac{539 \times 3600 \times 1.203}{7200 \times 500} = 0.648 = 64.8\%$$

### 6. 罐 の 分 類。

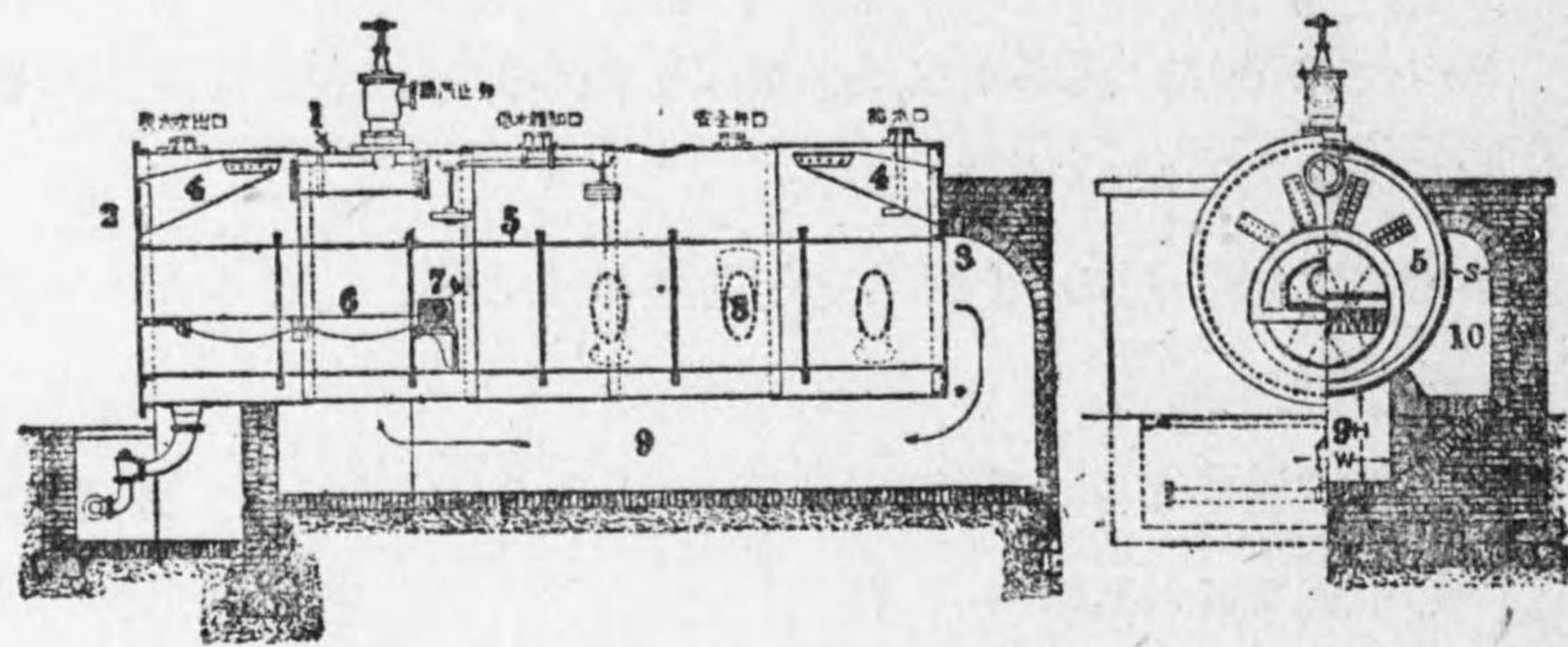
- 1) 形狀により、圓胴罐 (Shell Boiler) 及び寄合罐 (Sectional Boiler) に分け、前者は水及び蒸氣を保つ部分が大きな圓胴形をなすもの(第 5-2 圖) 後者は二個以上の圓胴と之等を連結する管よりなるもの(第 5-8 圖)
- 2) 据付位置により、横罐 (Horizontal Boiler) 第 5-4 圖、豎罐 (Vertical Boiler) 第 5-5 圖。
- 3) 加熱管の種類により、水管罐 (Water tube Boiler) 第 5-10 圖。煙管罐 (Smoke tube boiler), 第 5-8 圖。前者は管中に水が通りその周圍の燃焼ガスで熱せられ、後者は管中をガスが通りその周圍の水を熱す。
- 4) 使用の場所により、陸上罐 (Land Boiler) 第 5-4 圖。船用罐 (Marine Boiler) 第 5-8 圖。
- 5) 運搬の可能、不可能により、定置罐 (Stationary Boiler) 第 5-9 圖、運搬罐 (Portable Boiler) 第 5-6 圖等に分かれる。

### 7. コルニシ罐 Cornish Boiler.

横置圓胴罐に屬しその主要部分は鋼板を圓筒形に彎曲した罐胴 1 とその中に之より徑の小なる焰管 (Furnace) 5 を一本入れ左右兩端を鏡板 2, 3 で鉋付し焰管 5 の左端に火格子 6 を装置して、この上に燃料を燃焼せしめその焰は焰管を通つて右に出で、罐胴の下を通つて左に出で更に胴の左右兩側に分れて右端より主煙道に出でて煙突



より大氣中に逃がれる。この間に焔管と罐胴間にある水に熱を與へて蒸氣を發生せしめる。罐に水を入れるには給水ポンプにて給水口

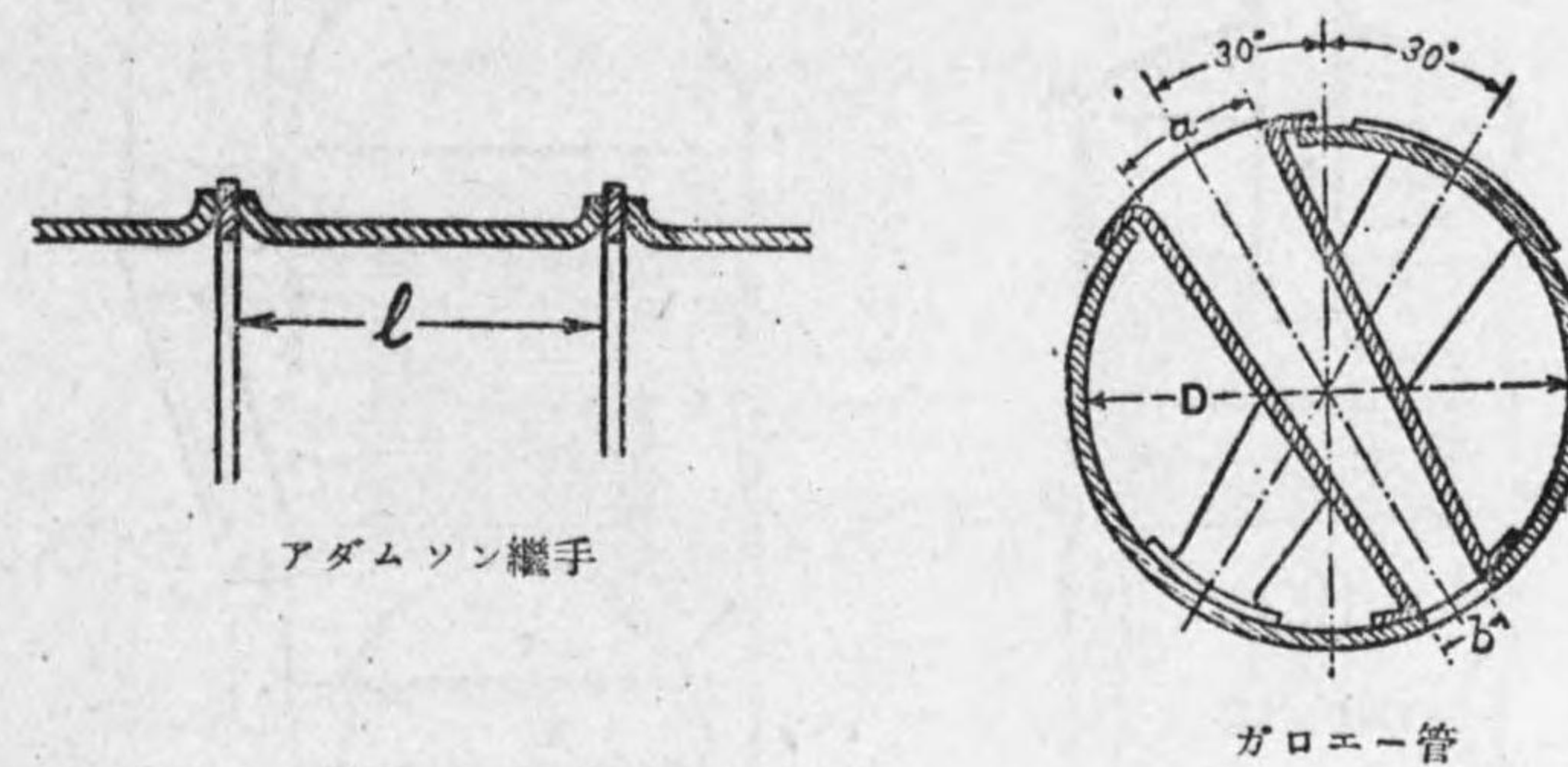


第 5-2 圖 コルニシ罐

より、また蒸氣を取出すには蒸氣止弁を開く。罐内の蒸氣壓が規定以上に達すると安全弁は自動的に作用して罐内の蒸氣を噴出す。又罐内の水面が規定以下に降下すれば低水報知器により自動的に警笛を發するのみならず、罐の適當な所には水壓計及び水位計を取付け常に罐内の壓力及び水位を知らしめる。人孔 (Man hole) は平常は之を密閉するが必要な場合之を開き人が罐内に出入して掃除修繕等を行ふ。低面吹出し及び表面吹出しは必要に應じ罐内の蒸氣及び水 泥等を吹出さしめる。4 のおくみ板 (Gasset stay) は鏡板と罐胴を支へるためその間に鋼板を渡して山形鋼で取付補強をする。

焔管は鋼板の兩端を第 5-3 圖の如く曲げその間に鋼板の輪を夾んで銜締とする。之をアダムソン繼手 (Adamson's joint) と言ひ焔管を強めるのみならず熱による膨脹に對し自由性を得せしめる。

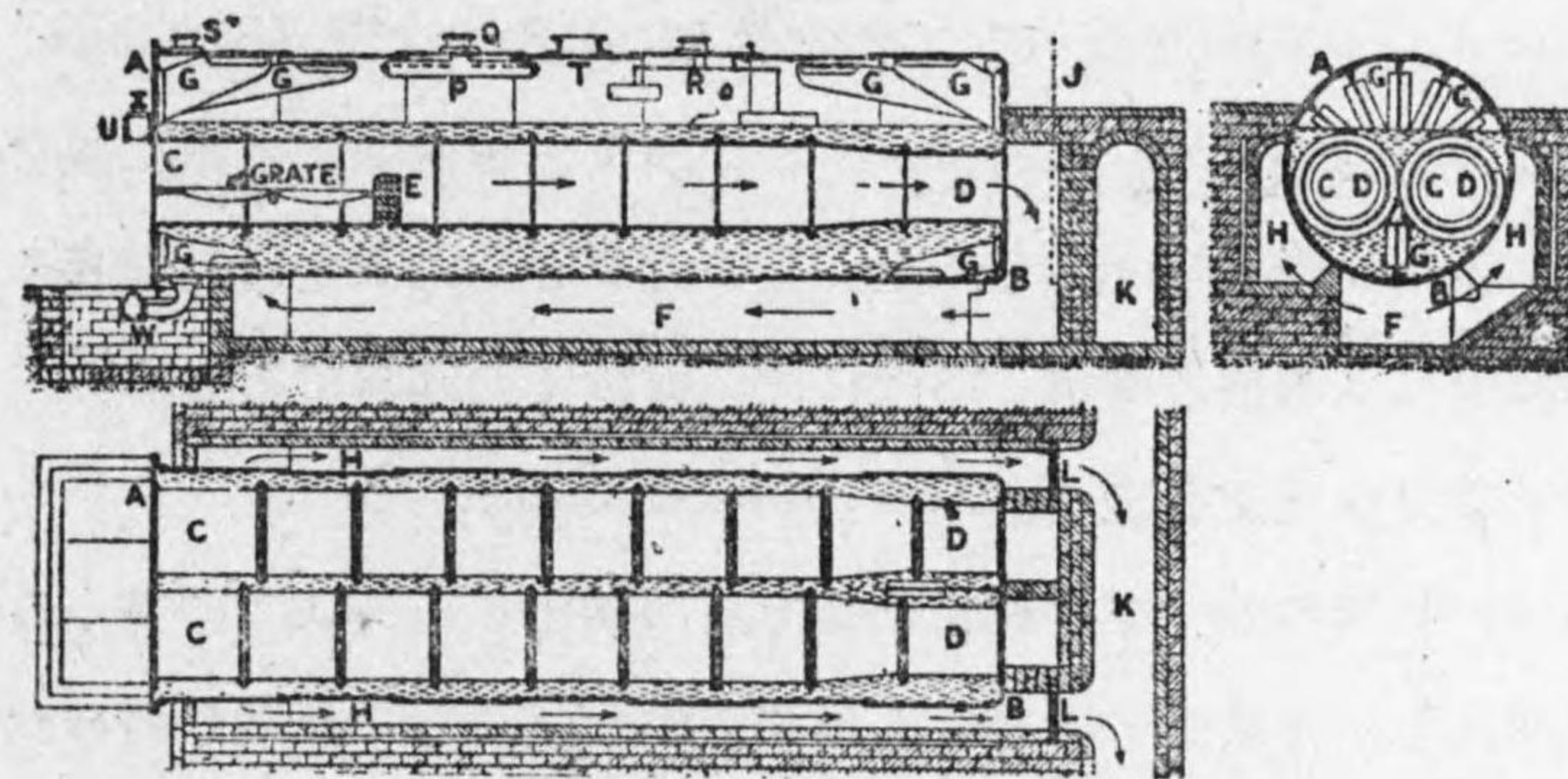
8 のガロエー管 (Galloway tube) は交互に傾斜クロスして焔管中に



第 5-3 圖

取付け水を通じて傳熱面を増加するのみならず焔管を補強する。

8. ランカシ罐 Lancashire Boiler.

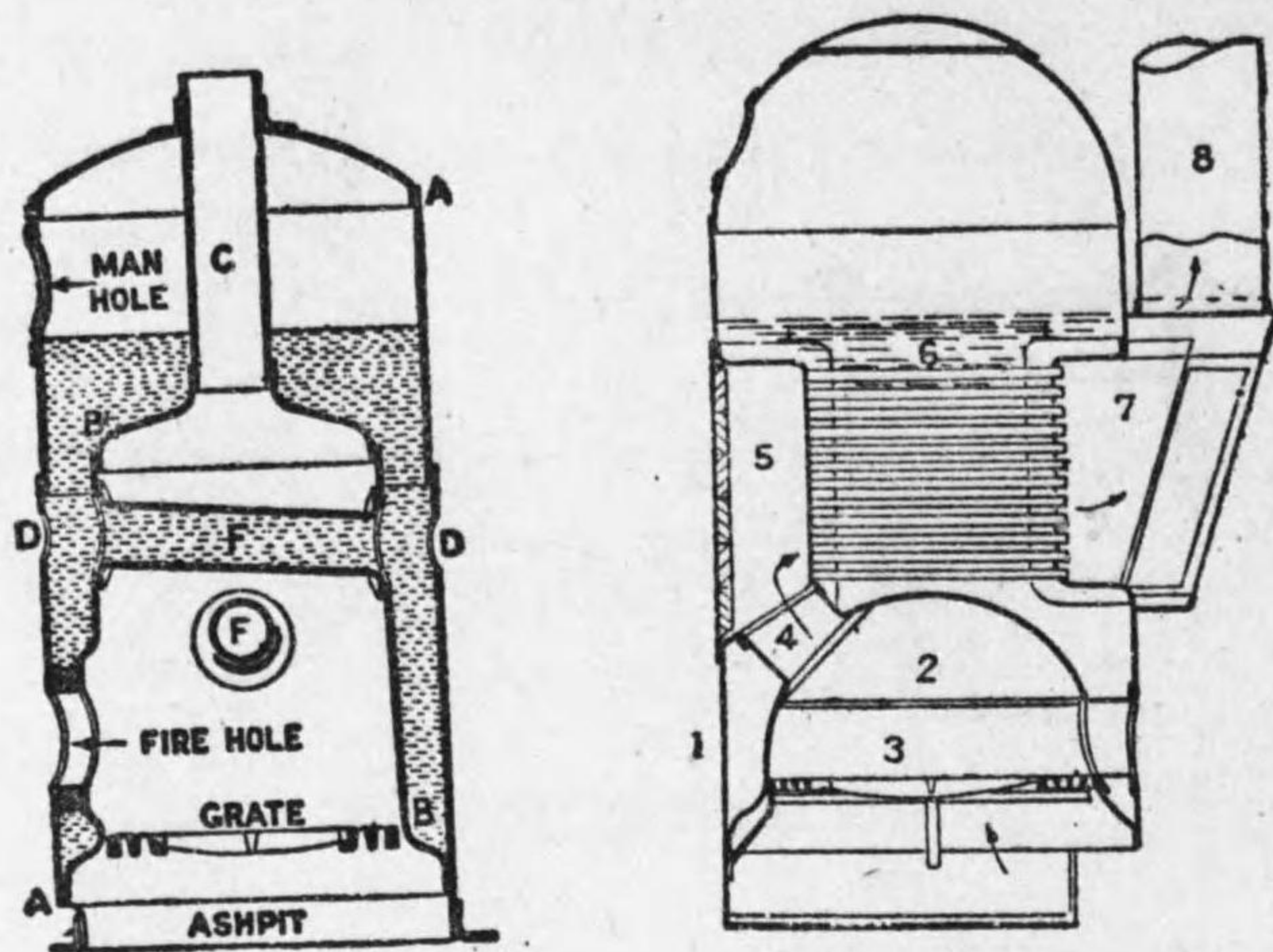


第 5-4 圖 ランカシ罐

第 5-4 圖はこの罐の据付を示し、コルニシ罐の焔管を二個に増加せるを異にするのみで他は全く同様である。

9. 横筒式豎罐 Vertical Cross tube Boiler.





第 5-5 圖 横筒式蒸気鍋

第 5-6 圖 コックラン鍋

第 5-5 圖の如く縦式圓筒鍋で、焚口 (Fire hole) より火格子 (Grate) 上に燃料を投入して燃焼せしめ B なる火室 (Fire box) 及び F なる横管 (Cross-tube) 2-3 本の有する傳熱面より水に熱を與へ C なる上り路 (Up-tube) に至り更に煙突より大氣中に放散する。傳熱面少なきも構造簡單、運搬に便、据付また容易である。

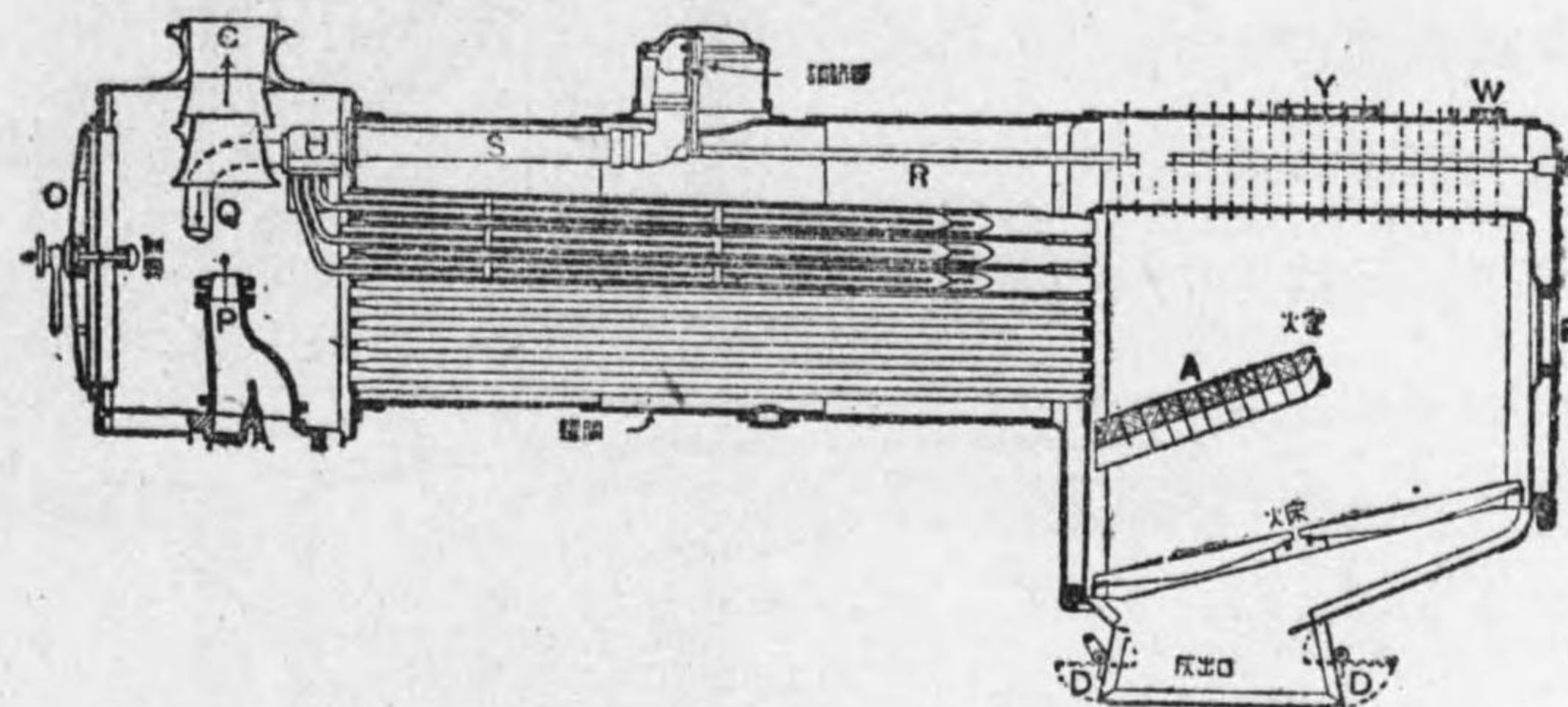
10. コックラン縦鍋 Cochran Vertical Boiler.

第 5-6 圖の如く亦縦式圓筒鍋で前の横管 F のかはりに多くの煙管を挿入し、傳熱面を増加し又頂部を半球状にして罐胴を強めたるもので、縦鍋中最も熱効率の良いものである。

11. 機關車鍋 Locomotive Boiler.

焚口 F より火床上に燃料を投入して燃焼せしめ、その高温瓦斯を耐火煉瓦にて作れるそらせ板 A を廻つて成る可く火室の周圍の水に接近せる所を通過せしめ多數の水平な煙管を通つて、煙突下の煙室

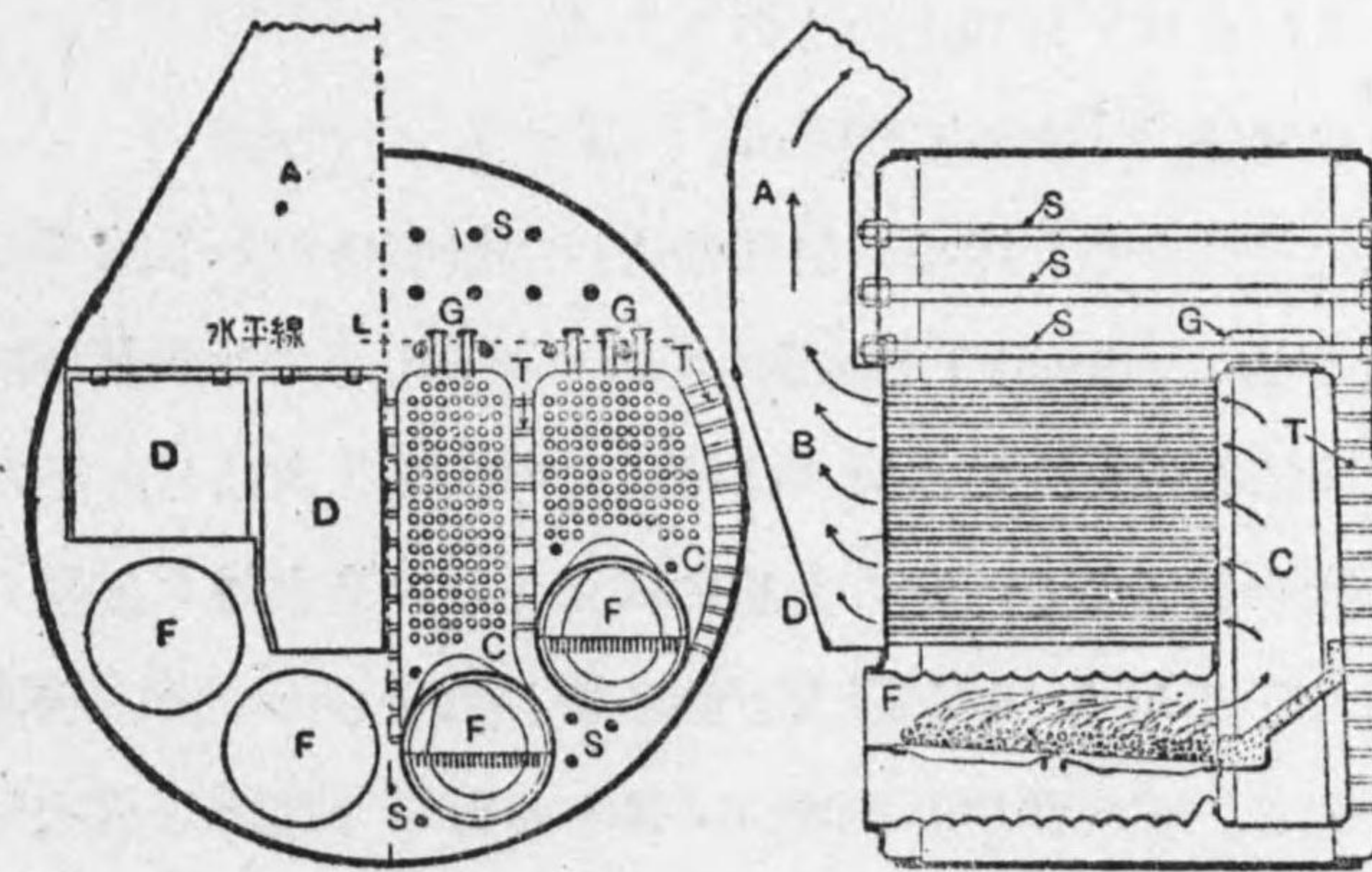
に至り、こゝで P より蒸氣機關の發氣で煙突中に吹出される。扉 O は時々之を開いて煙室及び煙管を掃除する。M は蒸氣溜で之より機關の氣筒に管にて連結して蒸氣を送る。



第 5-7 圖 汽 車 鍋

12. スコッチ船用鍋 Scotch Marine Boiler.

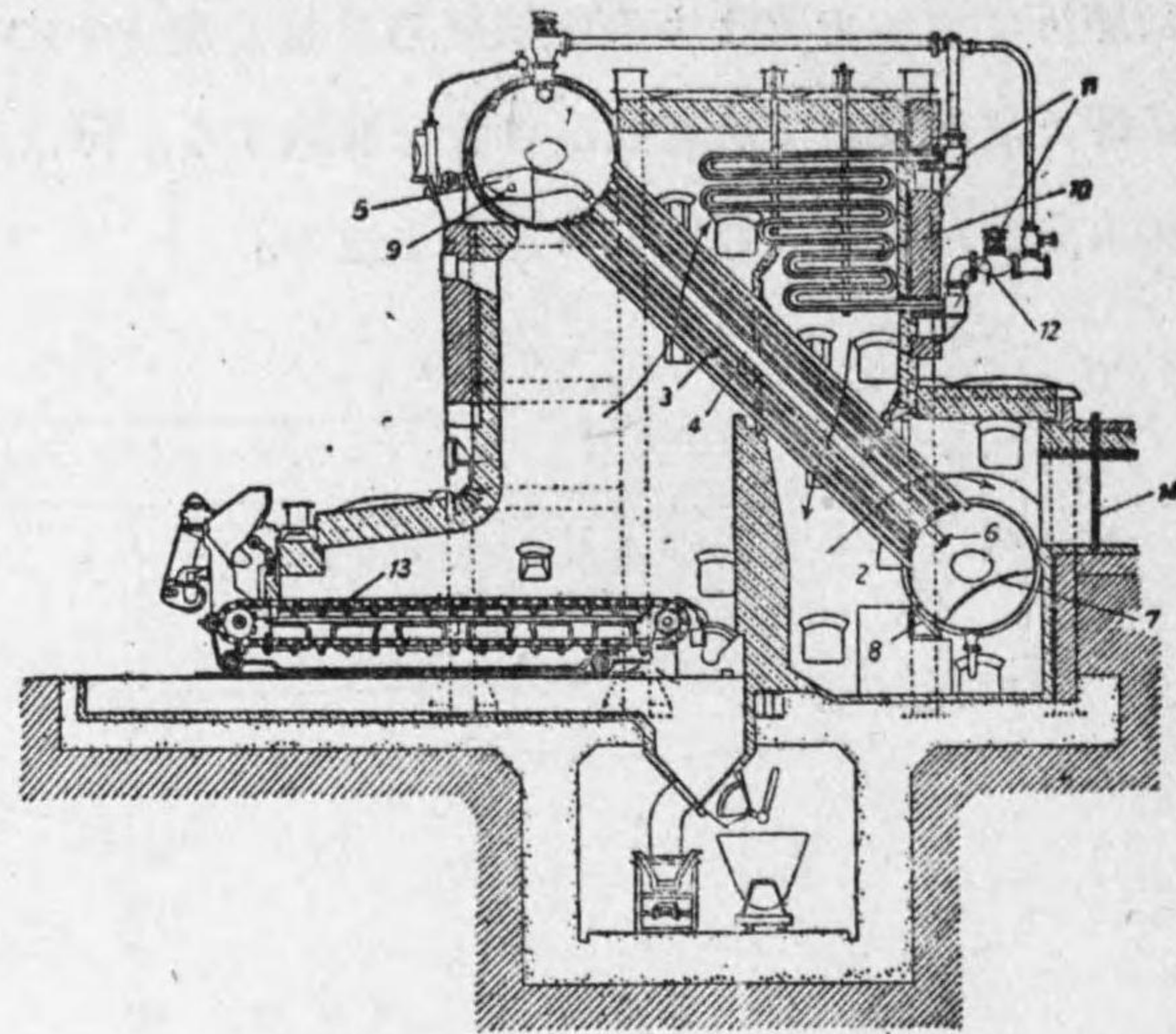
この蒸気鍋は、戻火鍋 (Return tube boiler) とも言はれ据付面を成る可く少くして船舶用に供すべく工夫せられ、F なる焰筒 (Furnace) 内の火格子での燃焼瓦斯は燃焼室 C を経て多數の煙管を通りそ



第 5-8 圖 スコッチ船用鍋



の周囲の罐水を加熱し、上り路 (Up-take) A に至り更に煙突によつて大氣中に放散する。S は棒扣 (Bar stay) で兩鏡板を補強する。また多数のネ子扣 (Screw stay) T を燃焼室と罐胴との間に取付けてその位置を固定する。G は桁扣 (Girder stay) と言ひ、燃焼室の上端板を吊り支へる役目をする。D は煙管を掃除する爲めの扉である。F なる焰筒は圖では四個あるが1ケ、2ケ、3ケ、或はそれ以上のものもある。



第5-9圖 タクマ罐

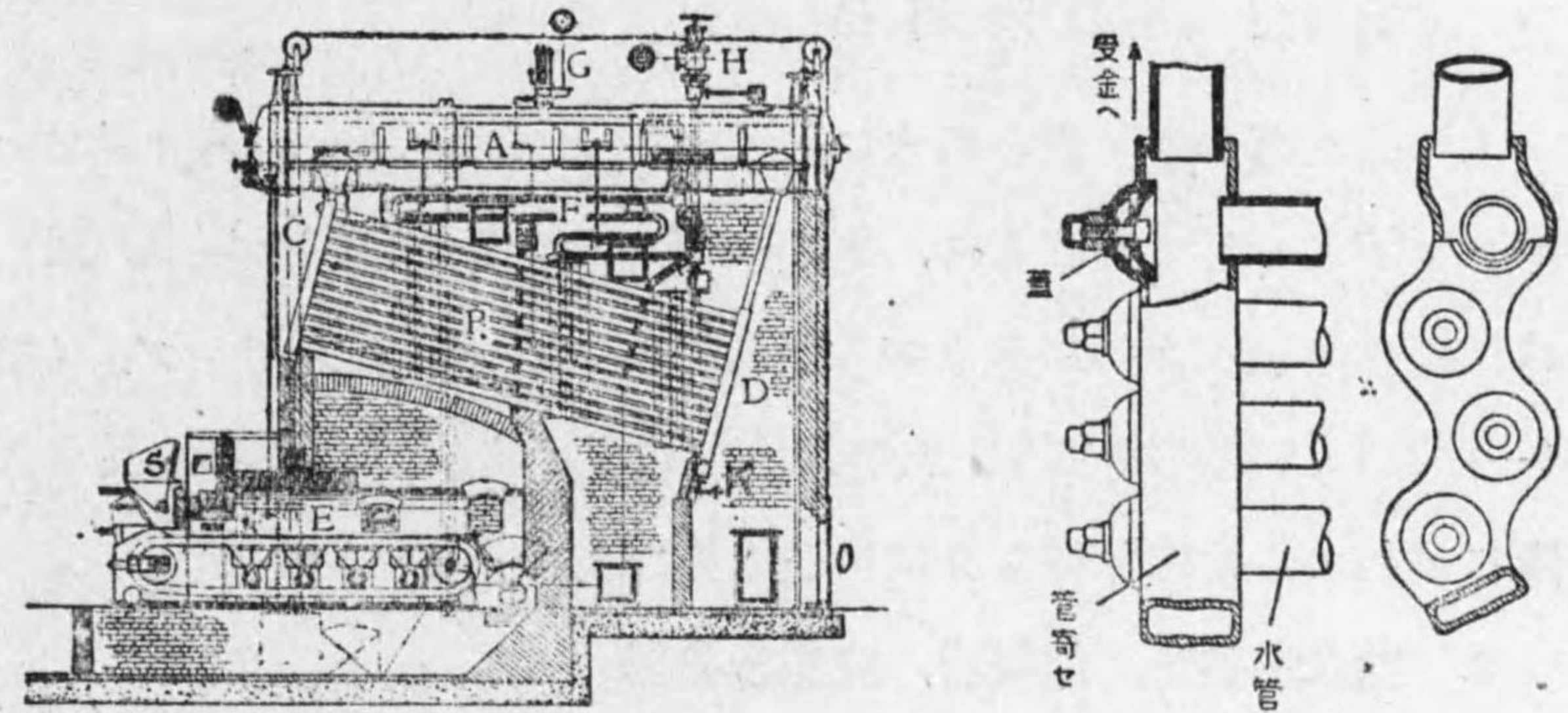
13. タクマ罐 Takuma's Boiler.

純國産の優秀な水管罐で、田熊常吉氏の發明にかかり第5-9圖の蒸氣胴 (Steam drum) 1 と水胴 (Water drum) 2 とを多数の傾斜せる水管で連結し中央列の水管4は特にその直径を大にし、その中に更に降水管6を通ずる。6の上端には漏斗狀の集水器5を備へ給水は内部給水管より5, 6を降り下胴に達し熱せられて他の水管を昇つて循環する。石炭は13のチエン・ストーカーで燃焼し焰は矢の方向に進んで水管及過熱器10を熱して煙道に至る。給水中の沈澱物は

隔板7より更に水胴の下部に至り、こゝで吐出弁によつて排出せられる。水胴2は單に8なる滑り臺の上にあつて熱に對する膨脹は自由である。

14. バブコック・ウイルクソックス罐 Babcock and Wilcox Boiler.

水管罐中の王者とも言はれるべきもので世界各國で用ひられ、我國でもその使用せらるゝ水管中の過半数を占めてゐる。



第5-10圖 バブコック・ウイルクソックス罐

バブコック罐の管寄せ

Eなるストーカー (Stoker) は多数列の鎖狀のものよりなり前後の鎖車の廻轉によつてその上面はゆるやかに右に進む、そのときSなる石炭投入器の下部よりその上に石炭の適當量を載せて燃焼しつゝ進み、右端より灰となつて落下する。焰は水管Bの間をそらせ板によつて上下しつゝ進んで下方煙道Oより煙突に逃がれる。かくして水管B中の熱せられた水は斜め左上に昇り管寄せ (Header) Cに集つて更に氣水胴 (Drum) A中に入る。蒸氣は胴の上部に集り加熱せられた水は胴の右に進んで管寄せDに下り、かくして水はD, B, C,

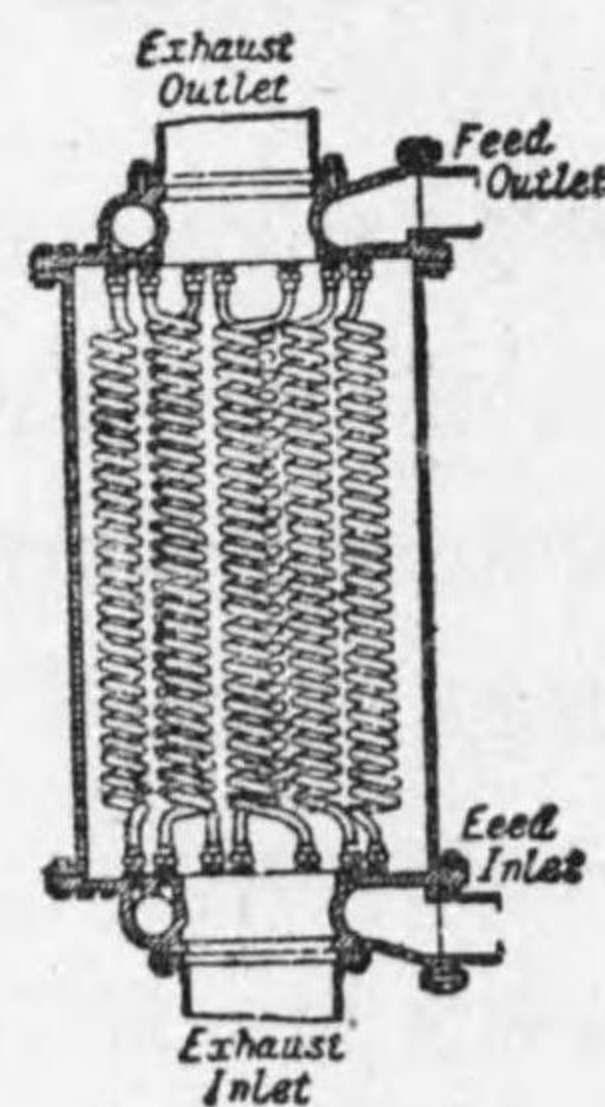


Aの順に循環する。蒸氣を取出すにはHの主止弁を開く。第5—10圖の右側は水管の端と管寄せを示し、蓋は捻ぢて管寄せより取外すことが出来、水管Bの掃除に便せしむ。Fは過熱器で氣水胴の蒸氣を更にこの管中に導き熱を與へて蒸氣中に含まるゝ水氣を消滅せしめ更にその温度を高める。水中の泥分はKの部に溜る故時々之を取除く。

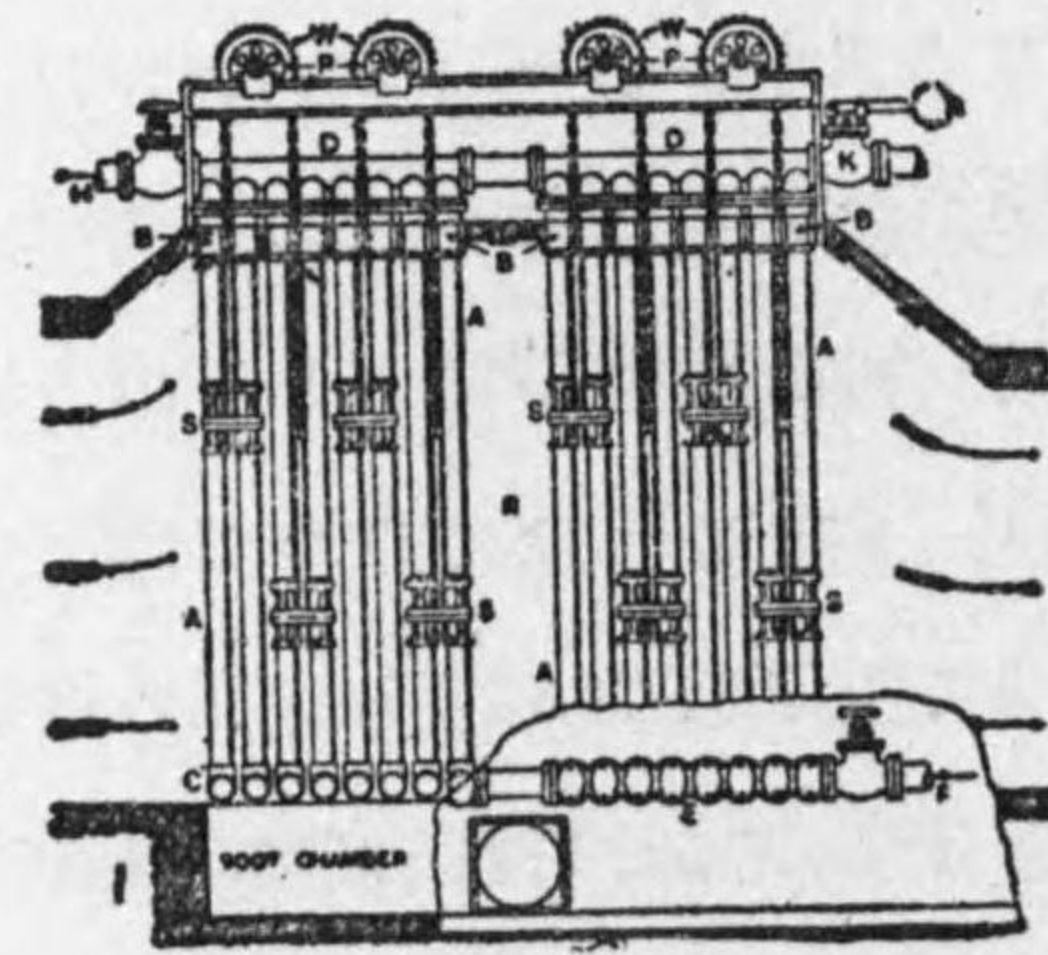
#### 第四節 罐の附屬品

1. 給水ポンプ。罐の給水にはウオーシントンポンプ、タービンポンプ等主として用ひられ、ウオーシントンポンプ(第4—30圖)は汽罐の蒸氣で運轉出来るから便利である。タービンポンプ、(第4—24圖)は電動機其他別の動力を必要とするが、前者と異り汽罐に最初から給水し得られ取扱ひも亦容易である。

2. 給水加熱器、節炭器、空氣豫熱器。



第5—11圖 給水加熱器

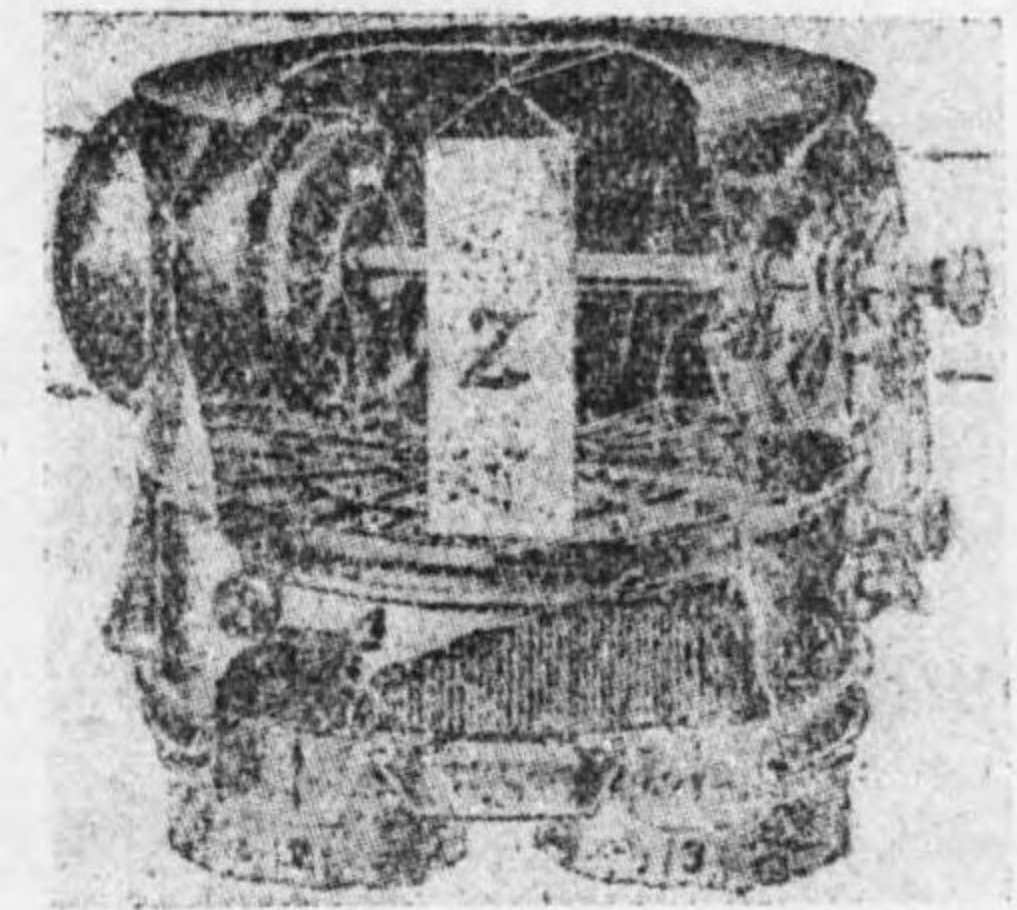


第5—12圖 節炭器

給水加熱器 (Feed water heater) は蒸氣機關やタービンの廢氣を

利用し又は全く生蒸氣を用ひて給水を加熱するもので、かくすることにより廢氣熱はこれを回収せらるゝのみならず、汽罐内の温度の激變を避けて事故を減少し且汽罐の容量を増加し得られる。第5—11圖にて廢氣は下部中央の管より器内に入り給水の通せる小管群の間をくゞつて之に熱を與へ上部より出る。給水は下右より器内の蛇管を通過してその間に加熱せられ上部出口より汽罐に至る。節炭器

(Fuel economizer) は煙突より逃れる煙の熱を利用して、給水を熱するもので、その結果に於て前者と變りなく、給水は下部のFより器内の管群を通過し上部Hより出で、その間に管の外部を左より右に通ずる煙突の煙で熱せられる。上部の車Wを廻してSなる引搔掃除器を上下し管の外



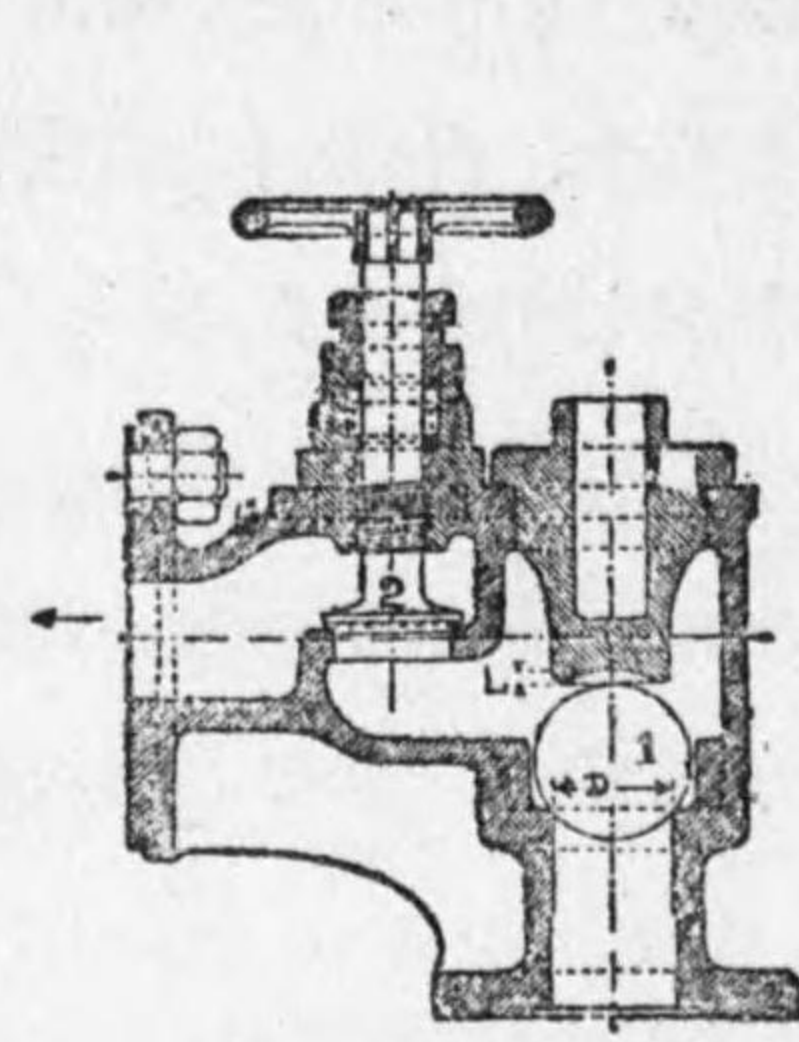
第5—13圖 空氣豫熱器

側を掃除する。空氣豫熱器 (Air preheater) は煙突の途中に取付け煙の熱を利用して汽罐に入る空氣を熱するもので、第5—13圖でZは器を左右兩室に分つ隔板で煙は2より左室に入り、ゆるやかに廻轉する多數の鐵板より成る廻轉圓筒を熱し左上より器外に出る。冷空氣は右上より右室に入り熱せられた廻轉圓筒の鐵板の間をくゞつて3から出る。

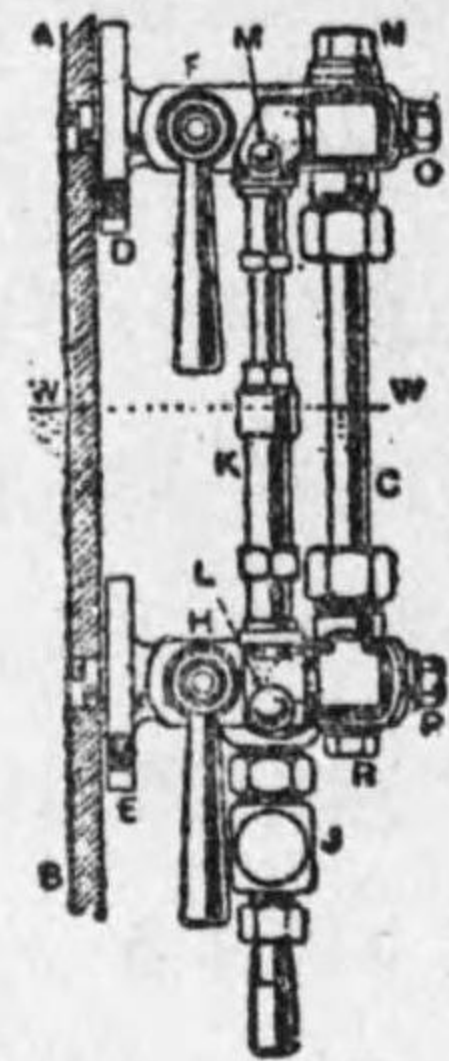
3. 給水逆止め弁、水面計及び驗しコツク

第5—14圖の給水逆止め弁 (Feed Check valve) はポンプで給水せる間は2の弁を開き置き球1は水壓で稍上方に昇つて水を通すが

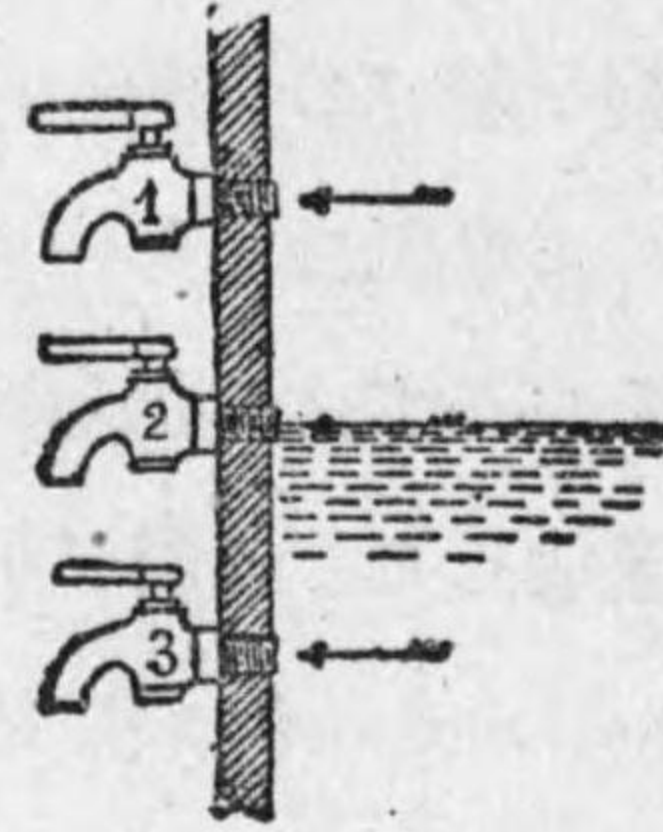




給水逆止弁  
第 5-14 圖



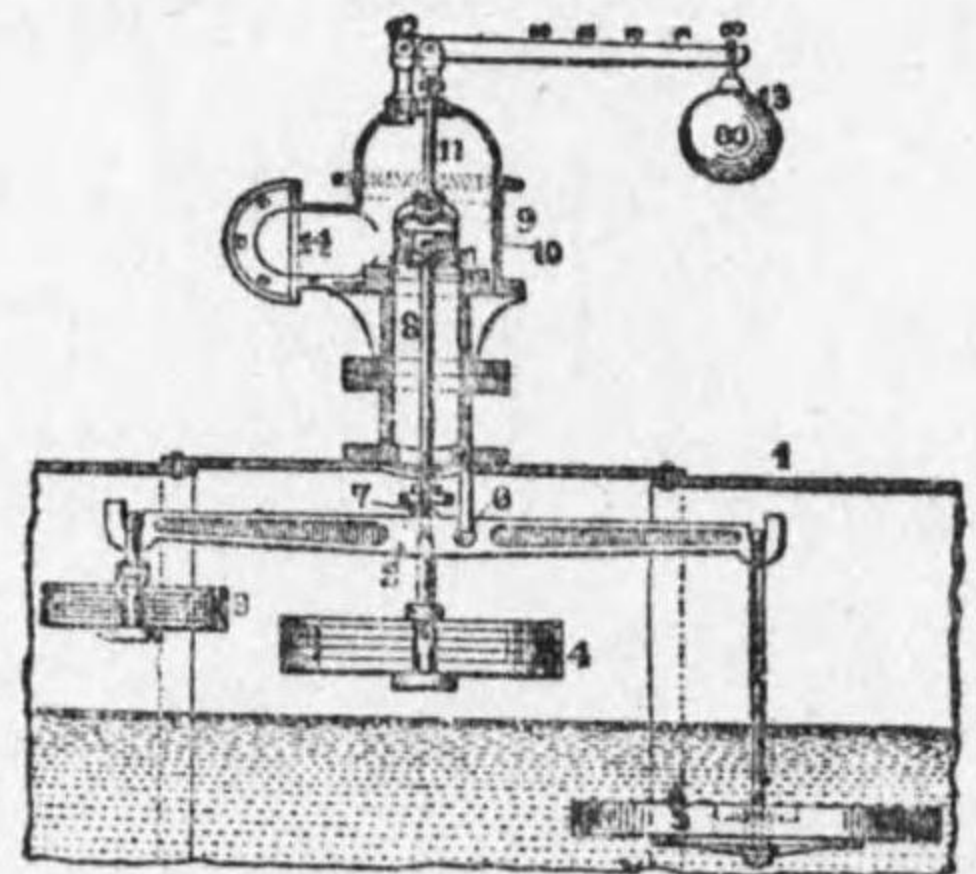
第 5-15 圖



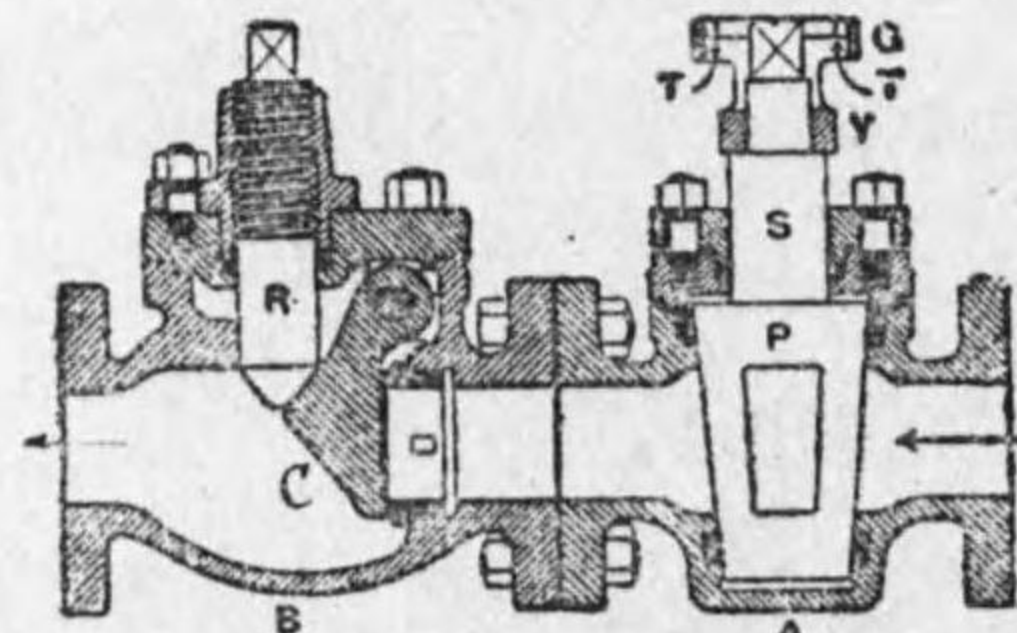
第 5-16 圖 験しコック

ポンプが何かの原因でその運轉を中止すると汽罐よりの壓力で反對に下に壓せられて水及び蒸氣を通さず。水面計 (Water gauge) は圖で硝子管の水位は常に罐内の水面の高さを表はす。験しコック (Test cock) は圖に示す如く三個で一組となり時々之を開いて、水面の大體の高さを知る。

4. 低水報知器, 吐出しコック。



第 5-17 圖 低水報知器



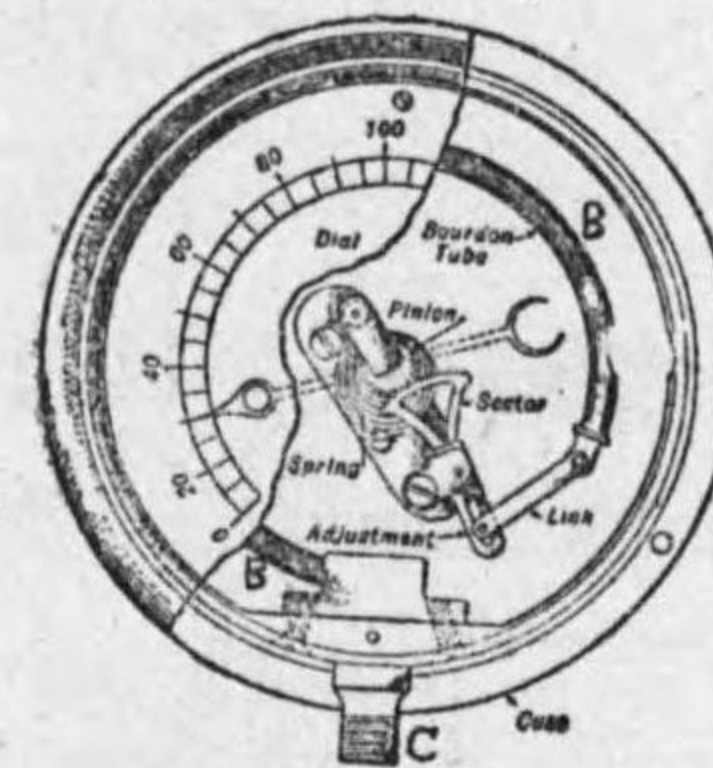
第 5-18 圖 吐出しコック

第 5-17 圖で汽罐内の水面が低下すると重錘も降下せんとし桿

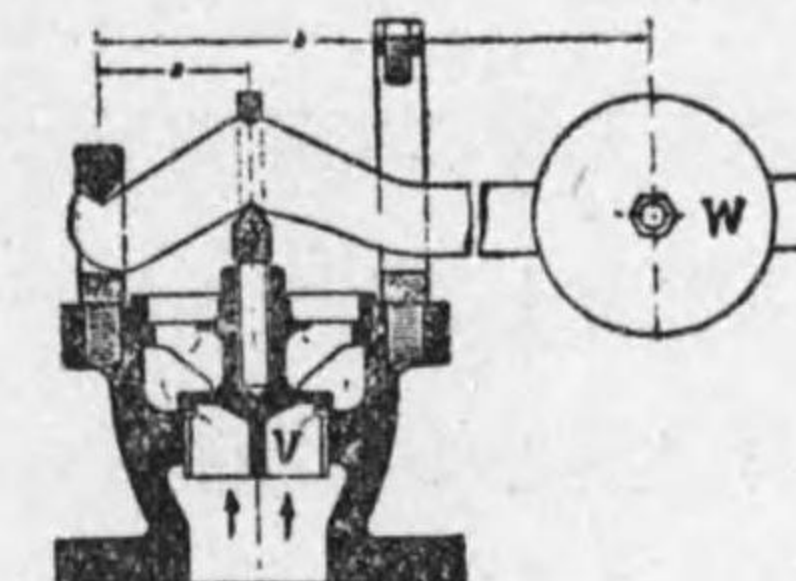
2 は 6 を支點として右下りに傾き尖端 7 は辨棒を押上げて蒸氣を吹出す。吐出しコックは R をねぢ上げるにより C の蝶番の開きを加減し得られ汽罐の罐水や湯垢、泥等の沈澱物を時々吐出す爲めに用ふ。

5. 壓力計及安全弁

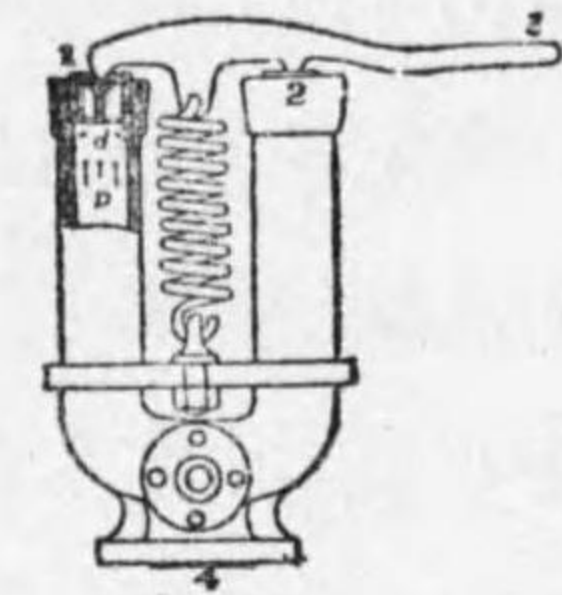
壓力計 (Pressure gauge) は第 5-19 圖に示し蒸氣を入口 C より環狀管 B に導くとその壓力で、尖端が移動して中心の齒車を廻しこれを指針で擴大し壓力の大きさを目盛で讀むことが出来る。



第 5-19 圖 壓力計



第 5-20 圖 挺子安全弁



ばね安全弁(張力型)  
第 5-21 圖

挺子安全弁は、汽罐の壓力が所定以上に達すると重錘 W と挺子の作用により押下げらるゝ辨 V を蒸氣壓の爲押上げて蒸氣を噴出す。

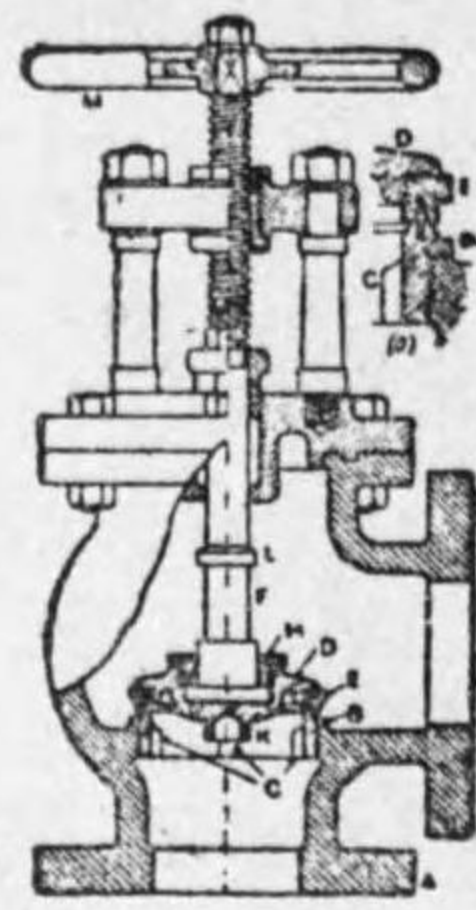
發條安全弁は發條によつて壓下せらるゝ辨を蒸氣壓により押開く。

6. 止め弁 Stop valve, スチームトラップ Steam trap.

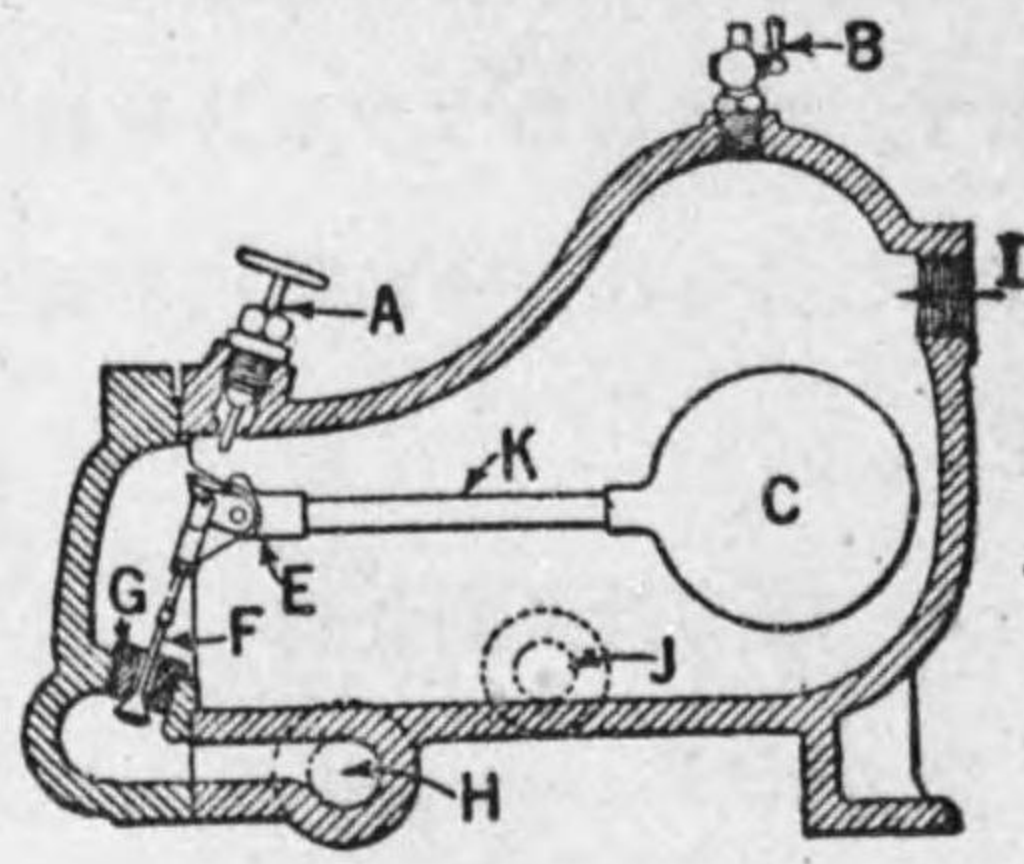
止め弁は汽罐の蒸氣を送る際上部の把手を廻して弁を開く。第 5-23 圖はスチームトラップを示す。蒸氣管等で外部から冷却して



生じた蒸氣の凝結水（又は復水と言ふ）、は一定の量に達すると自動的に水のみを外部に排出する要あり。圖でIより復水が器内に入り浮子Cが



止め弁(球型) 第5-22圖

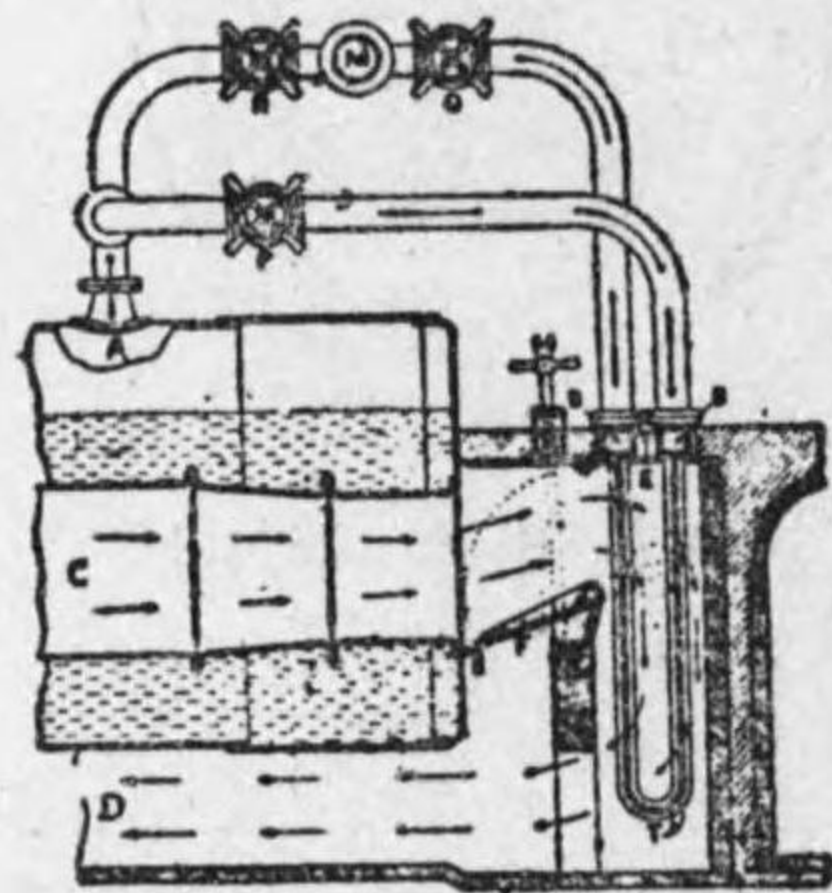


第5-23圖 スチームトラップ

浮上る程溜れば弁Fが開いて蒸氣壓力によりHから排水する。Bは空氣入口、iは沈澱物を吐出す口である。

7. 過熱器 Super heater.

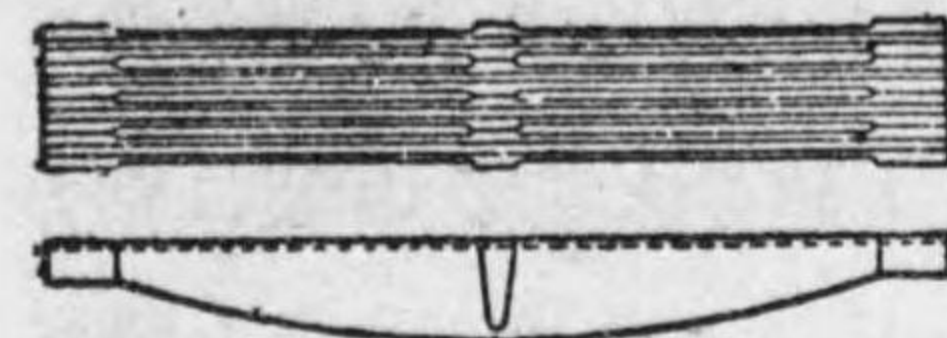
蒸氣罐で發生した蒸氣を管にて煙突下の高熱部に導き幾回も管を上下してその中を通過する蒸氣を再び熱してその温度を高め所謂過熱する。かくして生じた蒸氣は即ち過熱蒸氣で、飽和蒸氣と異り多少外部より冷却しても凝結水を生ぜず。蒸氣機關タービン等に用ふるとその容量を高めまた故障を減らすことが出来る。



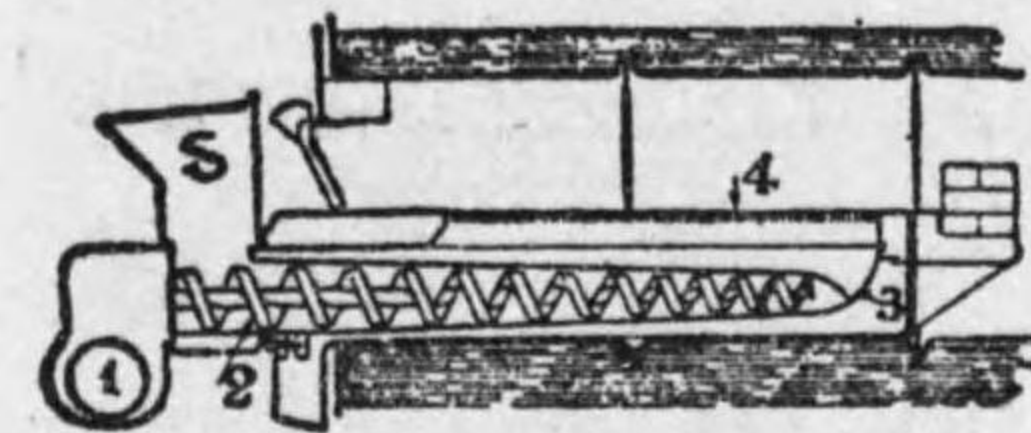
第5-24圖 ランカシ罐の過熱器

8. 火格子 Fire grate, 及びストーカー Stoker.

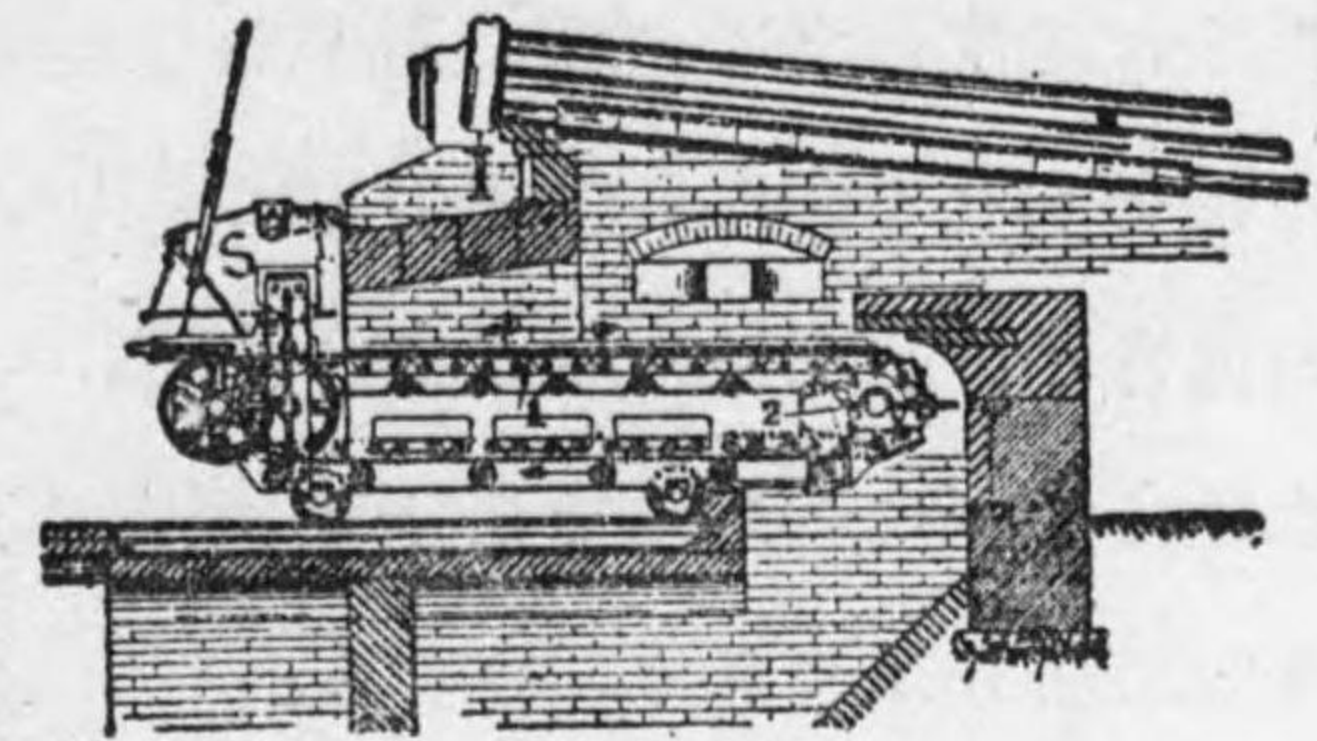
蒸氣罐に燃料を投入して燃焼せしむる方法に手焚きと機械焚きとあり、手焚きには専ら火格子を用ひる。第5-25圖の如く鑄鐵製の火格子棒を並べて置くから熱に對する伸縮は自在である。



第5-25圖 火格子



第5-27圖 螺旋ストーカー



第5-26圖 鎖火格子ストーカー

機械焚きには第5-26圖、第5-27圖の如きストーカーを用ひる鎖火格子ストーカー (Chain grate stoker) は前後の鎖車で鎖状の火格子を徐々に廻轉し石炭はSの石炭受けより次第に送り出されて後端に行く間に燃焼を完結する。螺旋ストーカー (Screw Stoker) は螺旋を廻轉して石炭を石炭受けSより送り出し火格子の下より給炭するもので石炭はその途中上部の火格子の熱で蒸焼きにせられ先づ揮發分を燃焼したる後火格子上に押上げられて完全燃焼をする。

9. 微粉炭燃焼装置 Pulverized Coal apparatus

石炭を微粉状として空氣と共に汽罐に送り込み完全燃焼を行はしめるもので石炭を破砕機 (Crusher) で20耗角位に破砕した後鐵分等の夾雜物を取除き熱を與へて乾燥し粉碎機 (Pulverizer) で微粉状となし汽罐内の燃焼器 (Burner) に送り込みこれに送風器より空氣を吹入れて完全燃焼を行はしめる。

10. 通氣 Draught 及び煙突 Chimney.

汽罐の燃料の燃焼に要する空氣を送ることを通氣 (Draught) と言



ひ、煙突を設置して汽罐より排出する瓦斯をこれに導くと煙突内の瓦斯は温度が高く揮薄であるから大氣より軽く大氣との間に壓力の差を生じて盛んに煙突の方に排出せられる。この壓力の差を**通氣の強さ**と言ひ水柱の高さで計る(第 5-1 圖)。普通、通氣の強さは水柱にて、30-40 耗で充分で、煙突の高さにすれば60米以内となる。煙突の高さは次式で求めらる。

$$Q = (147A - 27\sqrt{A}) \sqrt{H}$$

Q = 石炭の消費量 斤/時

A = 煙突の最小斷面積平方米

かく煙突によつて通氣を行ふことを**自然通氣 (Natural draught)**と言ひ、**人工通氣 (Artificial draught)**とは汽罐の外部より送風機で空氣を吹込み、或は汽罐の内部煙突の近くで送風器を廻轉して煙突の方に空氣を送り従つて火櫬口の方へは外部より空氣を吸込むことになる。前者を**押込通氣 (Forced draught)**、後者を**吸込通氣 (Induced draught)**と言ふ。又汽關車罐の如く蒸氣で煙を吹出すものもある。

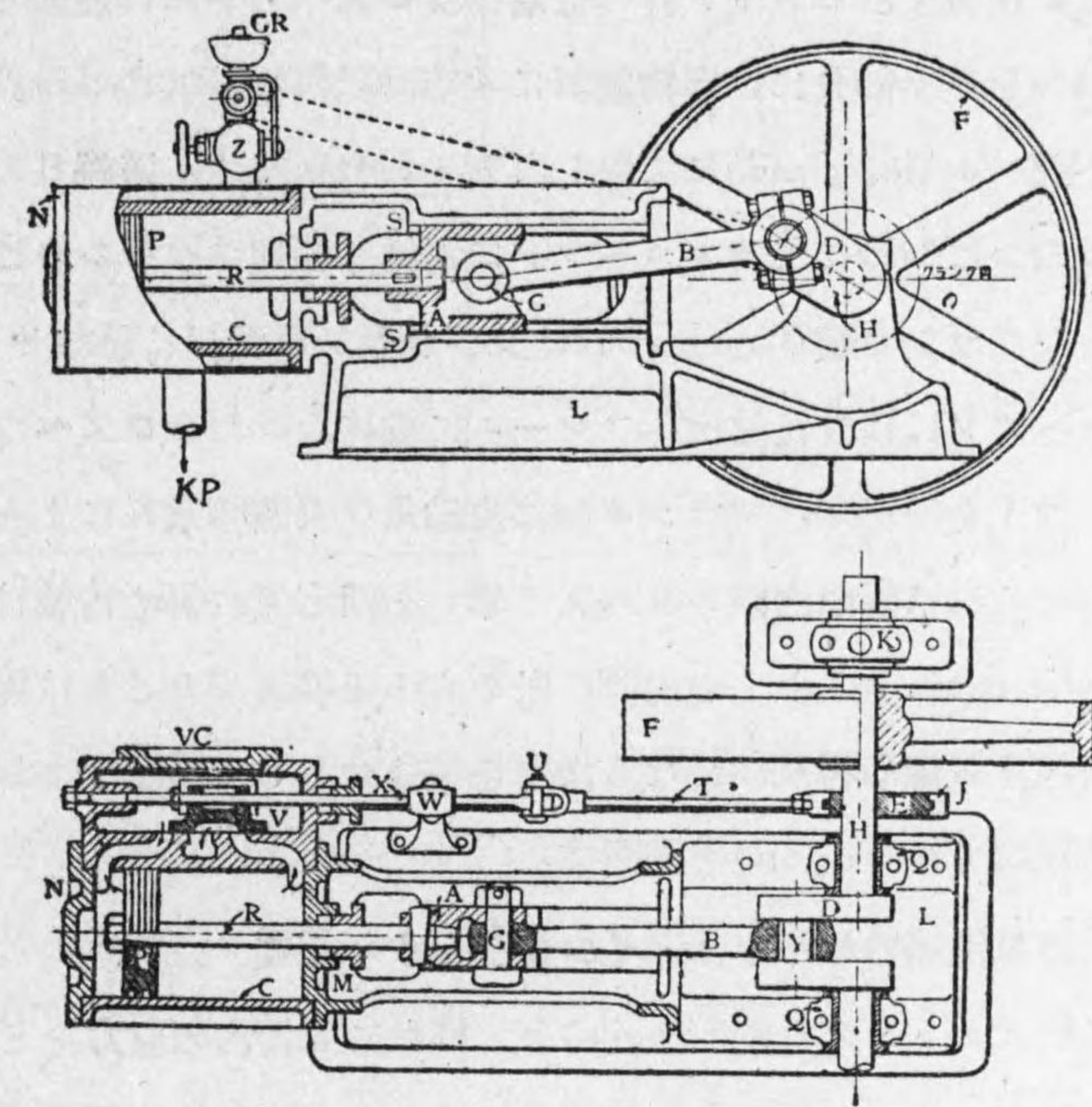
## 第六章 蒸氣機關

### 第一節 概 要

#### 1. 蒸氣機關 Steam engine.

蒸氣機關は蒸氣の有するエネルギーにより氣筒 (Cylinder) 内の**ピストン (Piston)**に往復運動を行はしめ、これを更に**クランク (Crank)**により廻轉運動に變せしめる装置で1765年ジエームス、ワットにより

る本機關の發明は蓋し近代機械文明の根源を爲したものと云つて良からう。第 6-1 圖は横型單氣筒の蒸氣機關の構造を示す。



第 6-1 圖 蒸氣機關

C	氣筒	Cylinder	V	滑り弁	Slide Valve
P	ピストン	Piston	E	偏心輪	Eccentric
R	ピストン桿	Piston Rod	T	偏心桿	Eccentric Rod
A	クロス・ヘッド	Cross Head	X	弁桿	Valve Rod
B	連桿	Connecting Rod	VC	蒸氣弁室	Valve Chest
D	クランク	Crank	KP	吐出口	Exhaust Port
Y	クランク・ピン	Crank Pin	GR	調速機	Governor
H	クランク軸	Crank Shaft	L	フレーム	Frame
F	はづみ車	Fly Wheel	K	側軸承	Outer Bearing

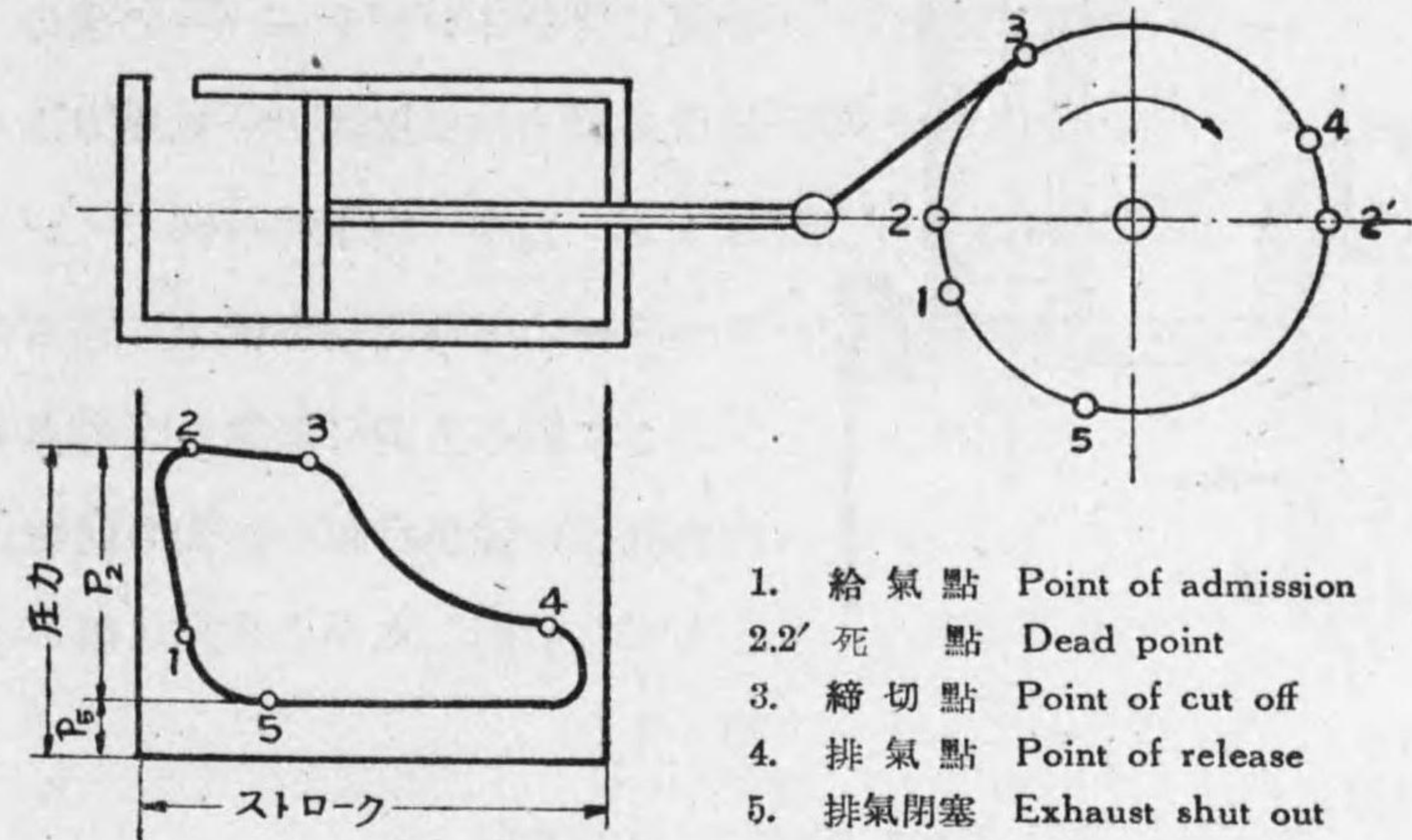


氣筒C内を往復する**ピストンP**は**ピストン桿R**の一端に固着せられその周囲の溝には弾條性を有する**ピストン輪(Piston Ring)**を嵌め氣筒壁に密着す。ピストン桿の他端は**クロスヘッドA**に連結せられその氣筒を貫く部分には**填物函M**に木綿、麻等の**填物(Packing)**を収め押へ蓋(Packing gland)にて押し蒸氣の漏洩を防ぐ。**連桿B**の一端は**ガシヨンピンG**にてクロスヘッドに連結し他端は**クランクピンY**を嵌めて**クランク腕(Crank arm)D**及び**クランク軸H**に連結せらる。クロスヘッドには滑靴を備へフレームに設けられた**クロスヘッドガイド**の面上を滑動す。クランク軸は**主軸承Q**及**側軸承K**によりて支持せられこれに**偏心内輪E**及**ハズミ車F**を固定す。偏心内輪は**偏心外輪(Eccentric strap)j**の内側に嵌められて廻轉するとき偏外輪に連結する**偏心桿**及び**V**なる**滑瓣**を往復せしめて辨室より氣筒に入る蒸氣口(Steam port)を開閉す。

## 2. 蒸氣機關のサイクル・インヂケーター線圖

横軸にピストンの行程(Stroke)を、縦軸に氣筒内の壓力をとりて考ふるにピストンが氣筒の左端にあるときはクランクも**死點2**にありてこのとき既に**蒸氣口(Steam port)**は開かれ蒸氣壓 $P_2$ によりピストンは右に動されて進み**前進行程(Forward stroke)**の中途**3**の**締切點**にて蒸氣口は閉されそれ以後は専ら蒸氣の膨脹によりて進む故線圖は234の曲線にて示さる。更にピストンが右端に達する直前**4**の位置にて排氣せらる、故曲線は圖の如く急下降をなしピストンは右端に達し其後は單に隋性によりて**戻行程**を爲し其の間壓力は殆んど一定にて $P_5$ にて示され線圖はほぼ水平となる。これを**脊壓(Back**

pressure)と言ふ。5にて蒸氣排氣口を閉ざせば壓力は上昇し遂にピ



第 6-2 圖

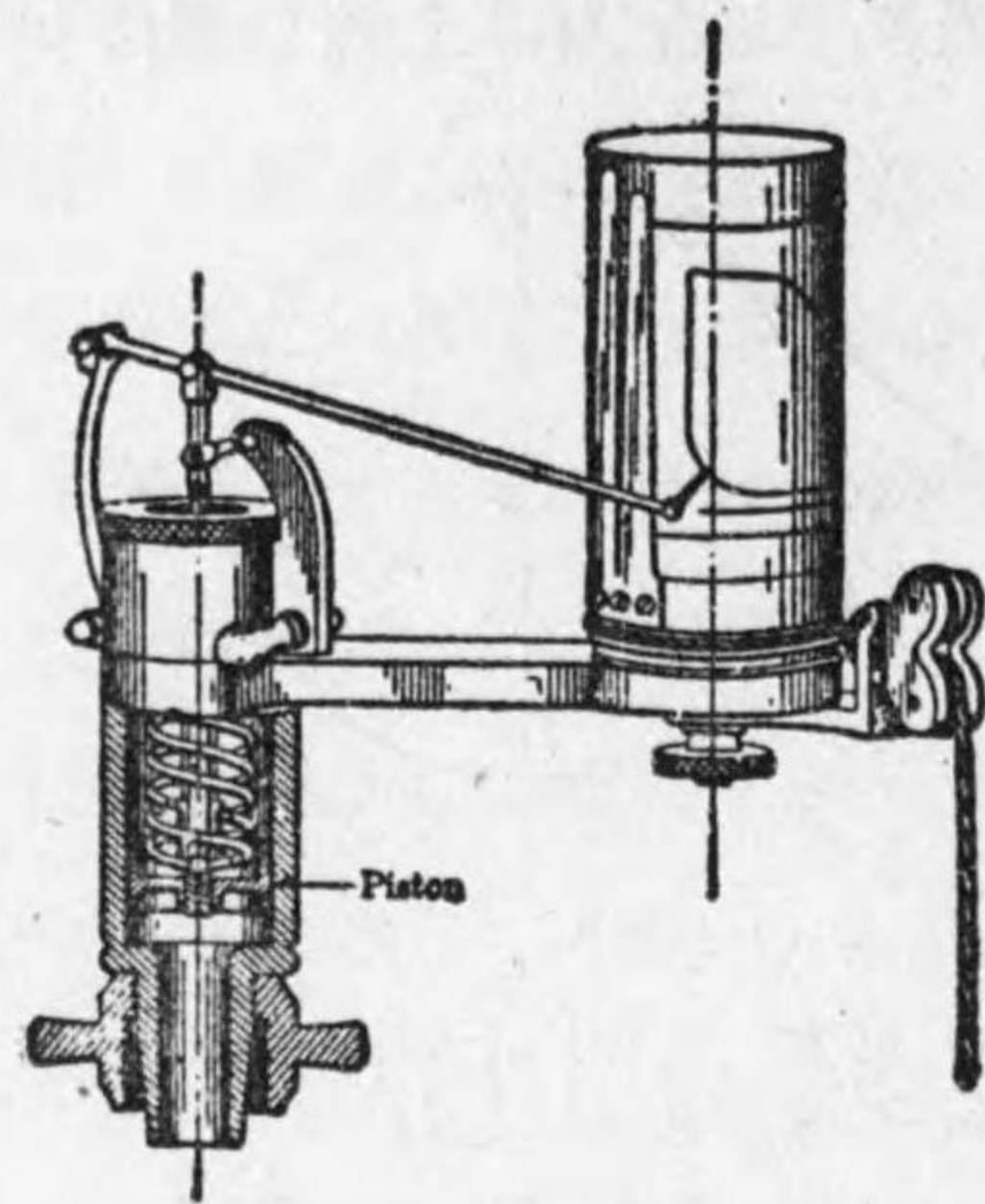
ストンが左端に達する直前の**1**點に至れば蒸氣口は開きて壓力は一時に上昇し最初の壓力と一致して線圖は閉づ。以後は同じ行程を連続繰返して運轉を繼續す。かくの如く循環運動を繰返へすときはその一節を**サイクル(Cycle)**と言ふ。この線圖はインヂケーターと稱する器具にて自動的に書かしめらる、故**インヂケーター線圖(Indicator diagram)**と言ふ。

## 第二節 機關の馬力

### 1. インヂケーター Indicator.

**インヂケーター**は亦ジエームス・ワットの發明にかゝり自動的にインヂケーター線圖を書かしむるものにして圖示の如くシリンダー内にピストンと發條を有しこの下端を機關の氣筒壁の一部に取付け



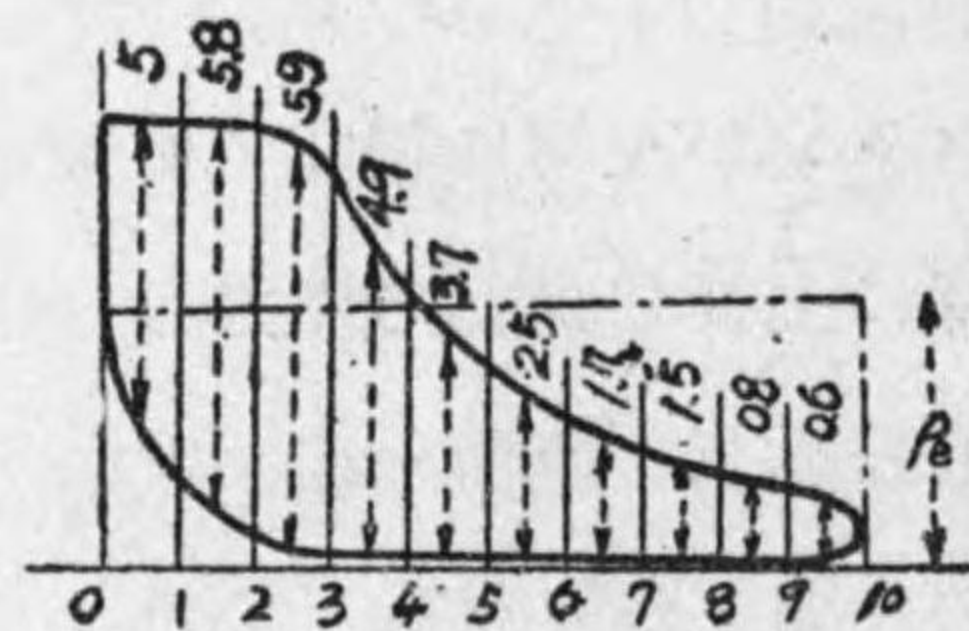


第 6-3 圖 インヂケータ-

また機関の往復運動を縮小する装置を経て之をインヂケータ-の綱の一端に接続すれば機関の蒸氣壓力はピストン、發條、縮小桿を経てインヂケータ-の廻轉圓筒の紙上に適當の大いさに縦の方向に鉛筆を以て書かれ亦機関の往復行程は圓筒の廻轉によりて自動的に水平の方向に書がき得らる。

2. 平均有効壓力 Mean effective pressure.

氣筒内の蒸氣壓は前節の如くインヂケータ-線圖の高さにて表はされその大いさはピストンの各位置により異なる普通圖示の如く線圖を行程の方向に10等分してその各々の高さの合計を求め



第 6-4 圖

これを10にて除すれば平均の高さ即ち平均の壓力を得べし。これを平均有効壓力と言ひ圖中  $P_e$  にて表はさる。今圖例の如く10等分してその中央を尺度にて測り壓力各々 5. 5.8 5.9 等を得。これにより平均有効壓力  $P_e$  を求むれば

$$P_e = (5 + 5.8 + 5.9 + 4.9 + 3.7 + 2.5 + 1.7 + 1.5 + 0.8 + 0.6) \div 10 = 3.24 \text{ 疋/糎}^2$$

3. 機関の指示馬力 Indicator Horse power.

機関のピストンの單位面積に作用する平均有効壓力は前述の如く

にして求め得らる。

$A$  はピストンの面積糎<sup>2</sup>,  $P_e$  は平均有効壓力疋/糎<sup>2</sup>

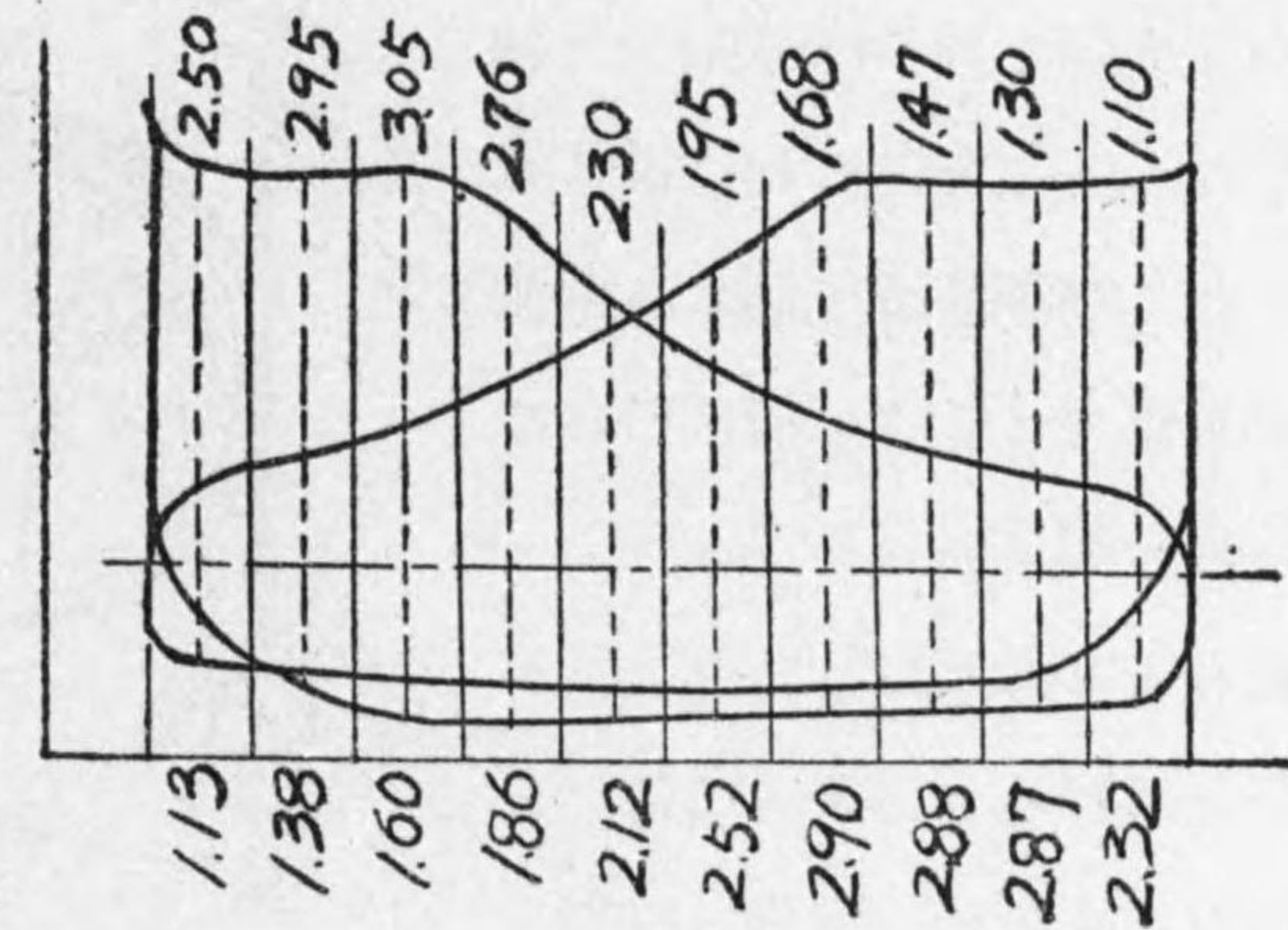
$L$  はピストンの行程米  $N$  は機関の廻轉數/毎分

とすればピストンの受くる全平均壓力は  $P_e A$  疋にして、またクランクの一廻轉につきピストンが一往復をなす故ピストンの一分間に運動する距離は、 $2LN$  米にして、この際クランクの一分間になしたる仕事は、 $2P_e A L N$  なり。故にその馬力は

$$\text{I.H.P.} = \frac{2P_e A L N}{60 \times 75} = \frac{2P_e A L N}{4500} \dots\dots(1)$$

上記馬力は蒸氣がピストンの片側にのみ作用する所謂單動機關

(Single acting engine) の場合であるが蒸氣がピストンの兩側にて作用する複動機關に於ては線圖も亦左右兩側にて書かれこのときの平均有効壓力  $P_e$  は線圖の左



第 6-5 圖

側及右側にて得た各々の價を相加ふれば可なり。

(例) 氣筒直徑40糎, ピストン行程80糎, クランク軸の廻轉數毎分120の複動機關より得たる線圖, 圖の如くなりとせば指示馬力如何。

(解)  $P_e' = (2.5 + 2.95 + 3.05 + 2.76 + 2.3 + 1.95 + 1.68 + 1.47 + 1.3 + 1.1) \div 10$



$$= 2.106 \text{ 疋/糎}^2$$

$$Pe'' = (1.13 + 1.38 + 1.6 + 1.86 + 2.12 + 2.52 + 2.90 + 2.88 + 2.87 + 2.32)$$

$$\div 10 = 2.158 \text{ 疋/糎}^2$$

$$\therefore Pe = Pe' + Pe'' = 2.106 + 2.158 = 4.264 \text{ 疋/糎}^2$$

$$A = \pi/4 \times 40^2 = 1257.6 \text{ 糎}^2, \quad L = 0.8 \text{ 米} \quad N = 120$$

$$\therefore \text{I.H.P.} = \frac{2PeALN}{4500} = \frac{2 \times 4.264 \times 1257.6 \times 0.8 \times 120}{4500} = 230$$

4. 制動馬力 Brake horse power.

指示馬力は氣筒内のピストンの仕事による馬力であるが機關が實

際外部に對して出す正味馬力

はこれより更に軸承、クロス

ヘッド等各種の摩擦損失を減

じたるもので、これは圖に示

す如く制動装置で測らるゝ故

制動馬力と言ふ。機關のはず

み車の周圍に綱を巻きその一

端を天井に固定して其の間に

發條天秤 S を挿入して他端に

は重錘 W を懸け尙綱には數ヶ

所に木片 B を取付け、はずみ

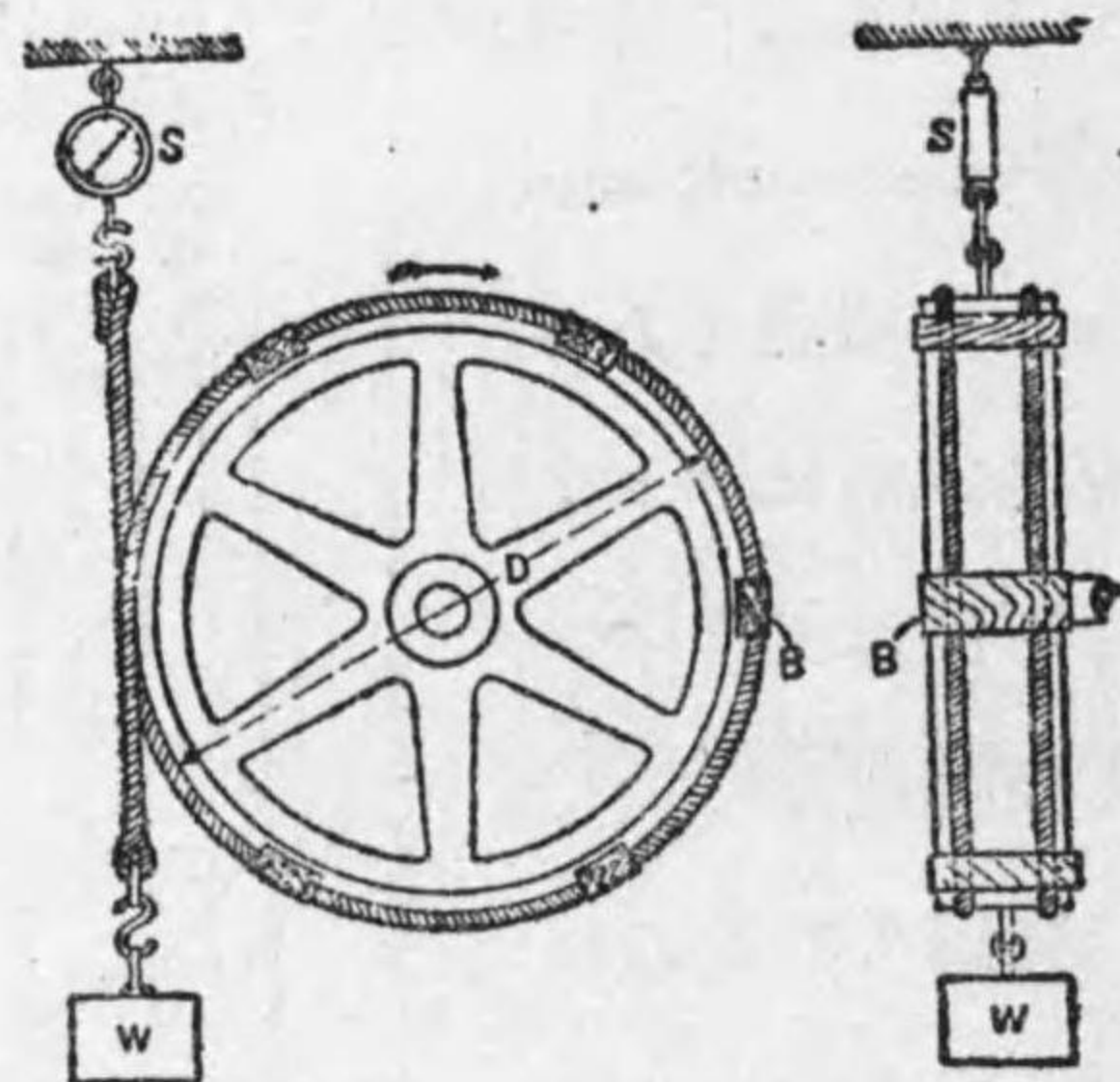
車の周圍に摩擦を與ふること圖の如く

して、はずみ車を矢の方向に廻轉するとき S に表はるゝ讀を P 疋、

W を重錘の重量疋、D をはずみ車の直徑米、N を全一分間の廻轉數

とすれば、車周に作用する摩擦力は、W-P 疋にしてこれが一分間

に爲す仕事は、 $\pi DN(W-P)$ なるを以て



第 6-6 圖

$$\text{B.H.P.} = \frac{\pi DN(W-P)}{4500} \dots\dots\dots(2)$$

かくの如く動力を測る装置を動力計(Dynamo-meter)と言ひ、上述のものは動力を制動靴 B によりて吸収する故、吸収動力計(Absorption Dynamo-meter)と言ふ。

5. 機械効率 Mechanical efficiency.

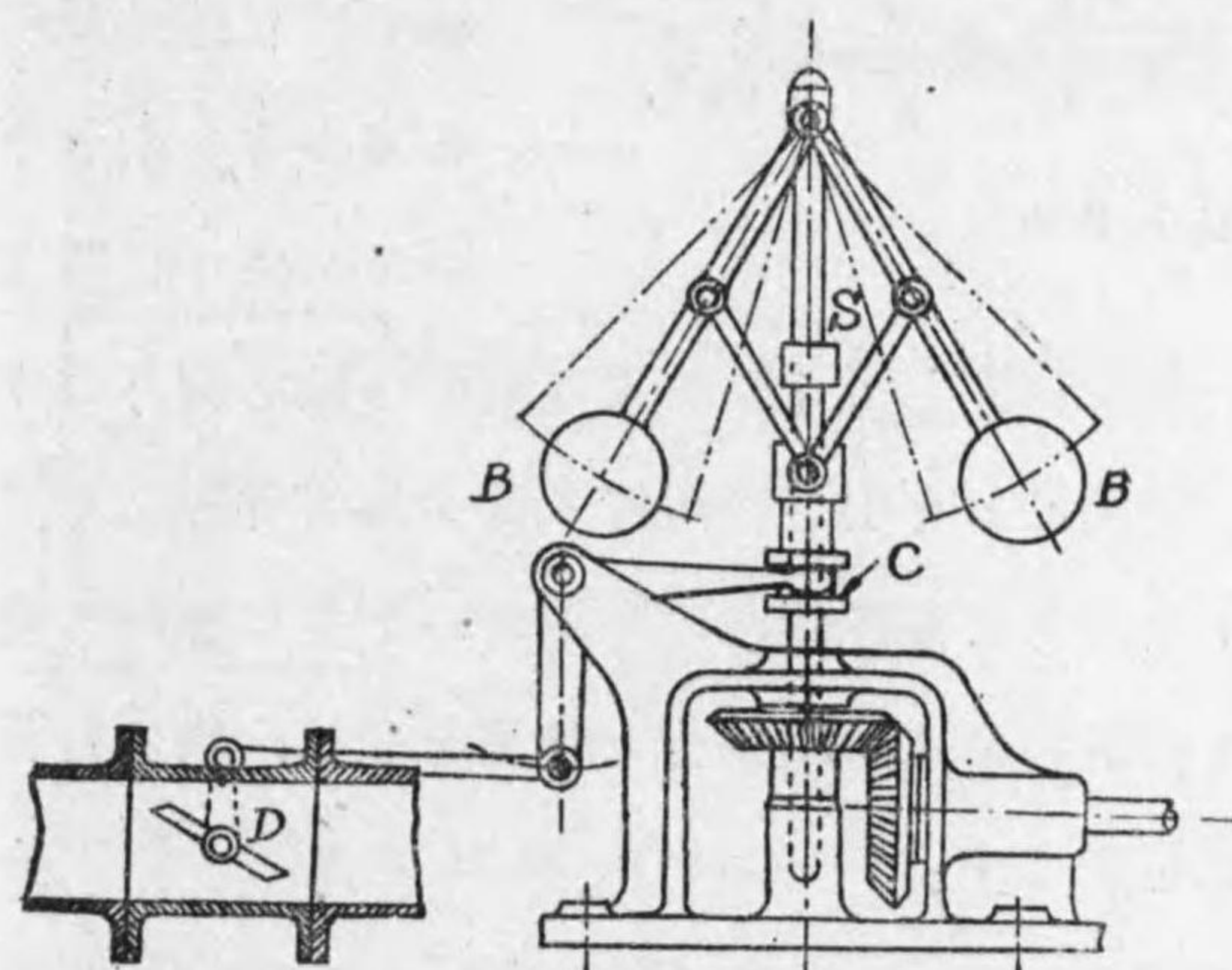
$$\eta_m = \text{B.H.P.} / \text{I.H.P.}$$

を蒸氣機關の機械効率と稱し普通 0.8~0.9 の價をとる。

第三節 機關附屬裝置

1. 調速機 Governor

機關の速度は負荷の増減、蒸氣壓の變動等により變化するもので之を調整して定常に保たんとする装置を調速機と言ふ。



第 6-7 圖 ワット式調速機

第 6-7 圖はワット振子調速機と言ひ、機關の速度が増大して軸 S の廻轉が高まれば二個の球は遠心力の爲外方に開きて筒 C を引上げ、その結果は絞り弁 (Throttle valve) D の

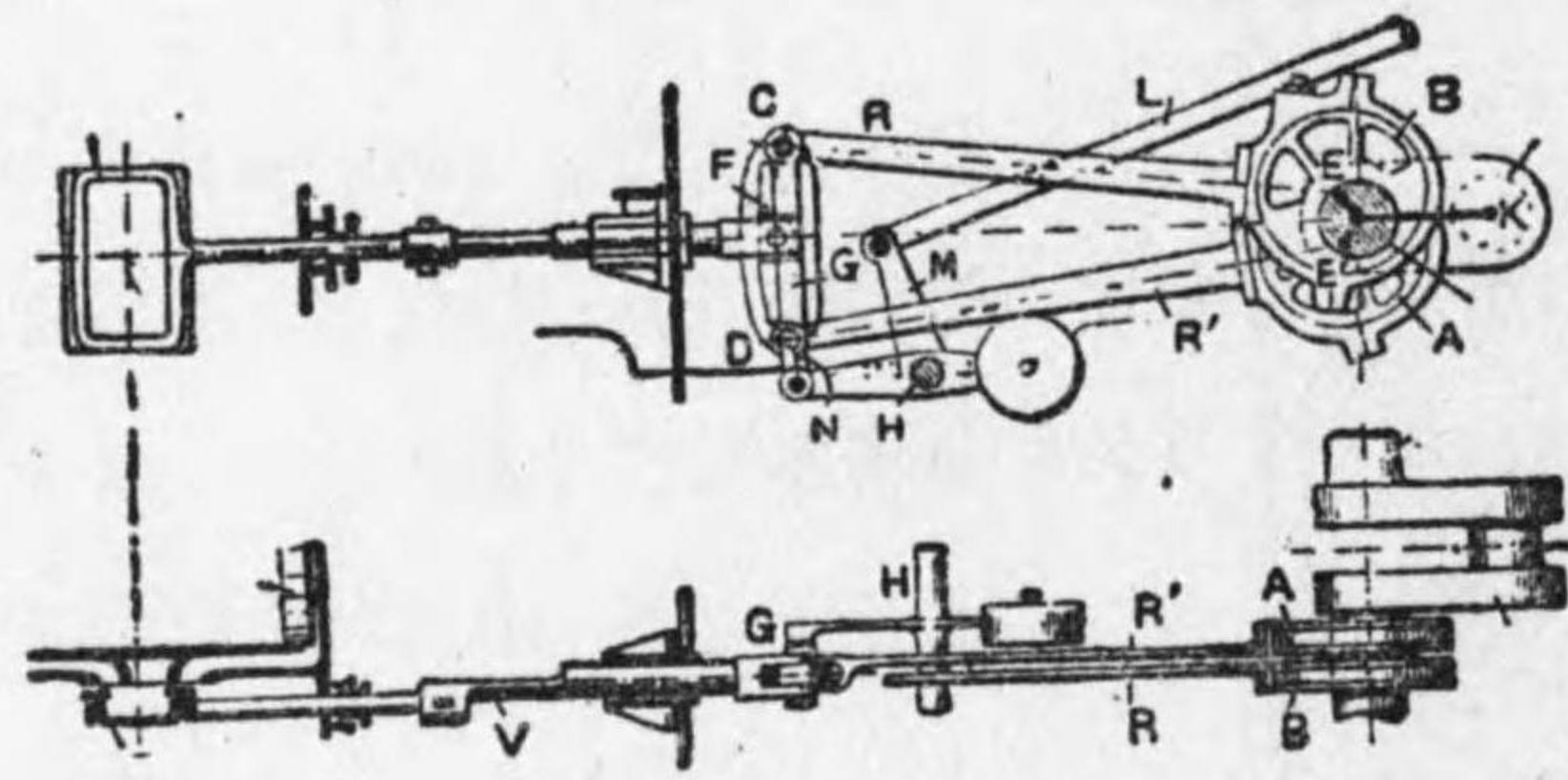


開口を狭め機関に至る蒸気の供給を減じ、その目的を達す第 6—8 圖は發條調速機的一種を示す。

2. 逆轉装置 Reversing mechanism.

蒸氣機関の廻轉方向を逆にするには第 6—9 圖に示すスチブンソンリンク装置を用ふるかラチアル装置 (Radial gear) を用ふ。

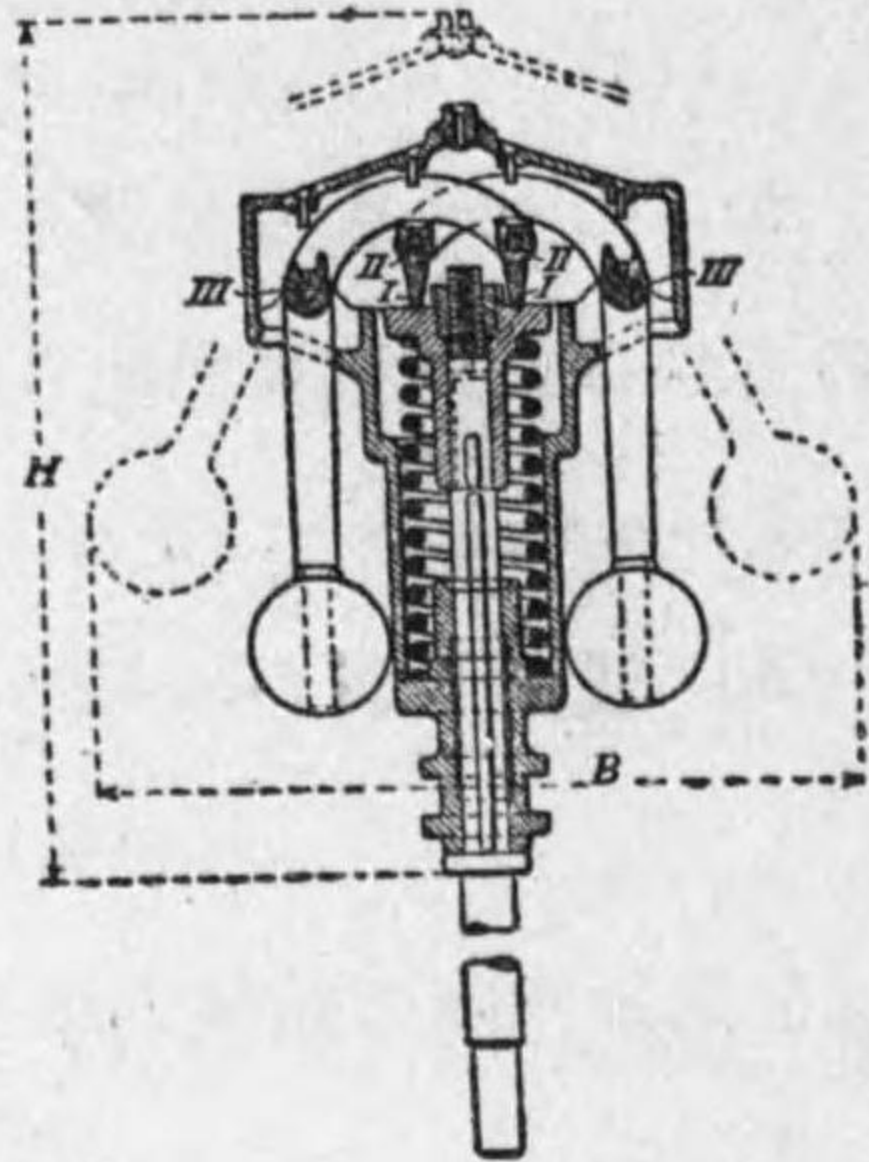
クランク軸に正轉用の偏心輪 A、逆轉



第 6—9 圖

用の偏心輪 B の二個を備へ、把手 L を押せばベルクランク M により吊り棒 CN に連る溝付のリンクを引き下げその溝中に収まる滑片の位置は溝の上端に移動してこれに連る辨桿も偏心桿 R の作用のみを受け逆轉す。反對に L を引けば滑片 F 従つて辨桿もリンクの溝の下端に位置して主として偏心輪 A の作用のみを受け正轉に變ず。圖の如き位置にては辨桿は A、B 兩方の作用を受け、辨の行程は短くなり蒸気の締切を早くす。

第四節 機関の分類



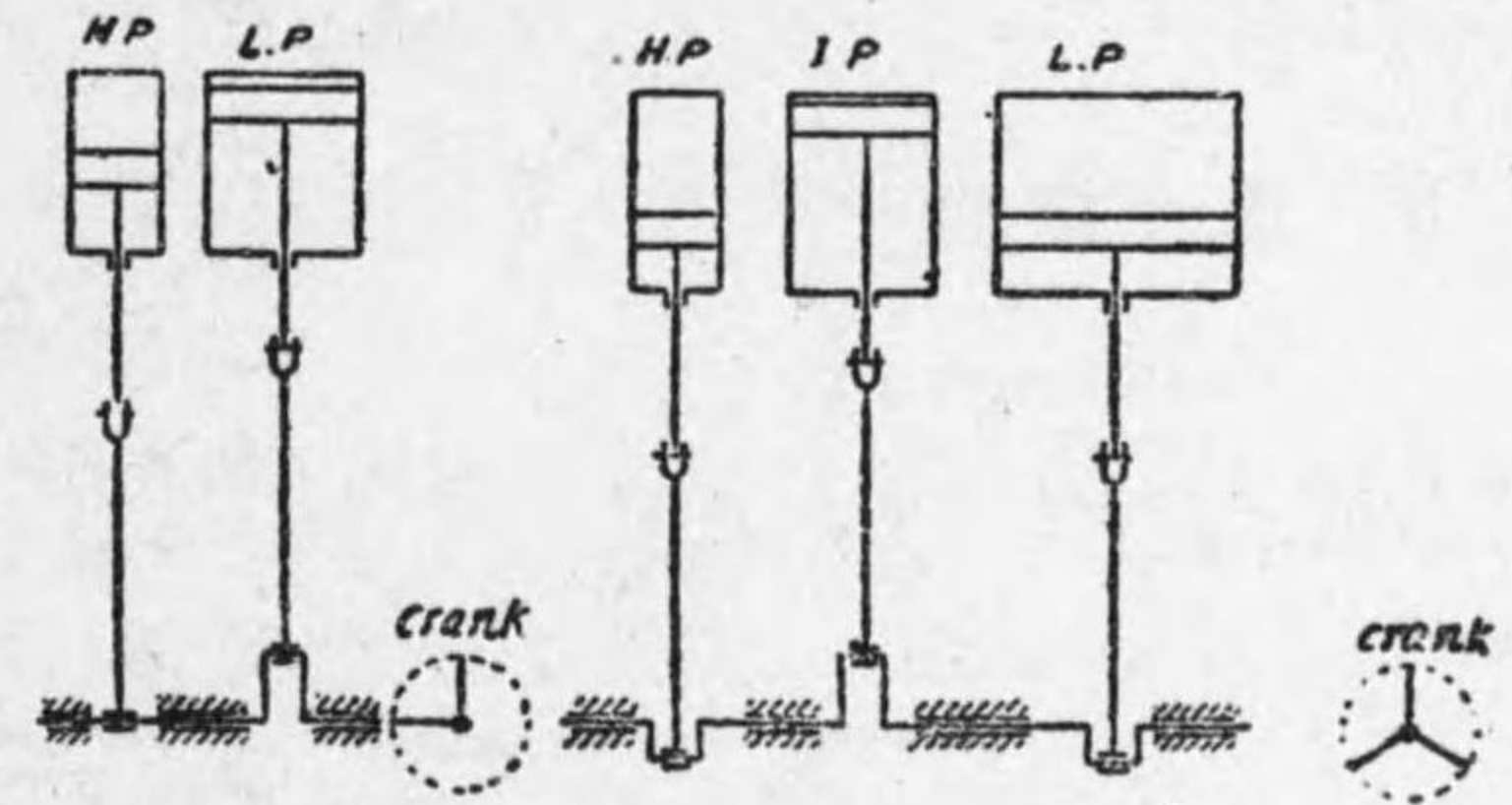
第 6—8 圖 トレンク調速機

用の偏心輪 B の二個を備へ、把手 L を押せばベルクランク M により吊り棒 CN に連る溝付のリンクを引き下げその溝中に収

1. 單式機関, 複式機関, 膨脹機関

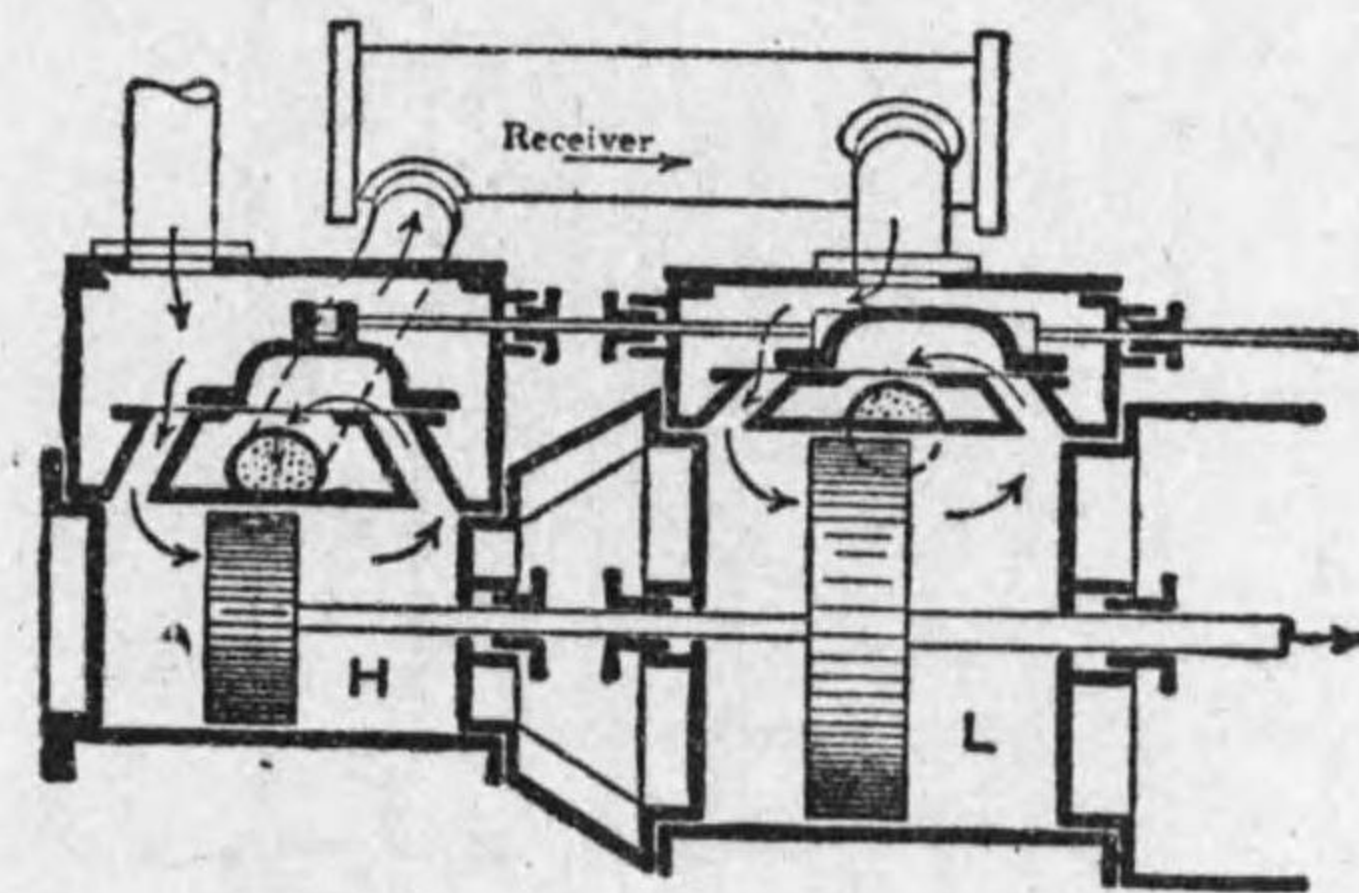
氣筒の數により單式機関 (Single Cylinder engine), 複式機関 (Compound engine), 三段膨脹機関 (Triple-expansion engine) 等に分つ。機関の蒸氣壓力が高くなれば最初の氣筒を出でたる廢氣を更に次の氣筒に誘き膨脹せしめて利用し、これを更に第三の氣筒に入れて膨脹利用す。これ即ち三段膨脹機関にして多く船舶用として用ひらる。最初に蒸氣の入る氣筒を高壓氣筒 (High press. cylinder), その次のものを中壓氣筒 (Medium press. cylinder) 更にその次のものを

低壓氣筒 (Low press. cylinder) と言ひ、蒸氣は次第に膨脹する故、高壓氣筒より、低壓氣筒に至るに従ひ次第に



第 6—10 圖

第 6—11 圖



第 6—12 圖 串型機関

その大いさを増すこと圖示の如し。尙また膨脹氣筒の數を増すに従ひクランク軸の廻轉が圓滑に行はれ、はずみ車は小型のものにて足る第 6—12 圖の如く二つの氣筒を直列に配置したものを串形複式機関 (Tandem Compound engine) と言ふ。H の高壓氣筒を出た蒸氣は L の低壓氣筒に入り更に膨脹する。クラ

その大いさを増すこと圖示の如し。尙また膨脹氣筒の數を増すに従ひクランク軸の廻轉が圓滑に行はれ、はずみ車は小型のものにて足る第 6—12 圖の如く二つの氣筒を直列



シフト軸の廻轉は普通の複式機關の如く圓滑でない。

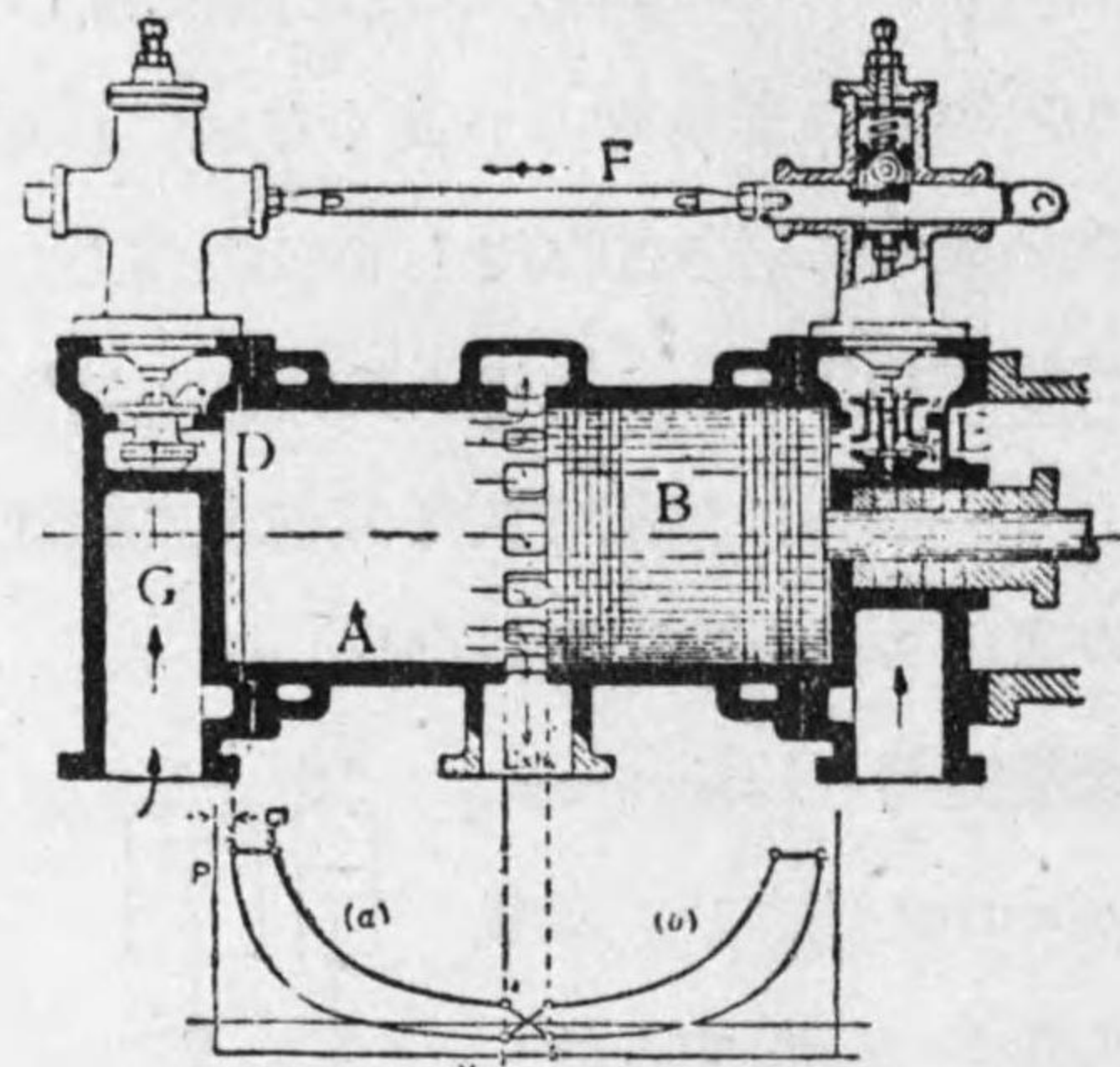
2. 單働機關, 複働機關

蒸氣がピストンの片側のみ入るもの、ピストンの兩側に交互に入りて作用するものにより單働機關 (Single acting engine), 複働機關 (Double acting engine) に分つ。

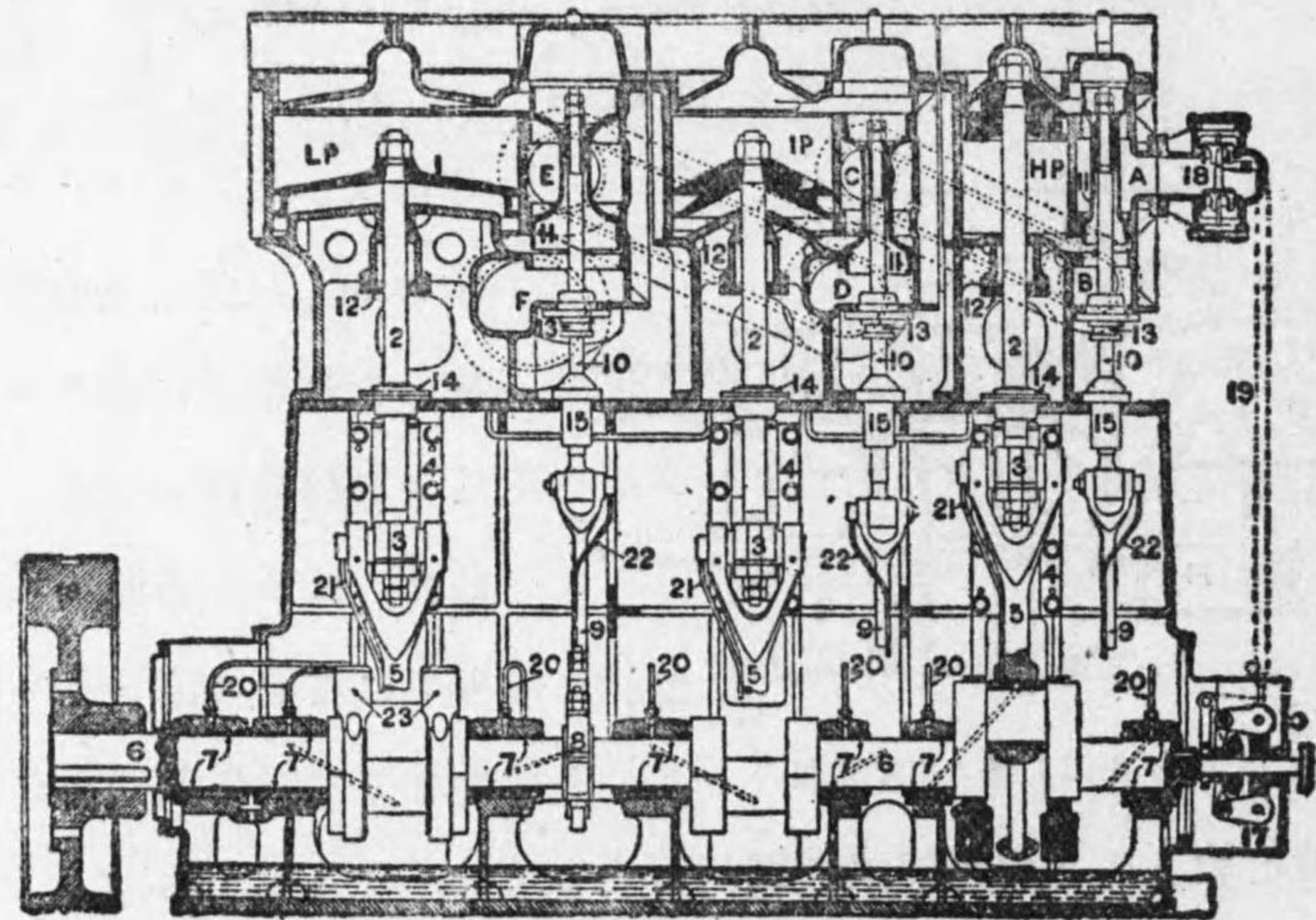
3. 單流機關

Uniflow engine

蒸氣は左右孰れかの蒸氣



第 6-13 圖 單 流 機 關



第 6-14 圖 三 段 膨 脹 機 關

口より入り中央の排氣口より出る。他の機關の如く流入蒸氣が排氣口を通らない故冷却するおそれなく熱効率良好である。

本機關に於ては前述の各機關の滑り辨と異り齒狀をなす故之を齒辨 (Poppet valve) と言ひ辨桿に有する發條により平素は閉塞するも辨桿の一端をカム of 廻轉により押上げて蒸氣の通路を開く。

4. 凝結機關, 不凝結機關

氣筒内ピストンの脊壓 (Back Pressure) 側を凝結器 (Condenser) 第 7-22 圖に導きその壓力を大氣壓以下に低下すれば蒸氣の膨脹率を増加して熱効率を増す。かく凝結器を附屬するものを凝結機關 (Condensing engine), 附屬せざるものを不凝結機關 (Non-Condensing engine) と言ふ。

5. その他陸用, 船用の別により陸用機關 (Land engine,) 船用機關 (Marine engine) に分ち, 氣筒の豎横の別により豎型機關 (Vertical engine,) 横型機關 (Horizontal engine) 等とす。

第 七 章 蒸 汽 ター ビ ン

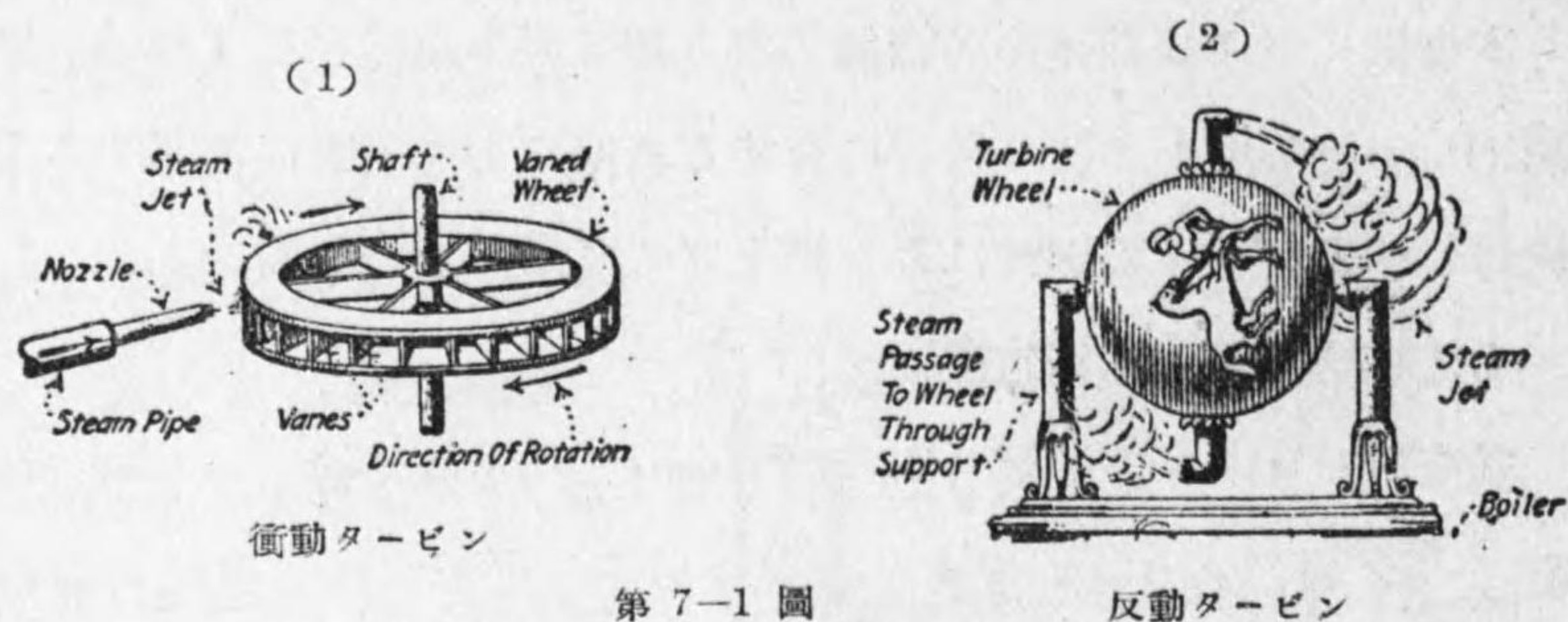
第一節 概 説

1. 衝動タービンと反動タービン

蒸氣タービンは多數の羽根を有する羽根車に蒸氣を噴射せしめて直ちに廻轉運動を得る原動機的一種であつて, 蒸氣機關の様に往復運動部分が無い。而して蒸氣の衝動力を利用したものを衝動タービン (Impulse turbine) 反動力を利用したものを反動タービン (Reaction turbine) 又兩者を併用せるものを混式タービン (Combined turbine)



と言ふ。圖の(1), (2)は各衝動及反動タービンの原理を示したものである。



第 7-1 圖

衝動タービンは蒸汽の速度のエネルギーを動羽根に受けて廻轉するもので従つて、動羽根の出口に於ける速度は入口に於けるものより小さく壓力は一定である。

反動タービンは蒸汽の反動壓によつて動羽根を廻轉するもので羽根の出口に於ける壓力は、入口の壓力よりは低く速度は却つて増加する。

## 第二節 衝動タービン

### 1. 衝動タービンの型式

衝動タービンは更に次の様に分類せられる。

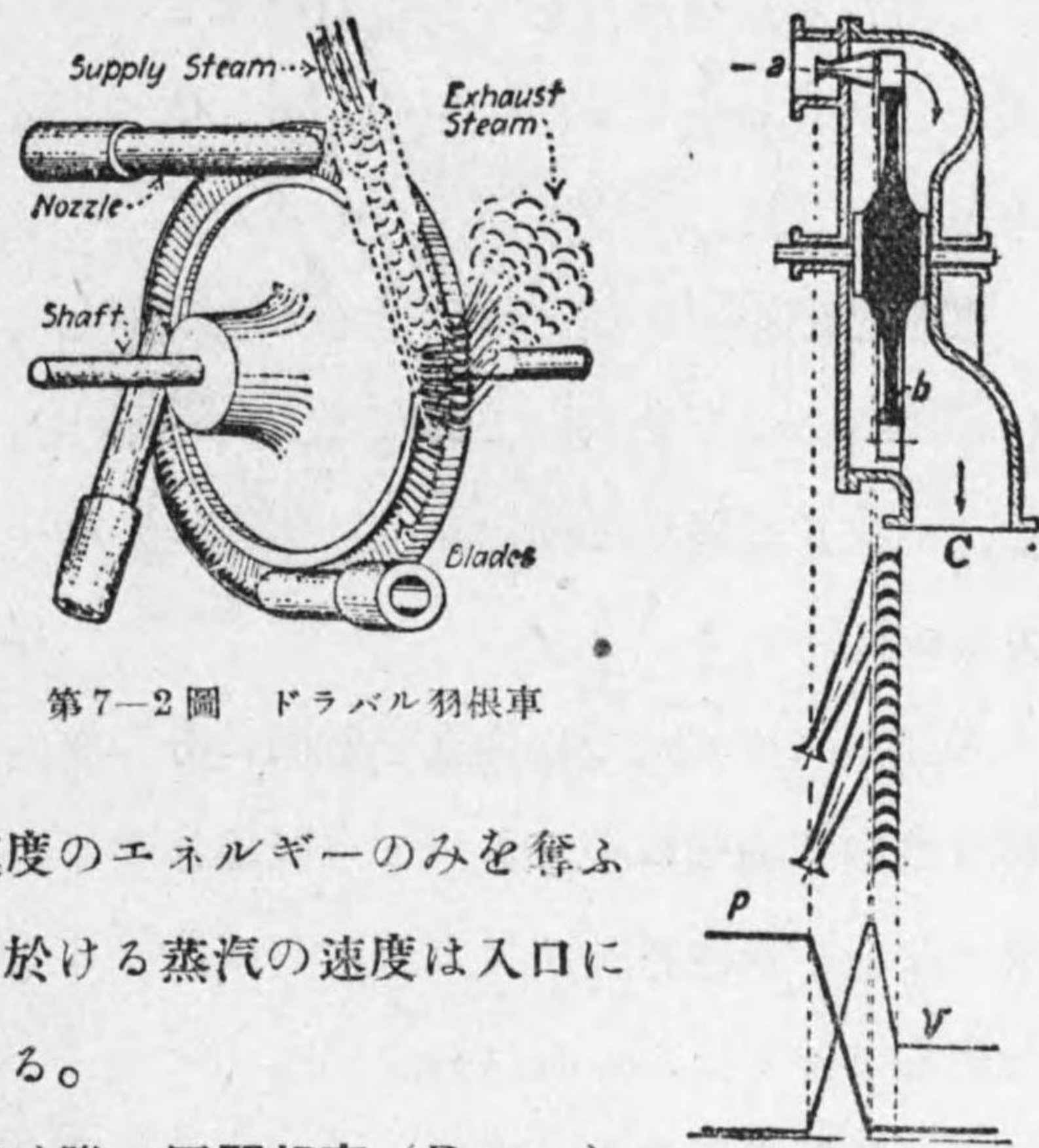
- a. 單段衝動タービン (Single stage impulse turbine.)
- b. 多速段衝動タービン (Multi-Velocity stage imp. turbine.)
- c. 多壓段衝動タービン (Multi-Press stage imp. turbine.)
- d. 多速多壓段組合せタービン

(Multi-Press. Velo. stage imp. turbine.)

### 2. 單段衝動タービン Single stage impulse turbine

このタービンは瑞典のド、ラバル博士により創案せられ衝動タービン中最初に發達し、最も簡単な型式のもので第 7-2 圖は其の原理を示し、第 7-3 圖は其の構造を示したものである。

即ち蒸汽はノズル (Nozzle) a を通過中に膨脹し壓力  $P$  を低下する代りに速度  $V$  を増大し、高速度で羽根に衝動を與へて廻轉せしめる、



第 7-2 圖 ドラバル羽根車

この間壓力は一定なる故羽根車は蒸汽の速度のエネルギーのみを奪ふため、羽根車の出口に於ける蒸汽の速度は入口に於けるものより小である。

本タービンでは蒸汽は唯一回羽根車 (Runner) を通過するのみで、蒸汽の殆ど全エネルギーを吸収せんとする結果其の速度は甚だ大にして一分間 10000-30000 廻轉にも達し、大なる減速齒車を必要とする。

排氣エネルギーの損失又大であつて能率悪しく小型に限り用ひられる。

### 3. 多速段衝動タービン Multi-velocity stage imp. turbine

一段衝動タービンは廻轉數餘りに早きに過ぎ又排氣に失はれる損

第 7-3 圖



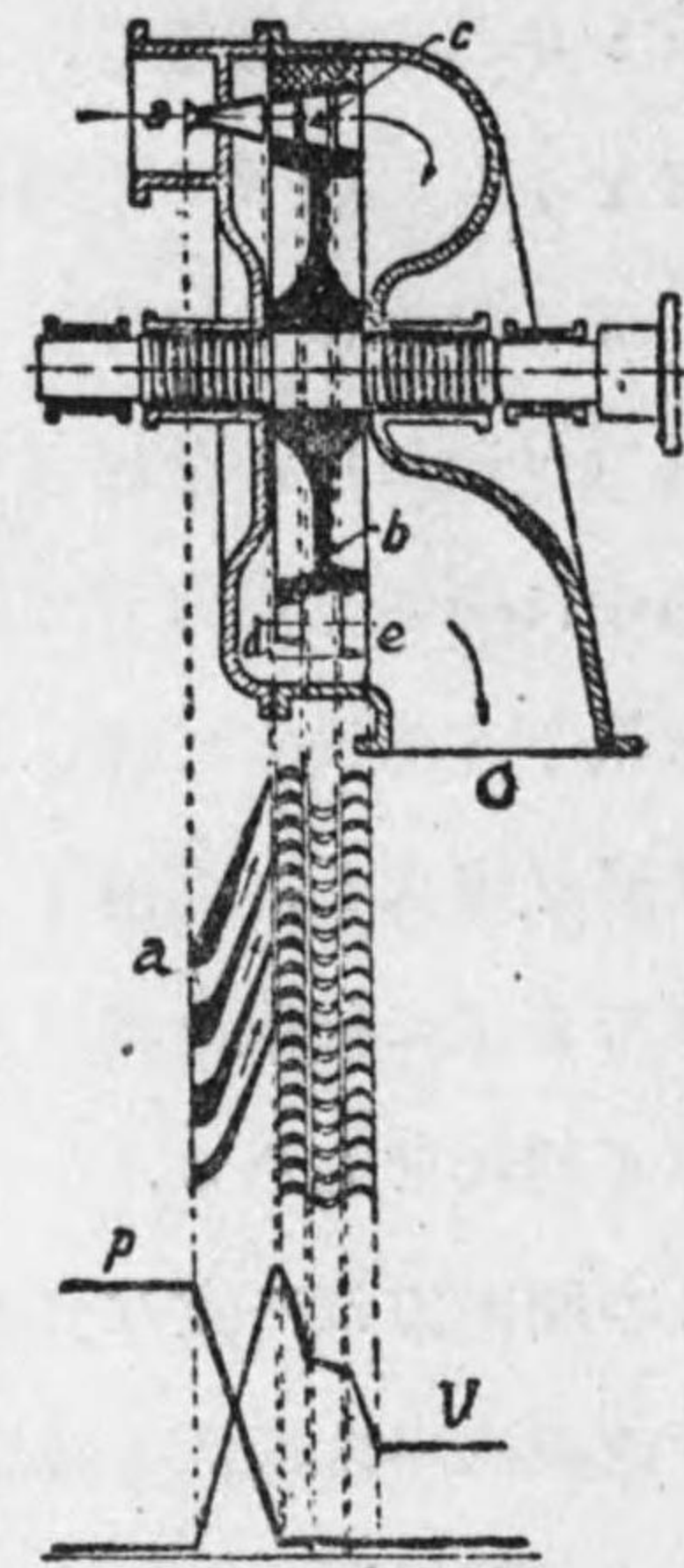
失大であるから多速段衝動タービンはこの缺點を補ひ、蒸汽壓力はノズル中で一回に低下し、そのため生ずる速度を數回に分ち動羽根 (Movable vane) に作用せしむるものである。第 7-4 圖はノズル a で壓力を低下し得たる高速蒸汽を一つの羽根車 b の周圍で二列の羽根 d, e に作用せしめ、依つて速度 V を二段に分けて降下せしめる。

羽根と羽根との間には固定せる案内羽根 (Guide vane) C を入れて蒸汽の方向を變へる、羽根を通過する間は蒸汽は膨脹せず壓力は一定である。

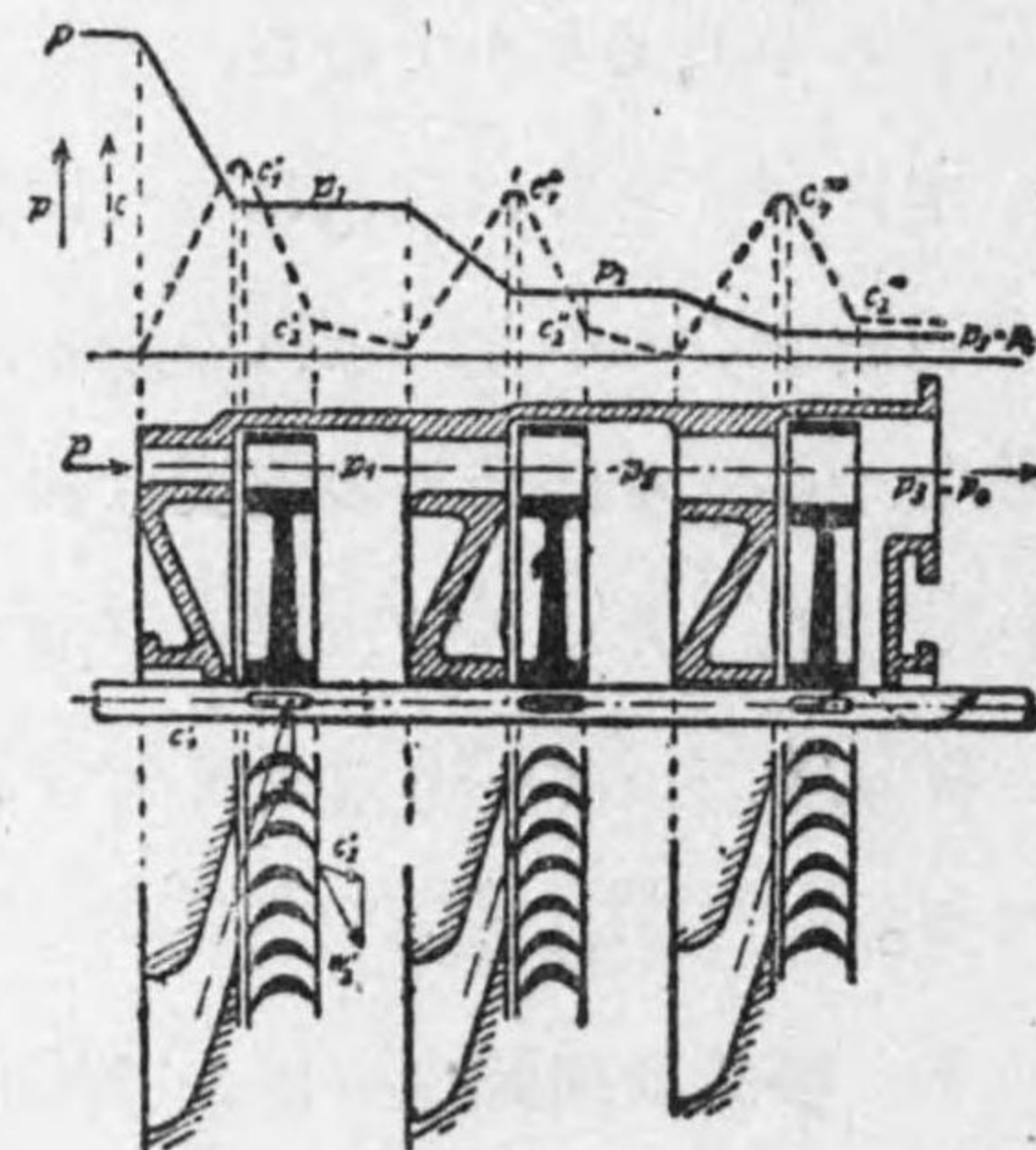
多速段タービンでは速度を數回に分つ故羽根車の廻轉數は小であつて、減速齒車を要しない。單段カーチスタービンは全くこの型式である。

#### 4. 多壓段衝動タービン

第 7-5 圖に示す様に蒸汽は始めのノズルで壓力を低下し速度を高めて羽根車に入り、第二のノズルに入つて壓力を低め又羽根車に入り更に第三のノズルに入つて壓力を低下し又羽根車に入り、かくて數段の壓力低下を繰返し排氣す



第 7-4 圖

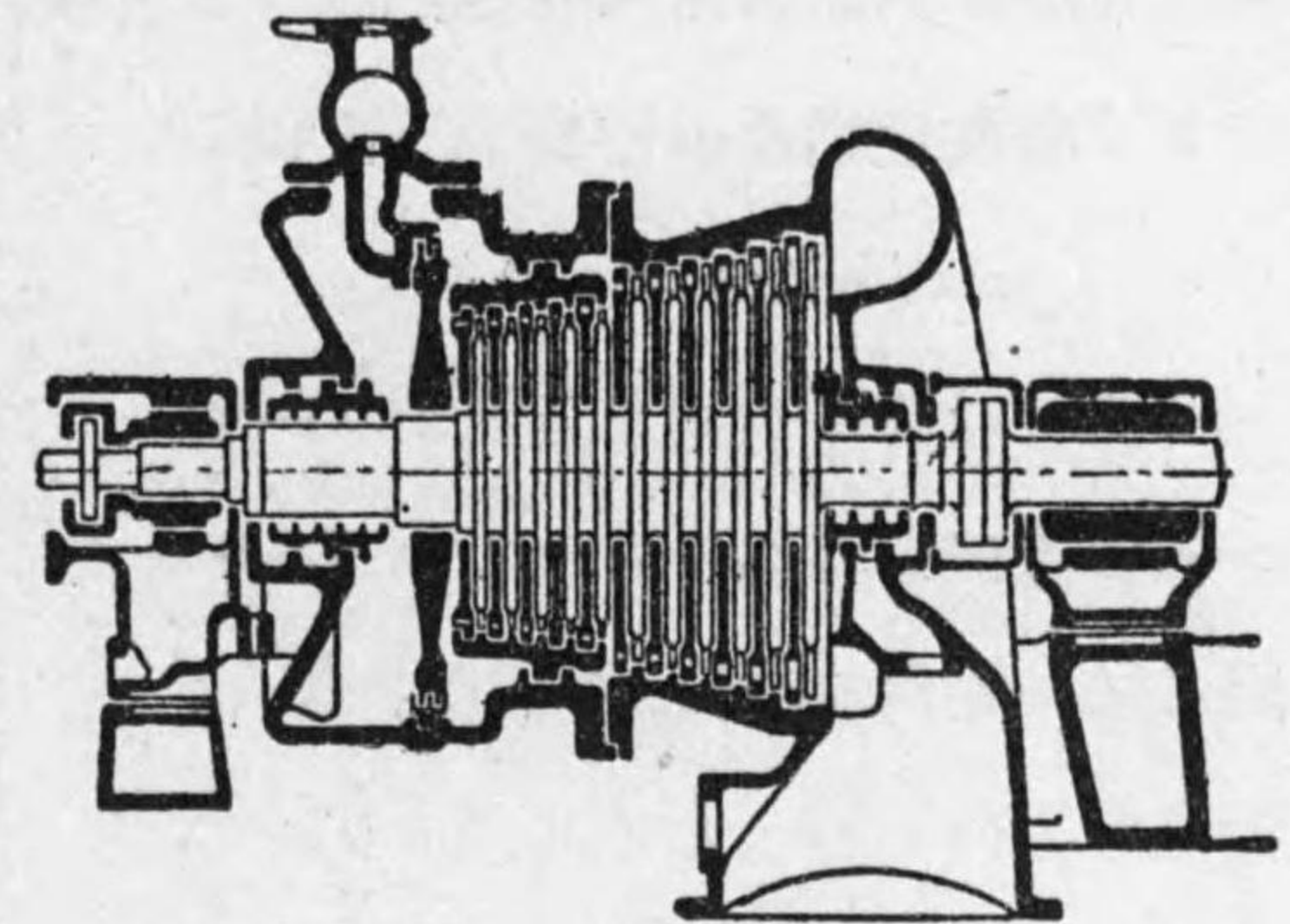


第 7-5 圖

る。其の間速度はノズル中の壓力降下によつて増大する故、羽根車の入口で高く出口で低く高下を繰返すことは圖に示す様である。

#### 5. 多速多壓段組合せタービン

第 7-6 圖にその一般構造を示し又第 7-7 圖にはその原理を示して居る。即ち複速式と複壓式とを一軸上に直列に組合せたものでノズル N 中での壓力降下により速度を得たる蒸汽は一つの羽根車 b に植付けた二列の羽根で、其の速度を低下し次のノズル (案内



第 7-6 圖 多速多壓段組合せタービン

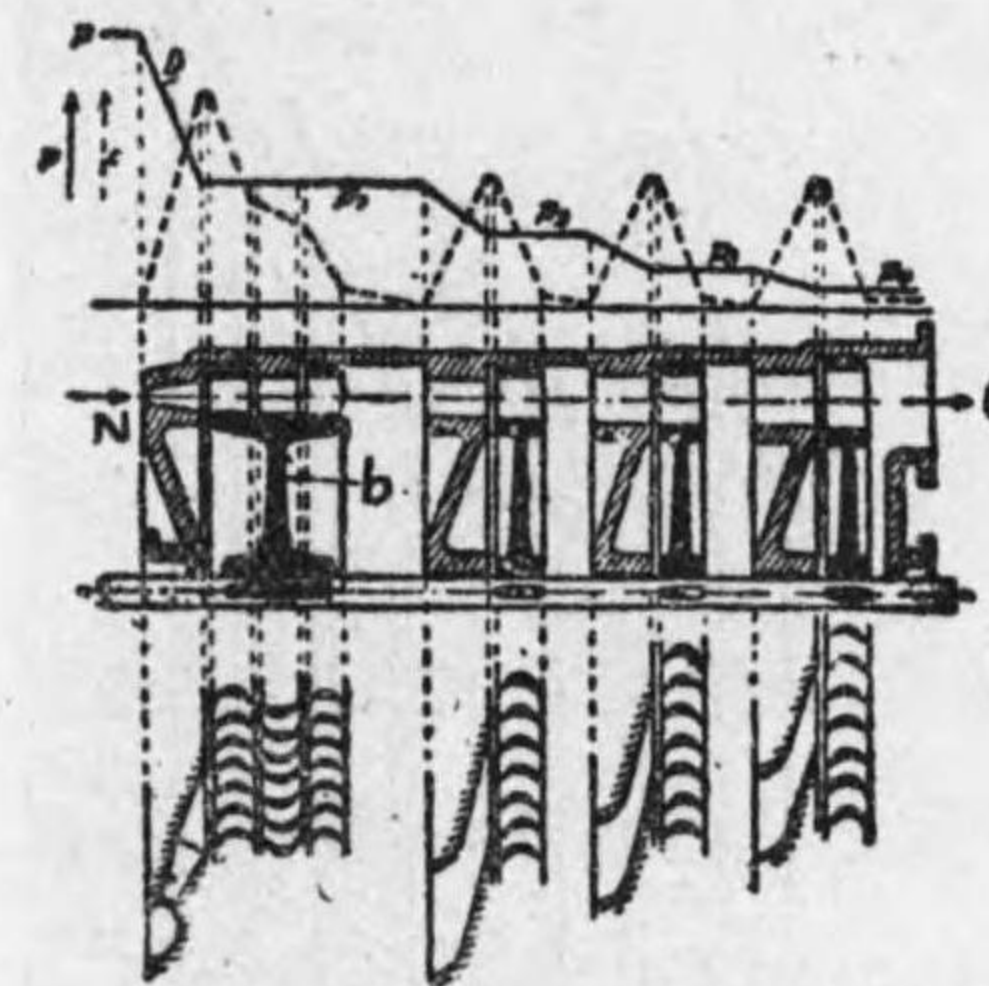
羽根) で壓力を下げ速度を高めて次の羽根車に入り速度を落す。

以下同様に繰返して排氣口より排出する。

#### 第三節 反動タービン

##### 1. 反動タービン, Reaction turbine の型式

蒸氣の反動壓力を利用するものであるから、ノズル内で膨脹壓力低下速度上昇をなすばかりでなく、動羽根内でも壓力低下する故、羽根の出口に於ける壓力は入口に於けるものより常に低い。



第 7-7 圖 多速多壓段組合せタービン



之に屬するタービンを蒸氣の流れる方向で分類して見ると。

- a. 軸流反動タービン (Axial flow Reaction turbine.)
- b. 輻流反動タービン (Radial flow Reaction turbine.)
- c. 混流反動タービン (Mixed flow Reaction turbine.)

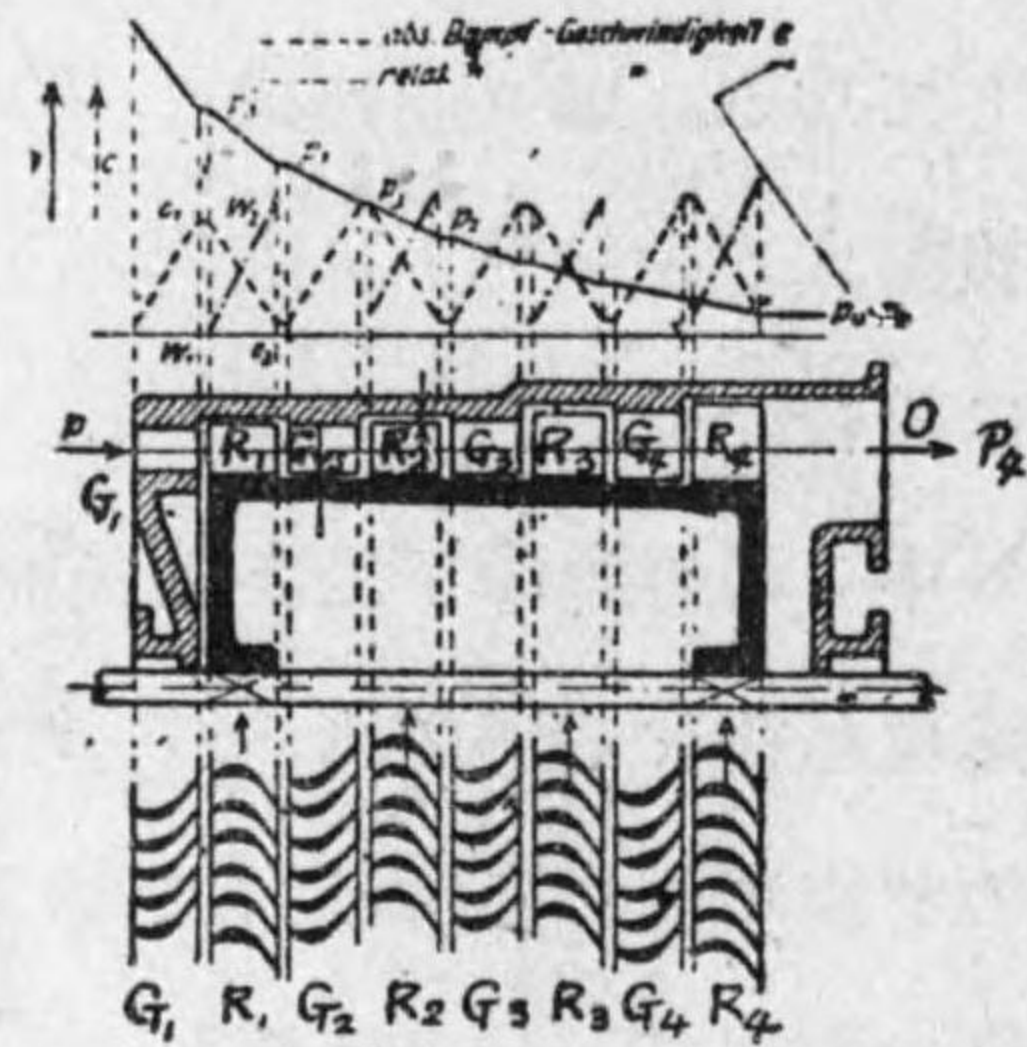
2. 軸流反動タービン Axial flow reaction turbine

軸流反動はタービン蒸氣がタービン軸の方向に流れるもので第7-8圖に於て案内羽根 $G_1, G_2, G_3, G_4$ は蒸氣の方向を變へると共にノズルの作用をもなして固定し各動羽根  $R_1, R_2, R_3, R_4$  の間にある。Pなる壓力の蒸氣は  $G_1 R_1 G_2 R_2 G_3 R_3 G_4 R_4$  を通過する間に漸次にその壓力を低下し出口Oに於て最低となり速度は案内羽根を通過する間は高くなり動羽根を通過するときは低下する。この型式の代表的なものは、パーソンタービンである。

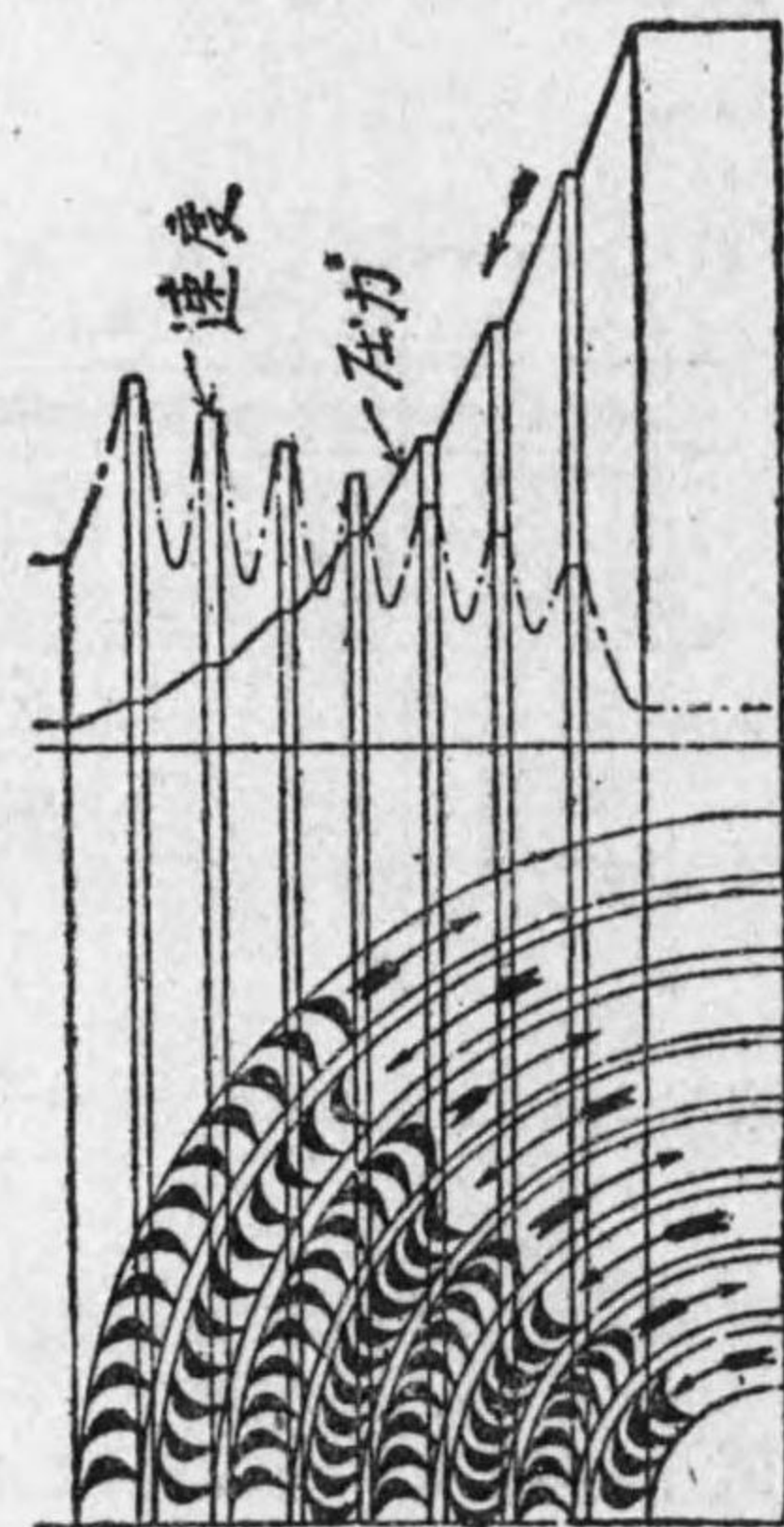
3. 輻流反動タービン

Radial flow reaction turbine.

蒸氣が軸心より半径の方向に次第に外方に向つて流れるもので、**ユングストロ**



第7-8圖



第7-9圖

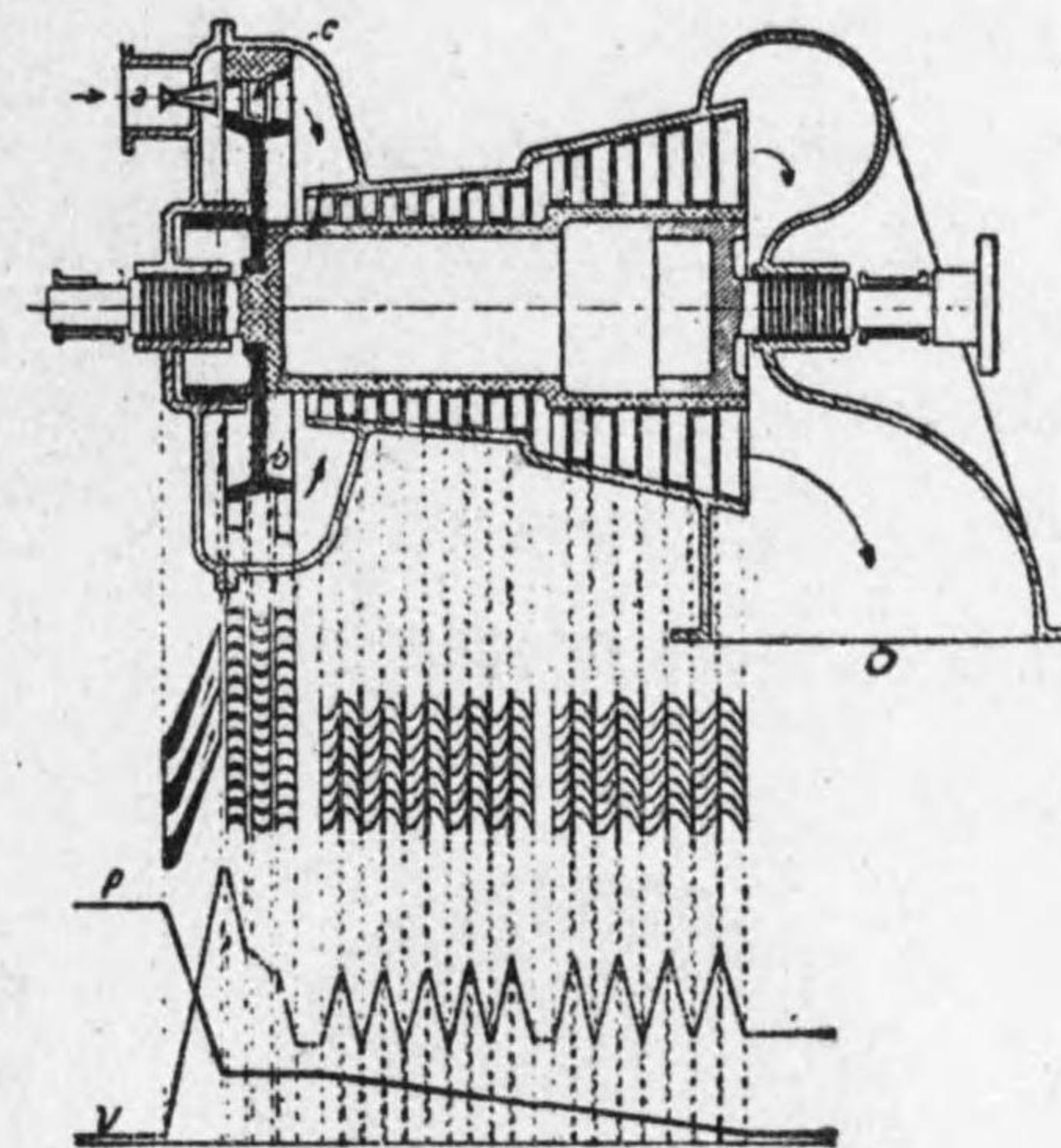
ーム・タービン(第7-21圖)はこの代表的なものである。

第7-9圖は蒸氣の壓力と速度の關係を示す。蒸氣壓は中心部に於て最大で各羽根を通過する間に次第に低下し、一番外側の出口の羽根にて最低に達し速度は却つて外側に至るに従ひ増加する。此のタービンは互に反對の向きに植付けた羽根輪を有する二枚の圓板を向ひ合せに嵌合はしたものであつて、二枚の圓板は二つの羽根車として反對に廻轉すると同時にお互に案内羽根の役目を兼ねて居る。

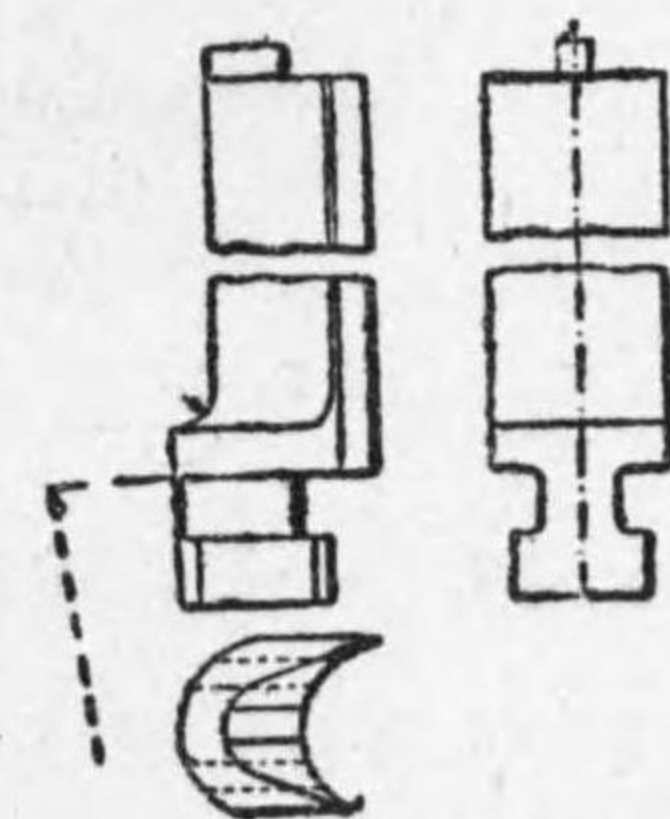
4. 混式タービン

Combined turbine.

タービンの高壓側即ち蒸氣の入口に近き側に衝動式を、低壓部即ち出口に近き側に反動式を用ひて組合せたもので、圖中ノズルa中で速度を増した蒸氣はその輪周に二列の羽根を有る羽根車bを廻轉せしめその間定壓にして蒸氣速度を減ずる。以上は衝動タービンの部分であつて、それより以下は反動タービンに屬し壓力は次第に低下する。



第7-10圖 混式タービン



第7-11圖 動羽根

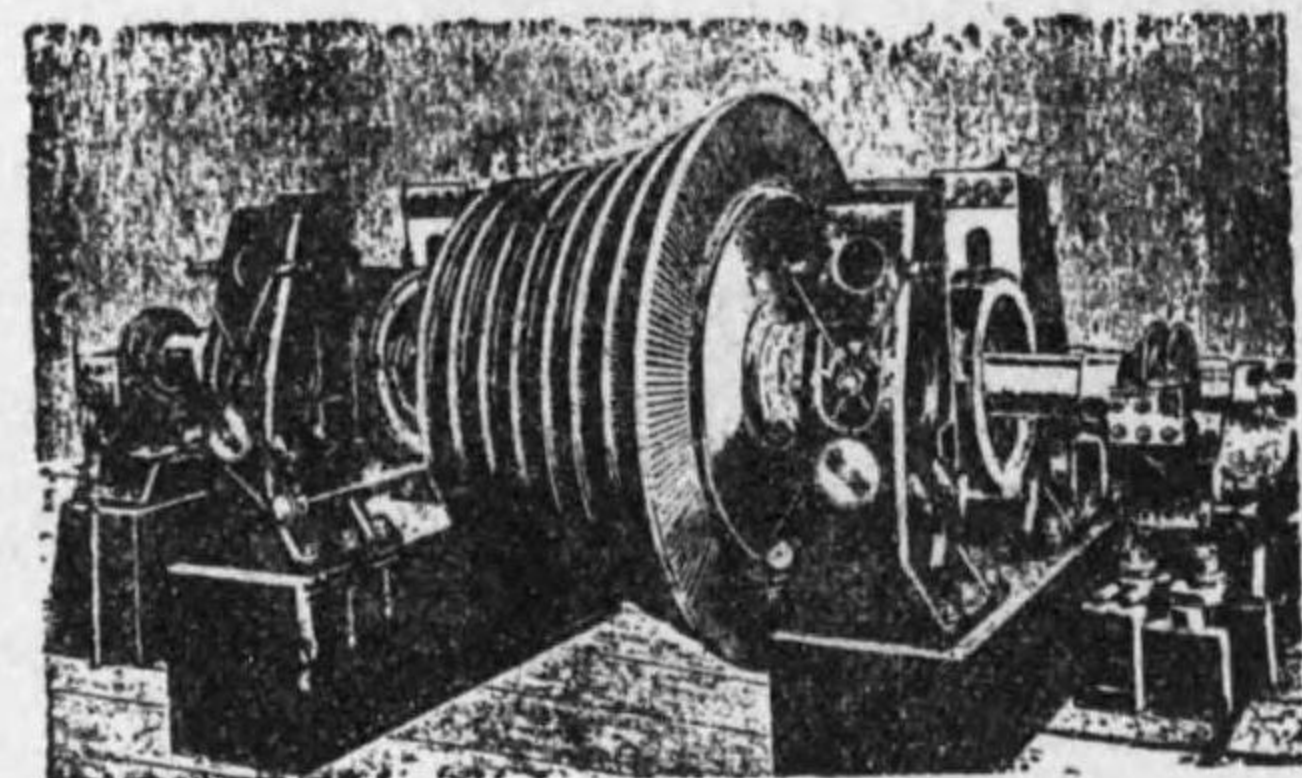
第四節 タービン各部の構造



### 1. 動羽根及羽根車

羽根は真鍮、モーネルメタル、ニッケル鋼、不銹鋼等で作られ下部を車の輪周に嵌込みたる時次の羽根との間に自然に間隔を生じる様、下部を少しく厚く出つ張らせる。羽根を車の輪周に取付けるには羽根の根元を輪周の溝に嵌め、或は鋌にて固定せるものもある。

第7-12圖は羽根を植付けた羽根車を示す。



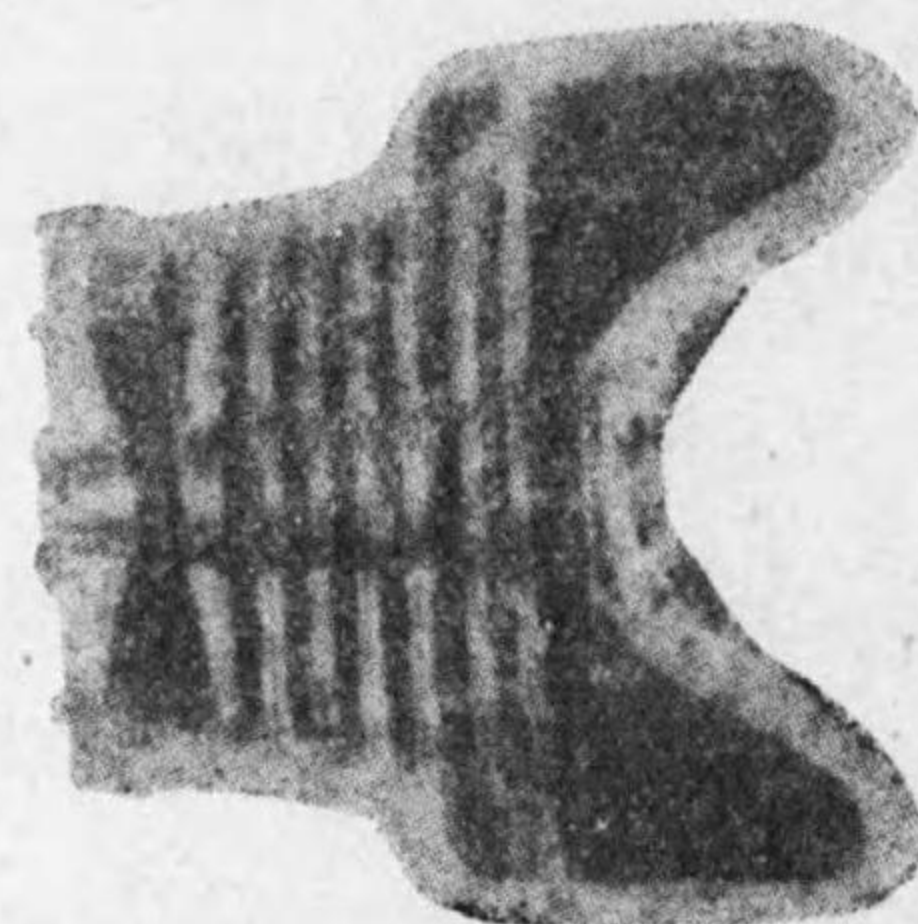
第7-12圖

### 2. 案内羽根Guide vane.

蒸氣タービンの案内羽根は蒸氣の方向を變へると共にノズルの役目をも兼ねるもので、案内羽根と隔板と

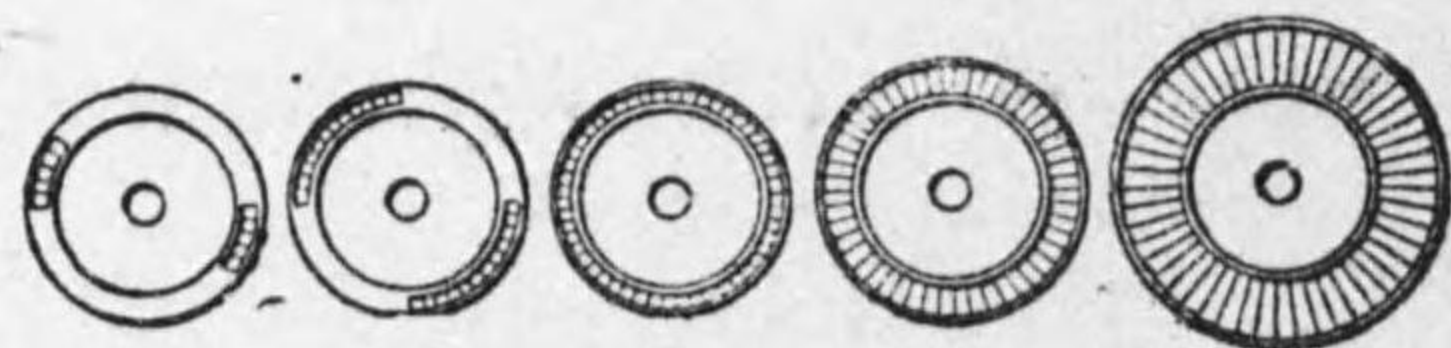


第7-13圖 隔板



第7-14圖 汽 笛

を同時に一個に鑄造するものもあるが案内羽根を別に作り隔板に固定せし

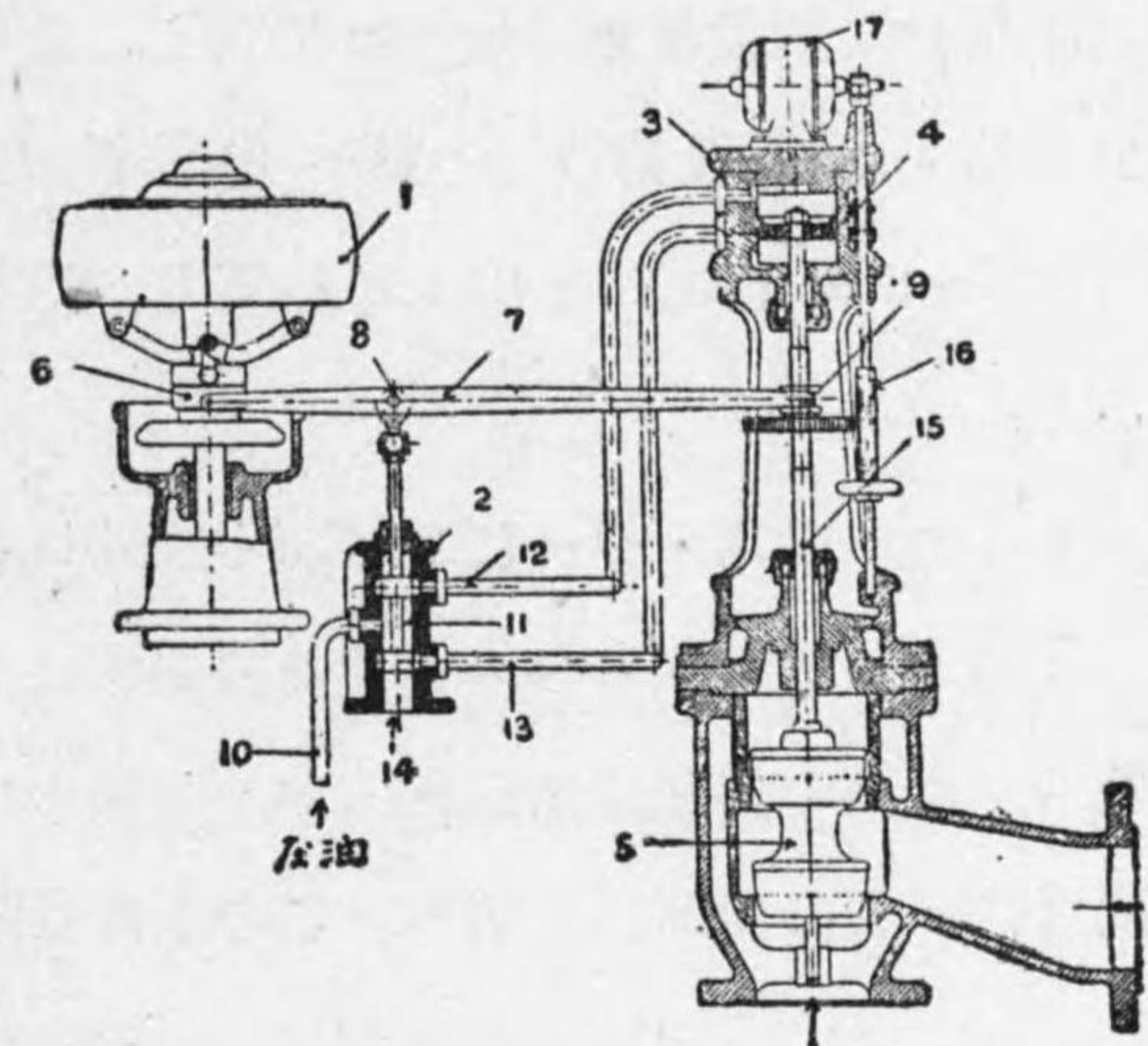


第7-15圖 隔 板

むるが良い。第7-13圖は案内羽根を植込みたる隔板を示し第7-14圖はタービン氣筒の上半の内部を示す。第7-15圖は衝動タービン用隔板を示し噴射口が左の高壓部より右側の低壓部に至るに従ひ次第に大となるを示してゐる。

### 3. 调速装置 Governing.

蒸氣タービンの调速装置は蒸氣機關の場合こそその原理に於ては同様であるが廻轉數が著しく大なる爲その機構は稍複雑である。



第7-16圖 絞り调速装置

圖は絞り调速装置の一種を示しタービンの廻轉數の増減により、遠心力振子1の開きを變じこれ

により滑筒6を上下し桿7に傳へて、8に接続せる壓油傳達弁11を上下に動かし、壓油送入管10より壓油を送油管12又は13に送り、サーボ、モーター (Servo-motor) 3内のピストン4の上下に於ける油壓を變じ、ピストン桿15を上下に移動せしめ、之に連らなる絞り弁 (Throttle valve) 5を働かし、以て蒸氣罐よりタービンに至る蒸氣の通路を調節してその量を變せしむるものである。

### 第五節 各種蒸氣タービン



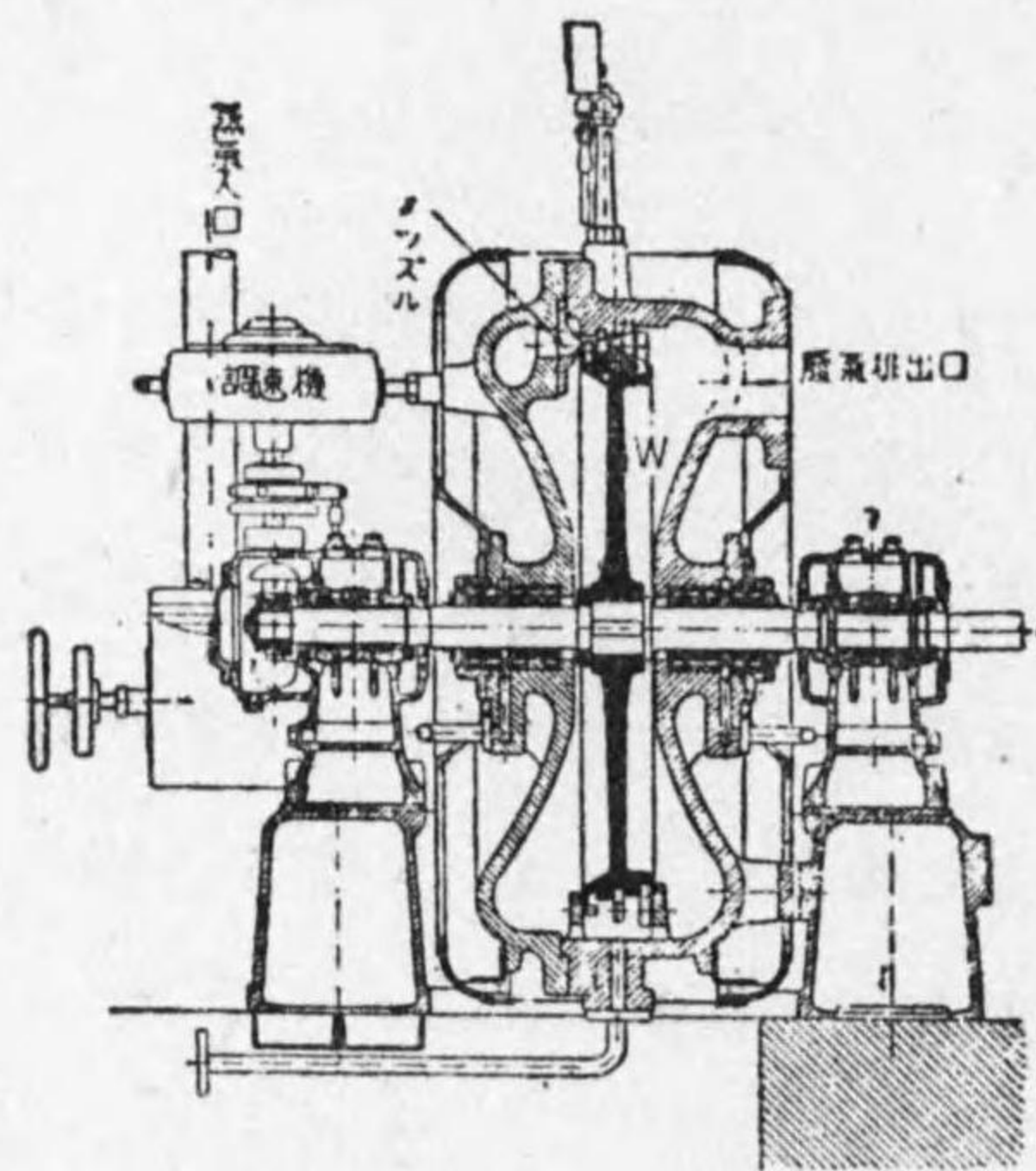
蒸氣タービン型式は既に説明した通りであるが實際用ひらるゝタービンは純然たるこれらの型式に屬するもの、或はこれらの型式を更に組合したるもの等がある。以下實際用ひられる數種のタービンにつき述べることにする。

1. ド・ラバル・タービン De Laval turbine.

純然たる單段衝動タービンに屬し、その原理並に構造は既に述べた(第7-2圖及第7-3圖)。廻轉數が過大なる爲大なる減速齒車(Reduction gear)を用ふるを要し、排氣エネルギーの損失亦大である。

2. カーチス・タービン Curtis turbine.

このタービンは米人カーチスの發明にかゝり、小型のものは全然第7-4圖の多速段衝動タービンと同じで、即ち一つの羽根車に二列又は三列の動羽根を植へ、その中間に案内羽根を夾んで蒸氣の方向を轉換せしむる。その全體構造は第7-17圖に示す様である。



第 6-17 圖 一段カーチス・タービン

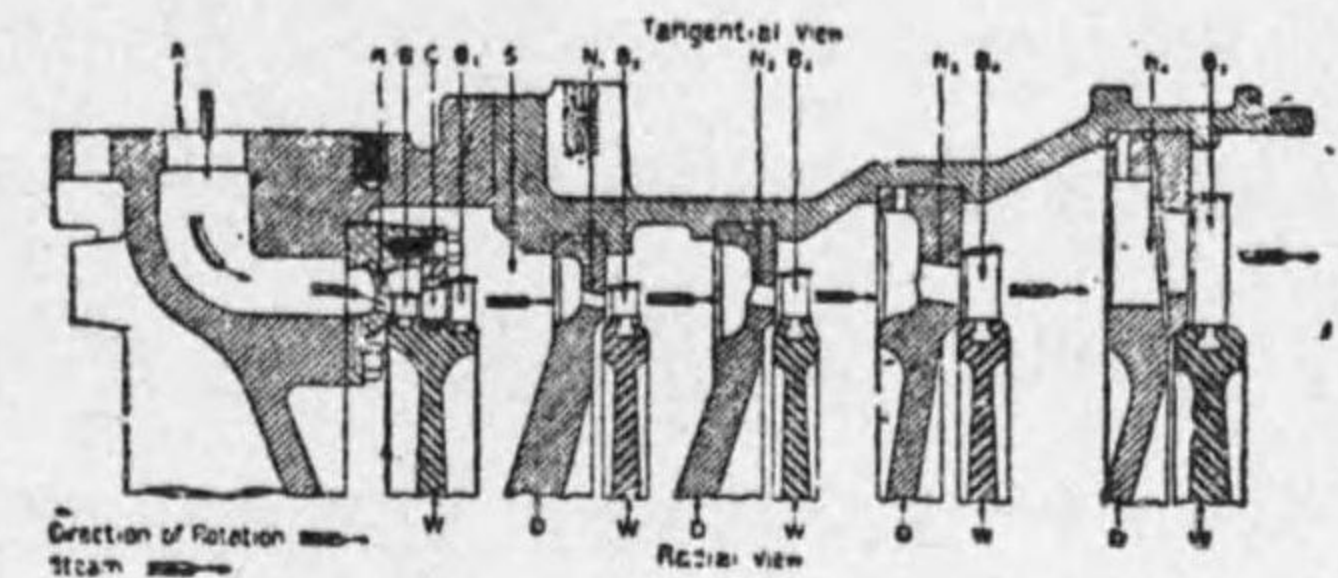
大型カーチス・タービンは單段衝動タービンを幾個も直列に並べ或は最初の一段のみ多速段衝動タービンとし次に單段を並べたものであつて、第7-18圖は、この原理を示す。

即ち蒸氣は左上より入り五段のノズル及羽根車を経て排氣す

る。

る。

第一段は全く小型のものと同じく第二、第三、第四、第五段は全く一段衝動タービンに等しい。かく段數を増すと羽根車の廻轉數は減じて別に減速齒車を要せず且蒸氣を充分膨脹せしめるが故に熱効率又大である。



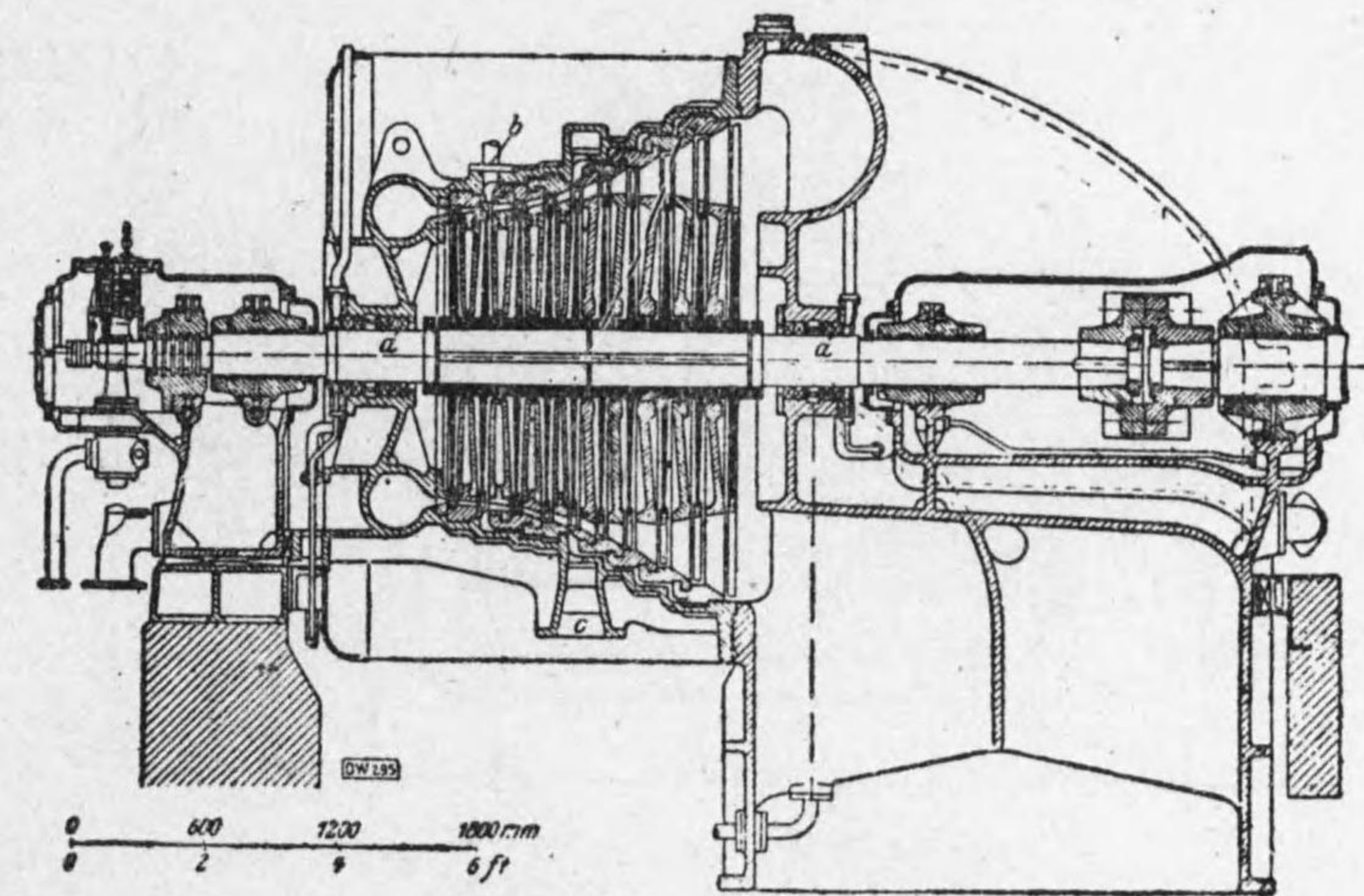
3. ラトー・タービン Rateau turbine.

單段衝動即ちドラパル・



第 7-18 圖 カーチスタービン

タービンの缺點は排氣エネルギーの損失大なること及び廻轉速度の過大なこと等で、これ等の缺點を補ふ爲單段衝動タービンを直列に



第 7-19 圖 ツエリタービン



幾段も組合したもので、佛人ラトロー教授の創案に係る。(圖、略次節参照)

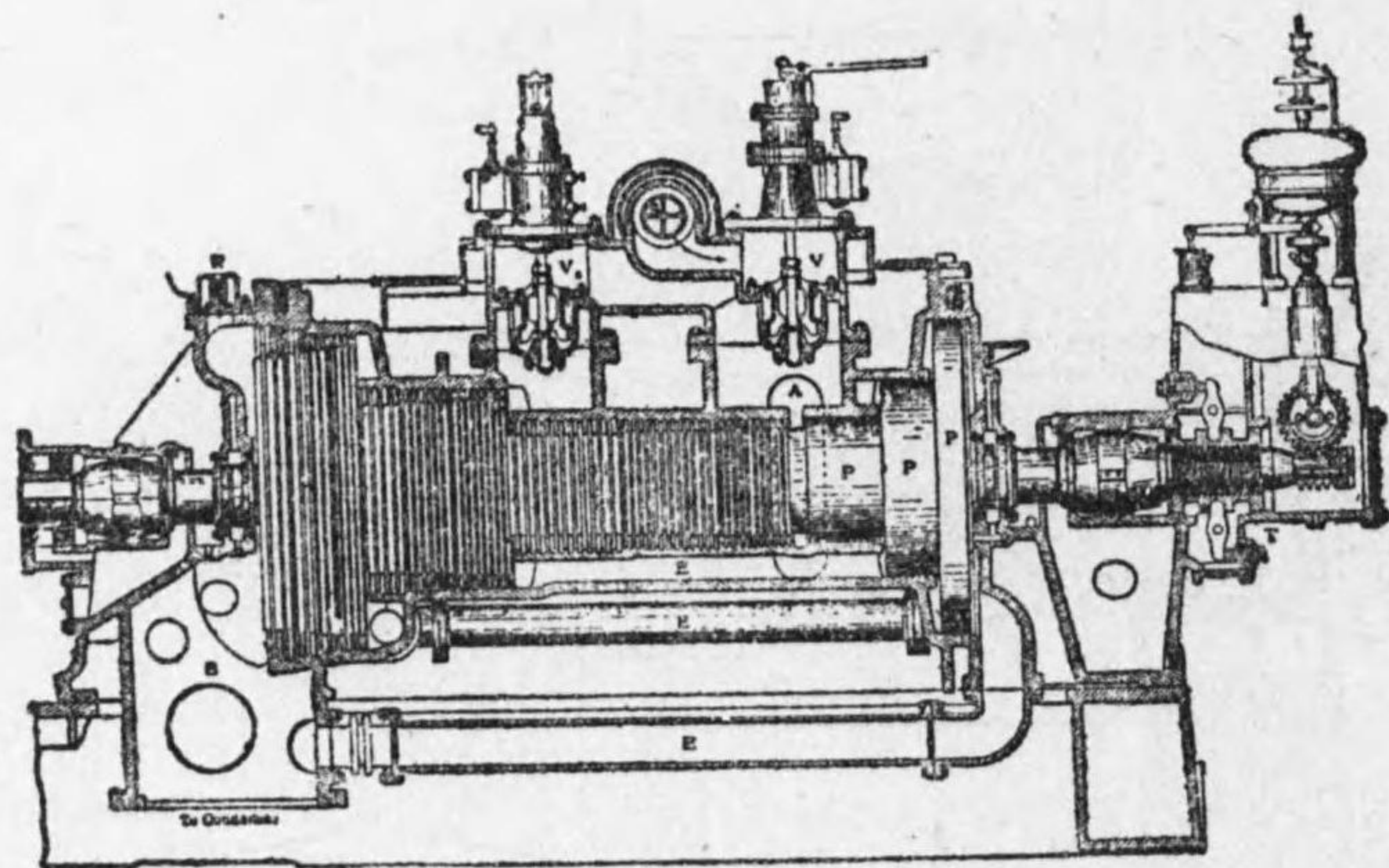
4. ツエリー・タービン Zoelly turbine.

ラトロー・タービンの原形は一般に多くの段数を有し、従つて非常に長い氣筒を要する故、瑞西のエツシャー・ウキス社のツエリーにより羽根その他一部に改良を加へ段数を少くした。**エツシャー・ウイス・タービン**(Escher Wyss Turbine)として知られて居る。

單段衝動のドラバル・タービンの組合せであることは、ラトロー・タービンと同一である。

5. パーソンス・タービン Parson's turbine.

此のタービンは反動タービン中唯一の軸流(Axial flow)式で、工作上また運轉上種々なる缺點を有する故、現今では衝動タービンと組合せて用ひられる。



第 7-20 圖 パーソンスタービン

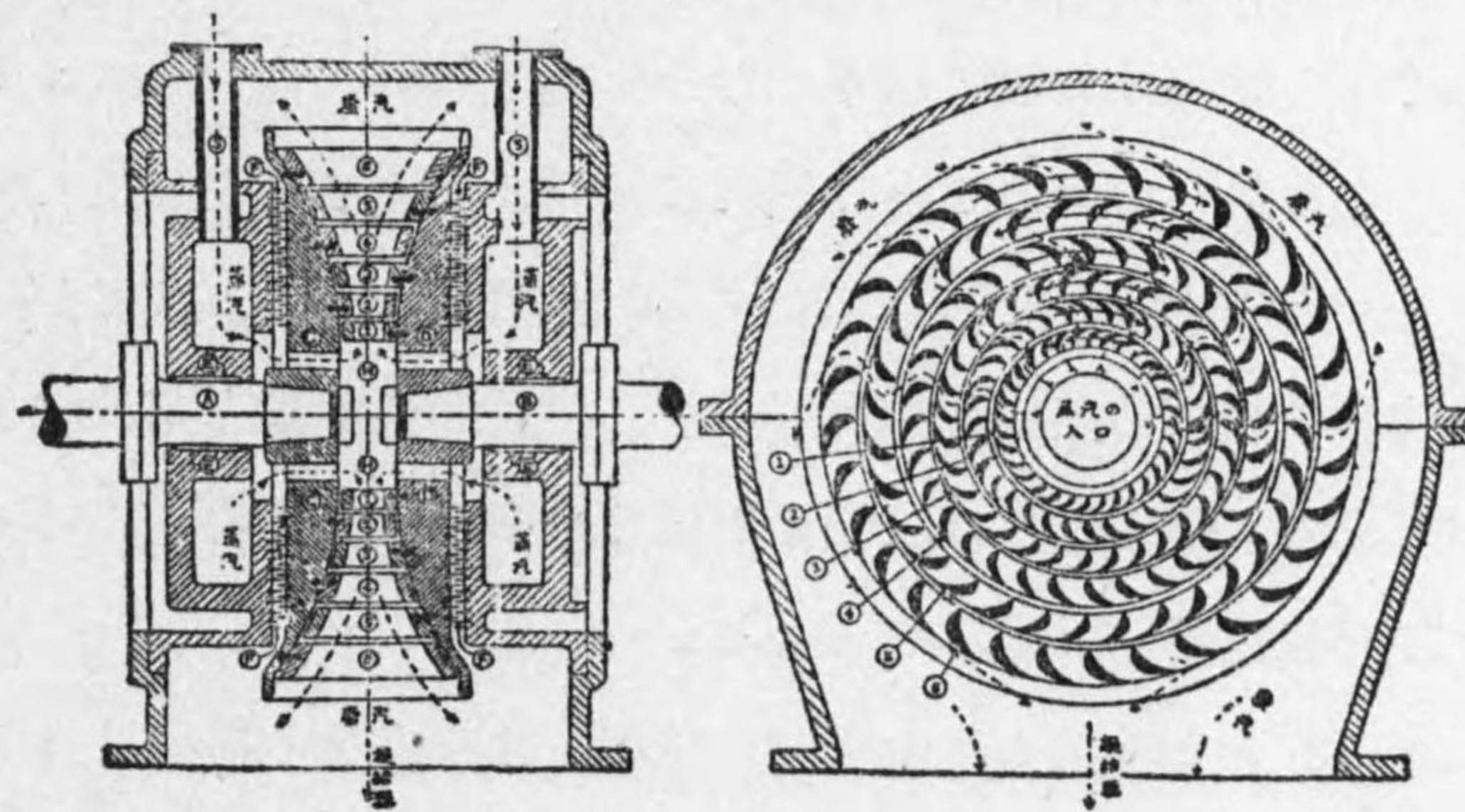
圖は純パーソンス・タービンを示すもので、蒸氣は中央上部の止

弁Sより辨Vを通りAより氣筒に入り羽根列間を軸方向に流れて廢汽口Bより出る。Vの辨桿は調速機に連りその開口を調節する。

反動タービンは衝動タービンと異り蒸氣は案内羽根及動羽根共壓力降下、即ち膨脹をなす爲、廢氣口に至る低壓部の蒸氣の容積は非常に増加し、この大容積の蒸氣を通過さす爲低壓部の氣筒を階段的に膨脹せしむる。また低壓部の羽根は高壓部に比し甚だ長い。動き羽根の入口の壓力は出口より高い爲、廻轉胴は**推力**(Thrust)を受け軸は左方に押され、この推力と釣合はせる爲に右方に三つの**釣合ピストン**(Balancing piston) Pを設ける。負荷の増大にともない調速機は辨Vsを自動的に開いて蒸氣を中氣筒に導くのである。

6. ユングストローム・タービン Ljungstrom turbine.

瑞西のユングストローム兄弟の考案に係り、或は製造會社の名を附けて、**スタール・タービン**(Stal turbine)とも言はれる。唯一の輻流式反動タービン(Radial flow Reaction turbine)である。



第 7-21 圖 ユングストロームタービン骨組圖

車軸A, B は全く別個のものであつてA軸には車盤CをB軸には



Dを夫々固定し、また羽根環 2. 4. 6. はC盤に、1. 3. 5. はD盤に交互に取付けられ従つてA, B 軸は互に逆方向に廻轉する。蒸汽は二本の蒸汽管 SS より氣胴に入り車盤 C, D に穿てる穴を通つて中央蒸汽室Hに集り、それから羽根列間を曲つて流通し最外方の羽根列6を通つて廢氣となり凝結器に至る。此のタービンの特長とする所は兩車軸が互に反對方向に廻轉する故、その關係速度は羽根車の廻轉の二倍となり、著しく形態は縮小せられ、且蒸汽は低壓部に至るに従ひ羽根環の直徑が大となるから、膨脹によりその容積を増大したる蒸汽も容易に通過することが出来る。

### 第六節 タービン附屬装置

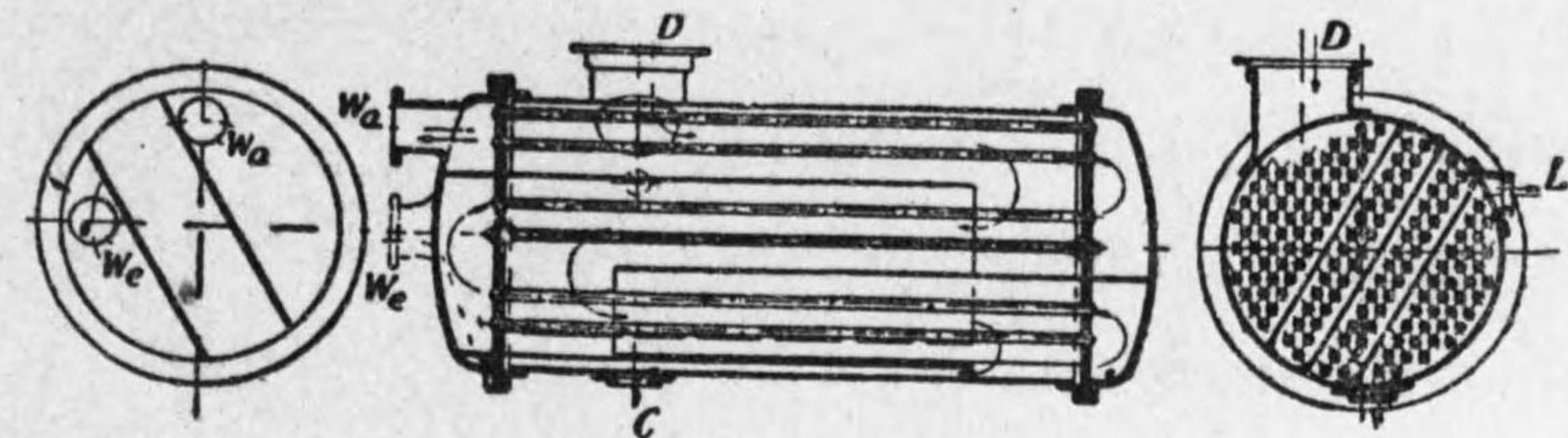
#### 1. 凝結器 Condenser.

凝結器は蒸汽機關または蒸氣タービンより吐出される廢氣を一度この中を通過せしめ、冷水によつて冷却するときは廢氣は凝結し、復水してその壓力は大氣壓以下となり、蒸氣機關又はタービンに入る蒸氣はその最初の壓力と凝結器内に於ける壓力との間に於て膨脹するから、その膨脹度を大いに増大し、熱効率を高めることが出来且亦凝結水は相當の熱量を保有するから汽罐の給水として使用することが出来る。凝結器には、表面凝結器、噴射凝結器等がある。

#### 2. 表面凝結器 Surface Condenser.

冷却水ポンプより送られた冷却水は We より左側水室に入り隔板によりて一部分の管群中を通つて右側水室に出で、更に隔板により他の一部分の管群中を左側水室に戻り更に右側に出で、かくして逐

に左側 Wa の出口よりポンプに戻る。廢氣はDより入り管群の間を

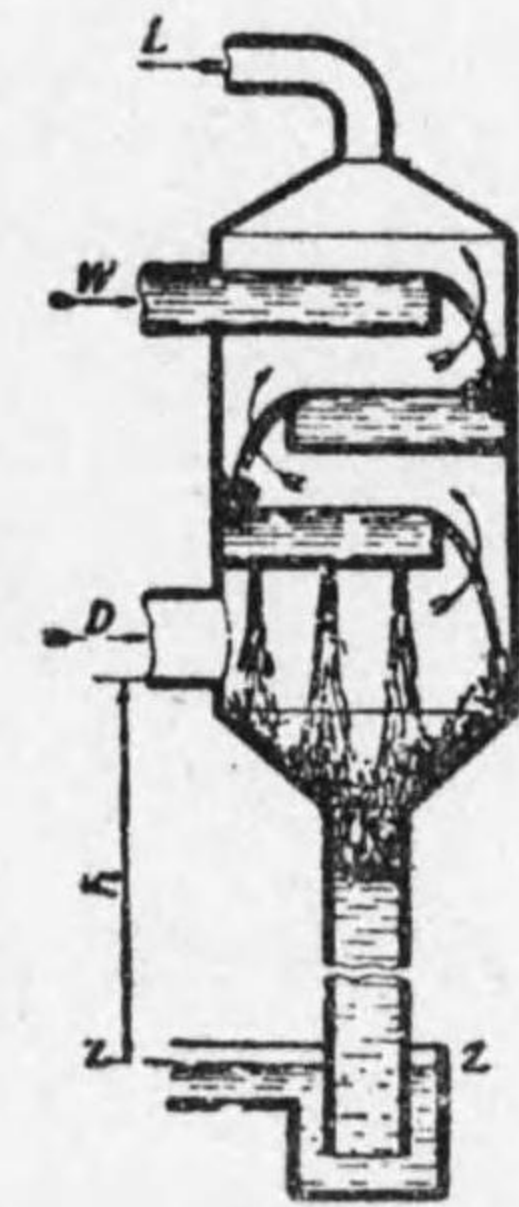


第 7-22 圖 表面凝結器

通過する間に管の表面で冷却せられ凝結復水してCの出口から放水せられる。

#### 3. 噴射凝結器 Jet Condenser.

圖にて冷却水はポンプによりWより入り、下方に降る間に霧状となりて落下し、下方Dより入り来る廢氣に噴射混合して、これを復水せしめ、温水溜Zに溜る。廢氣中の空氣及び復水せざる蒸氣はLより空氣ポンプ (Air pump) によつて抽出せられる。



第 7-23 圖

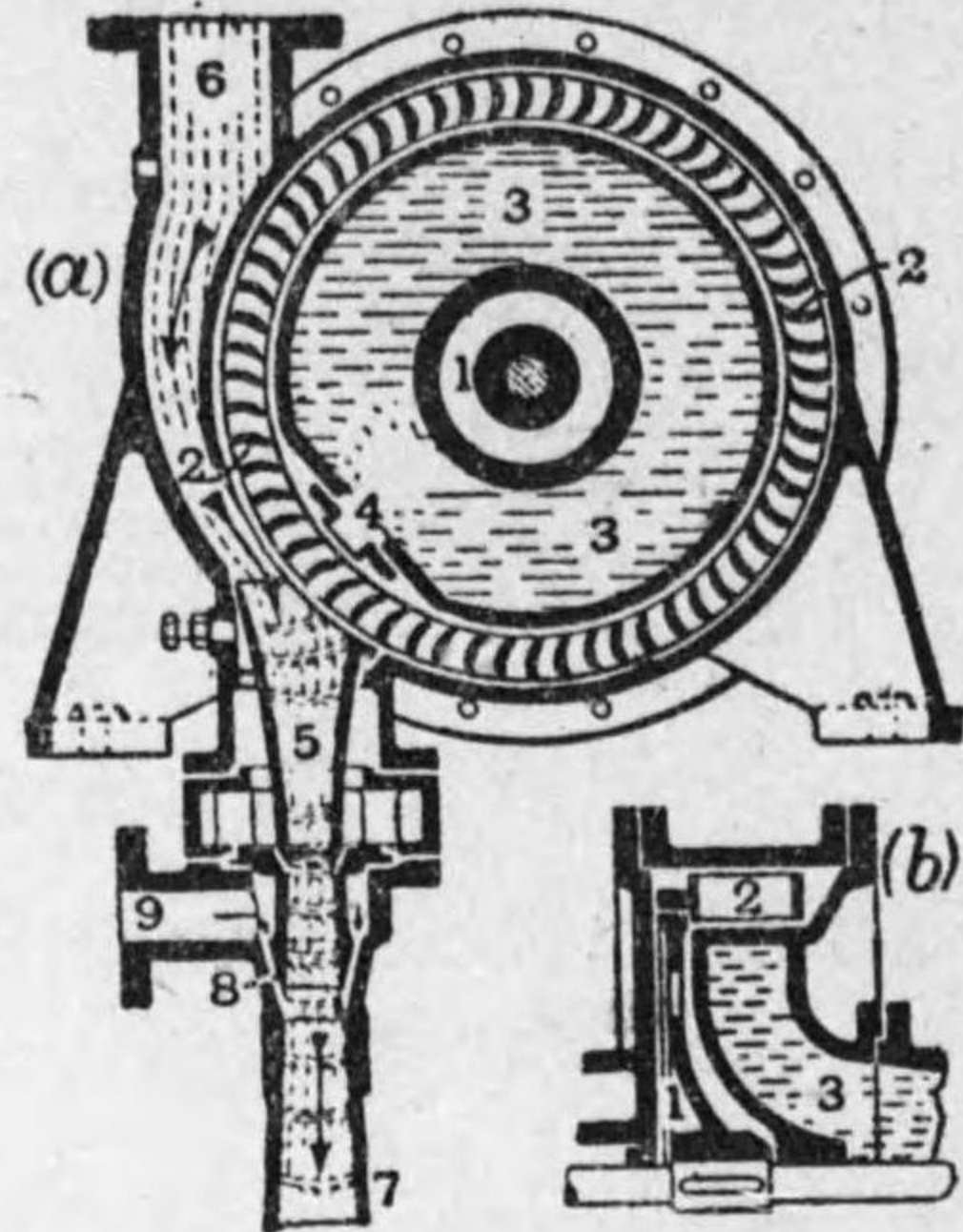
#### 4. 冷却水ポンプ及空氣ポンプ

冷却水ポンプ (Cooling Water pump) はまた循環ポンプ (Circulating pump) とも言はれ、凝結器の冷却水を循環的に送戻するもので、一般に渦巻ポンプ (第 4-21 圖) を採用する。

また最初より廢氣中に含まれる空氣及び未だ復水しない蒸氣が凝結器中に殘存すると器内の真空度を著しく害するためこれを取り除く目的で空氣ポンプ (Air pump) を使用する。圖は廻轉式空氣ポン



ブの一種を示し、羽根車1の高速廻轉によりその中の水室3に貯へられた水はノズル4より噴出して羽根2の間で断片となり5の圓錐管中に飛出す。6より来る空氣及び廢氣はこの断片水間に包まれながら7の吐出口より吐出される。



第7-24圖 空氣ポンプ

5. 復水ポンプ

凝結器にて凝結せる復水を取り出すポンプを復水ポンプと言ひ多く渦巻ポンプを用ひる。普通同容量のもの二基を設備し内一基は豫備として保存して置く。

第八章 内 燃 機 關

第一節 概 説

1. 内 燃 機 關 Internal combustion engine.

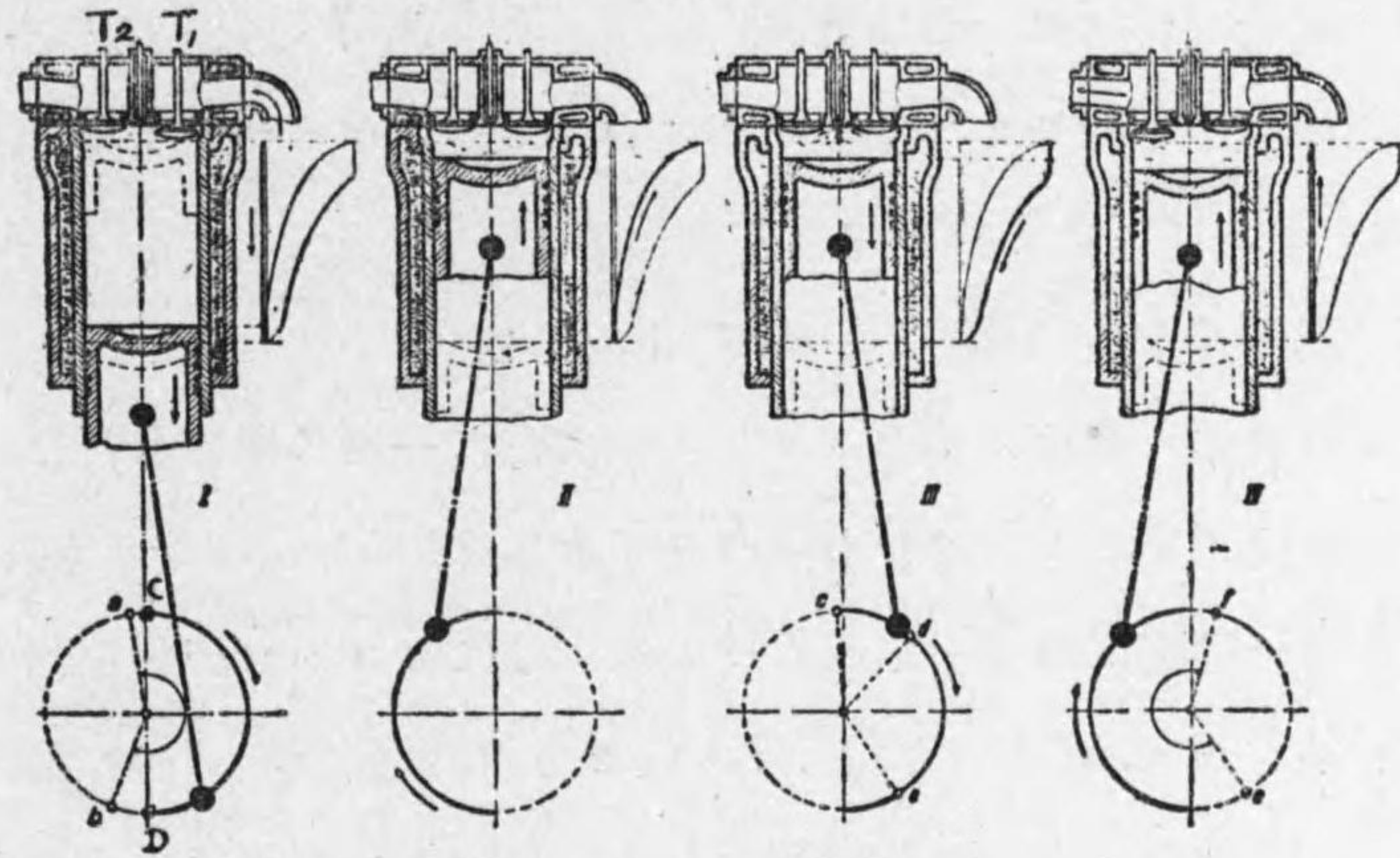
直接機關の氣筒内で燃料を燃焼せしめ其の爆發力により、廻轉力を生ぜしむる装置を内燃機關と言ふ。これに對し蒸汽原動機等の様に燃料を全然機關の外部で燃焼せしめて動力を發生するものを外燃機關と言ふ。

2. 内 燃 機 關 の サ イ ク ル

内燃機關は他の機關と同じく一つの可逆運動をくりかへすもので此の可逆運動の一節をサイクル (Cycle) と言ふ。普通の内燃機關は四サイクルのものと二サイクルのものがある。

3. 四サイクル機關 4 Stroke cycle engine

オットーの考案せるもので、オットーサイクル (Otto cycle) とも言はれ次の四つの行程から成る。



第8-1圖 四サイクル機關

(1) 吸込行程 (Suction stroke) 初めピストンが氣筒の最端にあつて、クランクの方向に進むときは吸込弁  $T_1$  が開かれ燃料瓦斯は矢の様に氣筒内に入る。

(2) 壓縮行程 (Compression stroke) 吸込行程の終りでクランクが死點Dに達した後はピストンは、隋性によつて氣筒の方に逆行し、この際既に各弁は閉ぢ瓦斯を壓縮する。

(3) 爆發行程 (Explosion stroke) 壓縮行程の終りでピストンが氣筒の最端に達したるとき、點火栓によつて點火され瓦斯が爆發



しピストンをクランクの方向に押出す。

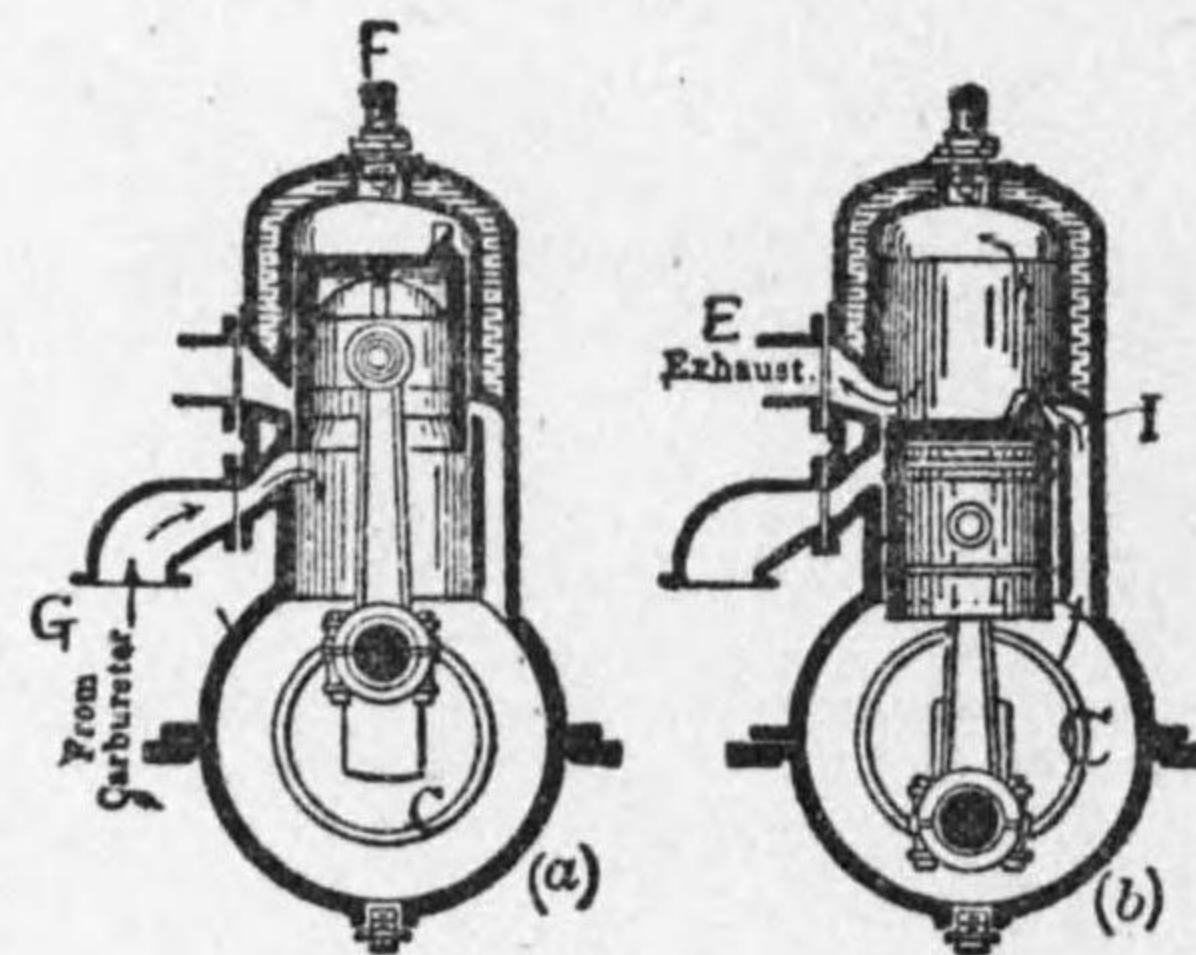
(4) 排気行程 (Exhaust stroke) 第3行程の終りでクランクが再び死点Dに達すると、ピストンは隋性によつて気筒の方向に進み、排気弁は開き瓦斯は放出せられる。以後は前四行程を繰返してクランク軸は廻轉せられる。

この行程に於てはピストンの二往復即ちクランクの二廻轉につき一回の爆發が行はれ、他は機關の隋性により運轉するのでクランク軸の廻轉力の不均一となるを免れない。故に大なるハヅミ車 (Fly wheel) をつけて之を均等ならしめて居る。

#### 4. ニサイクル 機關 2 Stroke cycle engine

クランクの一廻即ちピストンの一往復毎に一回の爆發を行ひ、サイクルを完了するものでクランクサイクル (Clerk cycle) とも言ふ。

此の第一行程は第 8-2 圖に於て示す様にピストンが気筒内の瓦斯を壓縮しつゝ、気筒の方向に進みほゞその終端に達した時、點火栓 F によつて點火 (Ignite) し爆發せしめ、ピストンをクランクの方向



第 8-2 圖 ニサイクル機關

に押進める。この時既に他方 G よりクランク室 C に入りたる瓦斯を稍壓縮する。更にピストンが進むにつれて遂に排気口 (Exhaust port) E が開かれ廢氣を排出し、次に吸気口 (Inlet port) I を開いてクランク室より稍壓縮せられた瓦斯が気筒内に入り込み、廢氣瓦斯の殘部

に押進める。この時既に他方 G よりクランク室 C に入りたる瓦斯を稍壓縮する。更にピストンが進むにつれて遂に排気口 (Exhaust port) E が開かれ廢氣を排出し、次に吸気口 (Inlet port) I を開いてクランク室より稍壓縮せられた瓦斯が気筒内に入り込み、廢氣瓦斯の殘部

を追ひ出してピストンは最終端に達し b 圖の位置となる。

次に第二行程は前行程の終で入口 G は既に閉ざされ再びピストンは気筒の方向に戻り初め、又吸気口 I が閉され次に排気口 E が閉ぢ気筒内の瓦斯を壓縮しつゝ進んで、前と同行程に入るのである。

#### 5. 四サイクル機關とニサイクル機關との比較

ニサイクルではクランク軸一廻轉に一回の爆發 (Explosion) をなす故に同じ大きさの機關では、ニサイクルは四サイクルの約二倍の馬力を出し又燃料瓦斯も約二倍を必要とする。且又廻轉力も四サイクルに比して圓滑に行はれる理である。然し廻轉數は四サイクルの方が早くすることが出来る。そして同一馬力では四サイクルの方が燃料の消費量が小であるが、形は大となる。

#### 6. 内燃機關の分類 Classification of internal Comb. engine.

内燃機關は前述の様にそのサイクルによつて

- (1) 四サイクル機關 (4 Cycle engine)
- (2) ニサイクル機關 (2 Cycle engine)

又使用燃料の種類によつて、

- (1) ガソリン機關 (Gasoline engine)
- (2) 石油機關 (Petroleum engine)
- (3) ディーゼル機關 (重油機關), (Diesel engine)
- (4) 瓦斯機關 (Gas engine)
- (5) ガスタービン (Gas turbine)

(5) の瓦斯タービンはピストンの往復運動によるものでなく、水力タービンの様に瓦斯の爆發によつて直ちに其の羽根に廻轉運動



を起さしめるものであるが未だ廣く使用されるに至つて居ない。

又氣筒の數と配置によつて分けると、

- (1) 直列型, 二氣筒, 四氣筒, 六氣筒, 八氣筒等
- (2) V型, 二氣筒, 四氣筒, 八氣筒, 十二氣筒等
- (3) 星型, 四氣筒, 六氣筒, 八氣筒, 十二氣筒, 十六氣筒等

氣筒軸の縦横によつて分けると、

- (1) 縦型機關 (Vertical engine)
- (2) 横型機關 (Horizontal engine)

### 7. 内燃機關の構造及作用の概要

内燃機關は今述べた様に種々に分類せられ其の構造も雜多であるが、然し主要部分及び作用の大略は次の様である。

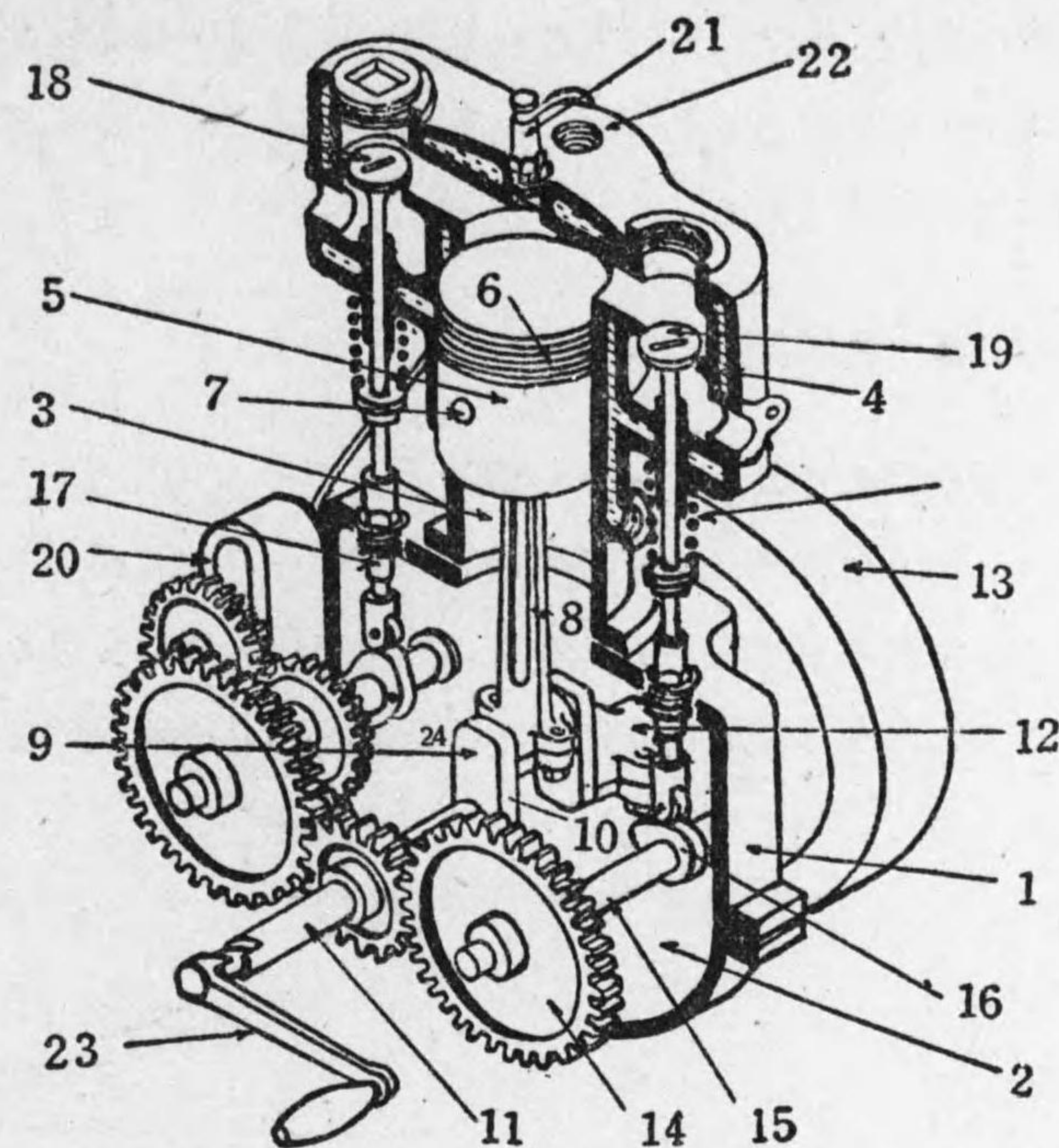
第 8-3 圖は四サイクル堅型單氣筒の機關で 18. の吸込弁 (Inlet valve) は辨桿 (Valve spindle) の下端で、24. のカム (Cam) の廻轉によつて押上げられて開きピストン 6 が下方に進むに従つて氣筒内に、空氣と燃料との混合體瓦斯を吸込みピストンは下端に達したる後、更に上方向に向ひて進み混合瓦斯を壓縮し、ピストンが約最上端に達したる時、21. の點火栓によつて點火し爆發を起さしめ、ピストンをクランク 9 の方向に押進める。

そしてクランクが約下の死點 (Dead point) に達したる時、カム 16 の廻轉によつて排氣弁 19 の辨桿の下端を押上げて之を開き排氣する。

以後は同一の動作を繰り返し此のピストンの往復によつてクランクは之を廻轉運動に變へしめる。

四サイクル機關ではピストンの二往復即ちクランクの二廻轉に各

一回の吸氣及排氣を行へばよいから、之等の動作を司るカム軸 15 は



第 8-3 圖 ガソリン機關構造圖

- |             |              |         |           |         |
|-------------|--------------|---------|-----------|---------|
| 1. 架構       | 2. クランク室     | 3. シリンダ | 4. 水ジャケット | 5. ピストン |
| 6. ピストンリング  | 7. ピストンピン    | 8. 連桿   | 9. クランクピン |         |
| 10. クランクアーム | 11. クランクシャフト | 12. 主軸受 | 13. ハズミ車  |         |
| 14. 調時齒車    | 15. カム軸      | 16. カム  | 17. タベット  | 18. 吸込弁 |
| 19. 排氣弁     | 20. マグネット    | 21. 點火栓 | 22. 冷却水出口 |         |
| 23. ハンドル    | 24. カム       |         |           |         |

クランク軸の $\frac{1}{2}$ 廻轉でよい故齒車 14 は 11 のものゝ二倍の齒數を有する。

又 20 のマグネツト (Magnet) は電氣を發生して點火栓に火花を生せしめる装置である。23 のハンドルは機關の始動用のもので、之を



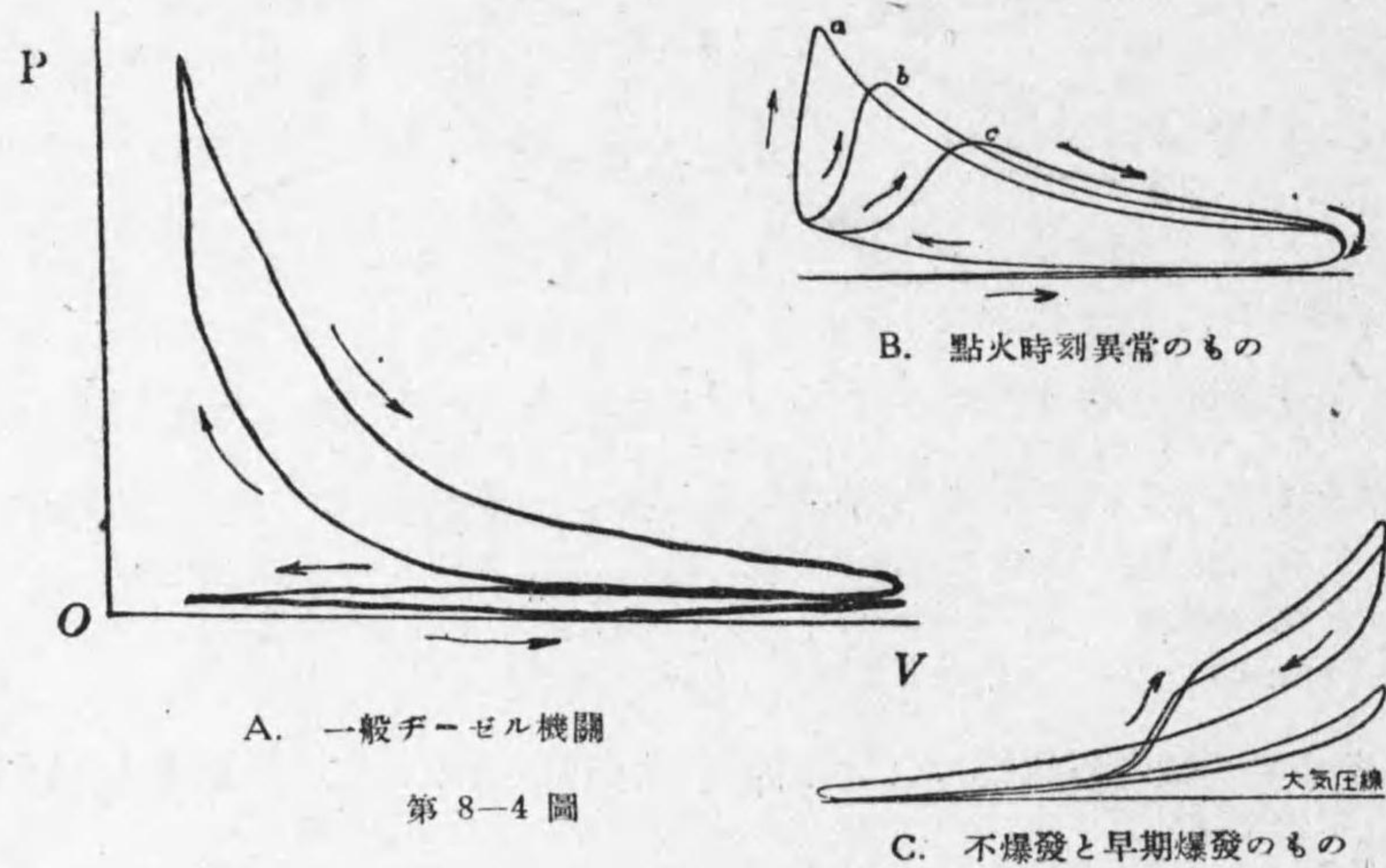
廻轉して最初に氣筒内に瓦斯を吸入壓縮し點火せしめる。

又氣筒は高熱に曝される故氣筒の外周には水を循環せしめて冷却する、22はその出口を示して居る、そして各部の給油等はクランク軸によつて動作せられる。

第二節 内燃機關の馬力

1. 内燃機關のインヂケーター線圖

第 8-4 圖 A は四サイクル機關のインヂケーター線圖 (Indicator diagram) で圖の下部水平線は空氣の吸込行程を示して居る。内燃機關ではこの線圖は簡単に機關の運轉状態を示し一般故障を發見するに用ひられる。



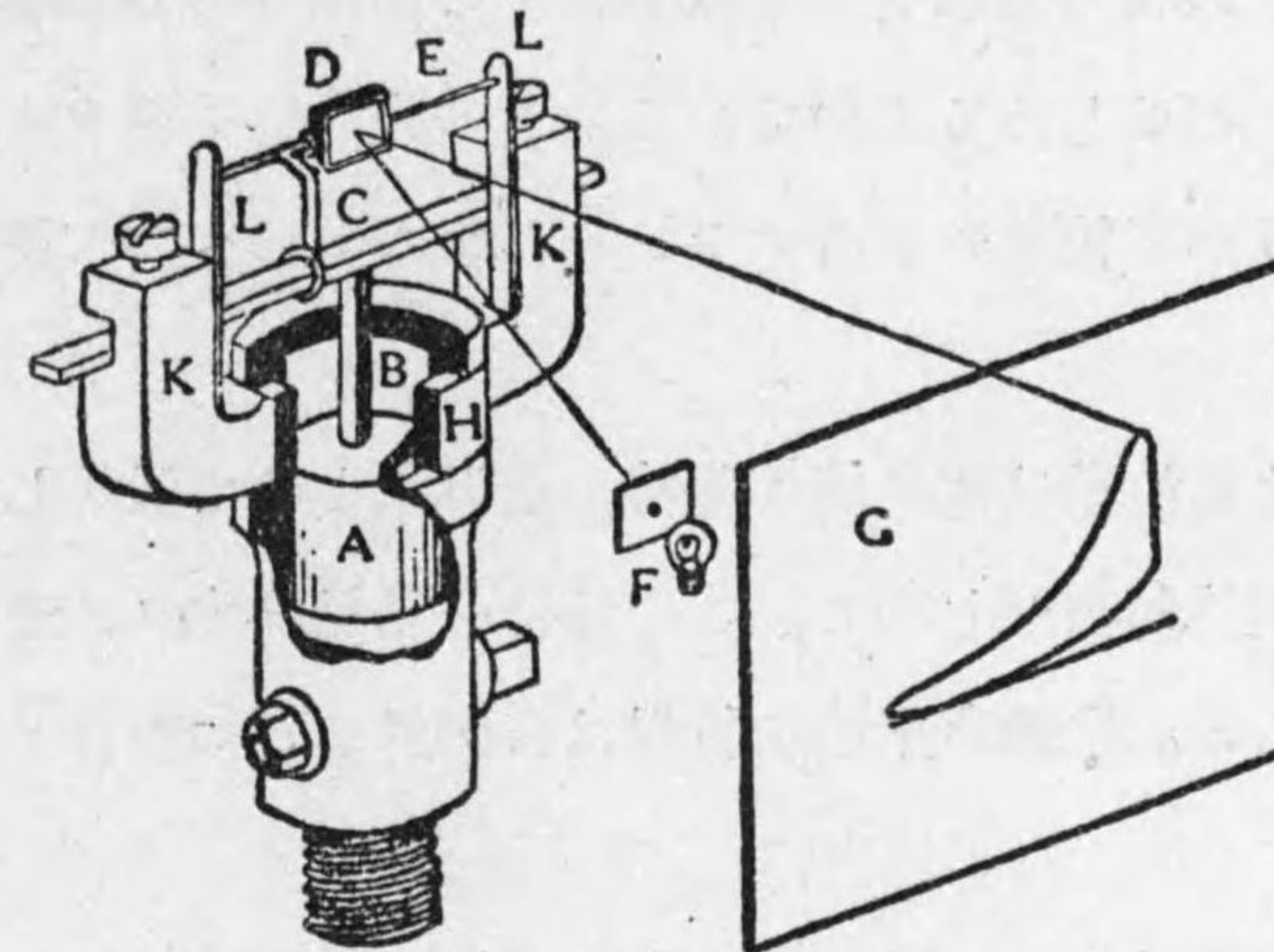
第 8-4 圖

2. インヂケーター及び指示馬力, 制動馬力

内燃機關のインヂケーターは低速のものでは蒸汽機關のものと同

く同一であるが、高速度のものでは光指壓計 (Optical indicator) を用ふる。第 8-5 圖は其の一例を示すもので、

A はピストン, C はそれに釣合ふバネ, H は廻轉筒である。



第 8-5 圖 光 指 壓 計

D は鏡で壓力と行程の變化を G なる硝子板上に寫して、光の線圖を連續的に映せしめる。

内燃機關の指示馬力 (Indicator horse power) は全く蒸汽機關の場合と同様で、先づ平均有効壓力 (Mean effective pressure) を求めて行ふのである。

$$\text{即ち I.H.P.} = \frac{2PeALN}{60 \times 75} \dots\dots(1)$$

又制動馬力 (Brake horse power) も全く蒸汽機關の場合と同様に之を求める事が出来る。

$$\text{B.H.P.} = \frac{\pi DN(w-p)}{60 \times 75} \dots\dots(2)$$



第三節 機關附屬裝置

1. 始動裝置 Engine starting.

内燃機關は最初外力によつて吸氣行程と壓縮行程とを行ひ、次に點火して始動せしめるものである。其の方式には種々ある。

人力始動は小型機關の場合クランク軸を人力によつて廻轉して始動せしめる。

電動機による始動は電動機の廻轉を齒車によつて減速してからクランク軸を廻轉始動せしめる。この場合一旦始動すれば齒車の嚙合を外すのである。自動車用始動裝置は自動的にこの嚙合せを外す裝置がある。

次に壓縮空氣による始動は氣筒内に壓縮空氣を送つてピストンを押しクランク軸を廻轉始動せしめる方法で、ディーゼル機關に多く採用せられる。

2. 點火裝置 Ignition.

氣筒内の混合氣に點火する裝置に次の種類がある。

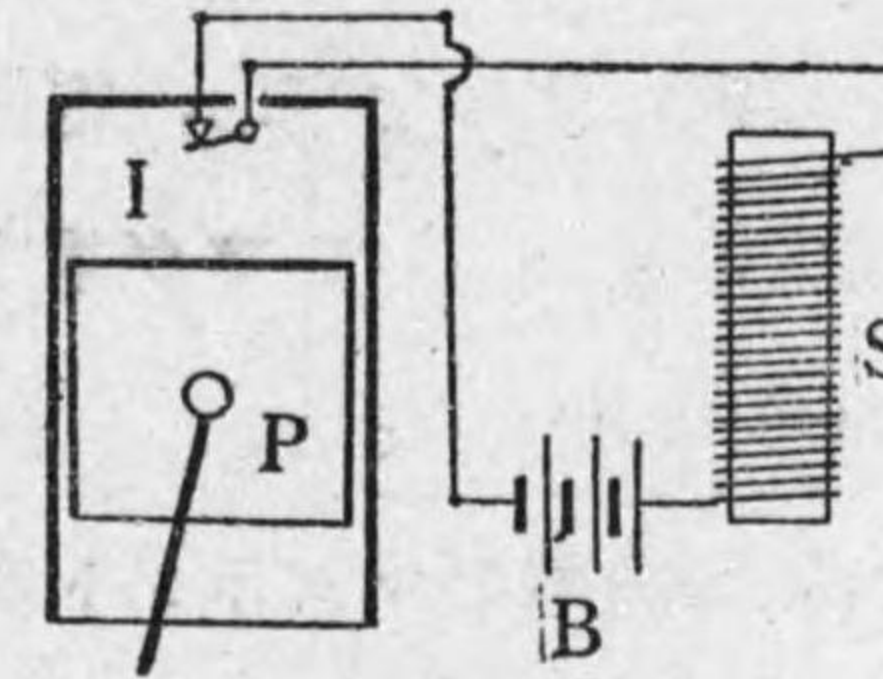
燒玉點火法、自然點火法、低壓電氣點火法、高壓電氣點火法、

燒玉點火法 (Hot bulb ignition) は燒玉機關に用ひられ氣筒の頭部の燒玉と稱せられる部分を、始動の際は外部よりトーチランプで小豆色程度に熱して點火する、始動後は混合氣の燃燒熱により其の溫度を常に高溫に保つもので、其の燒玉の溫度を一定に保つために氣筒内に清水を滴下するものを注水式機關と言ひ、近來は殆ど外部より水冷却によつて溫度調節を行ふ。之を無注水式機關と言ふ。

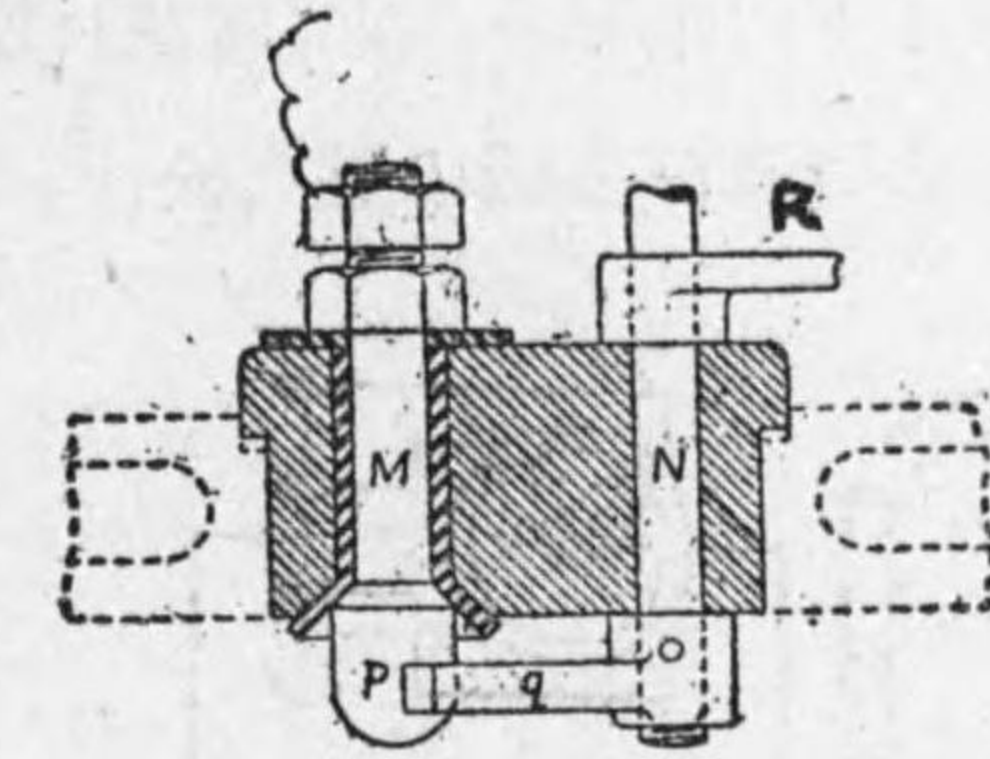
(燒玉機關の項參照)

自然點火裝置はディーゼル機關が之で、氣筒内の空氣壓縮による溫度上昇を利用し自然發火せしめる。(ディーゼル機關の項參照)

低壓電氣點火法 (Low tension ignition)



第 8-6 圖

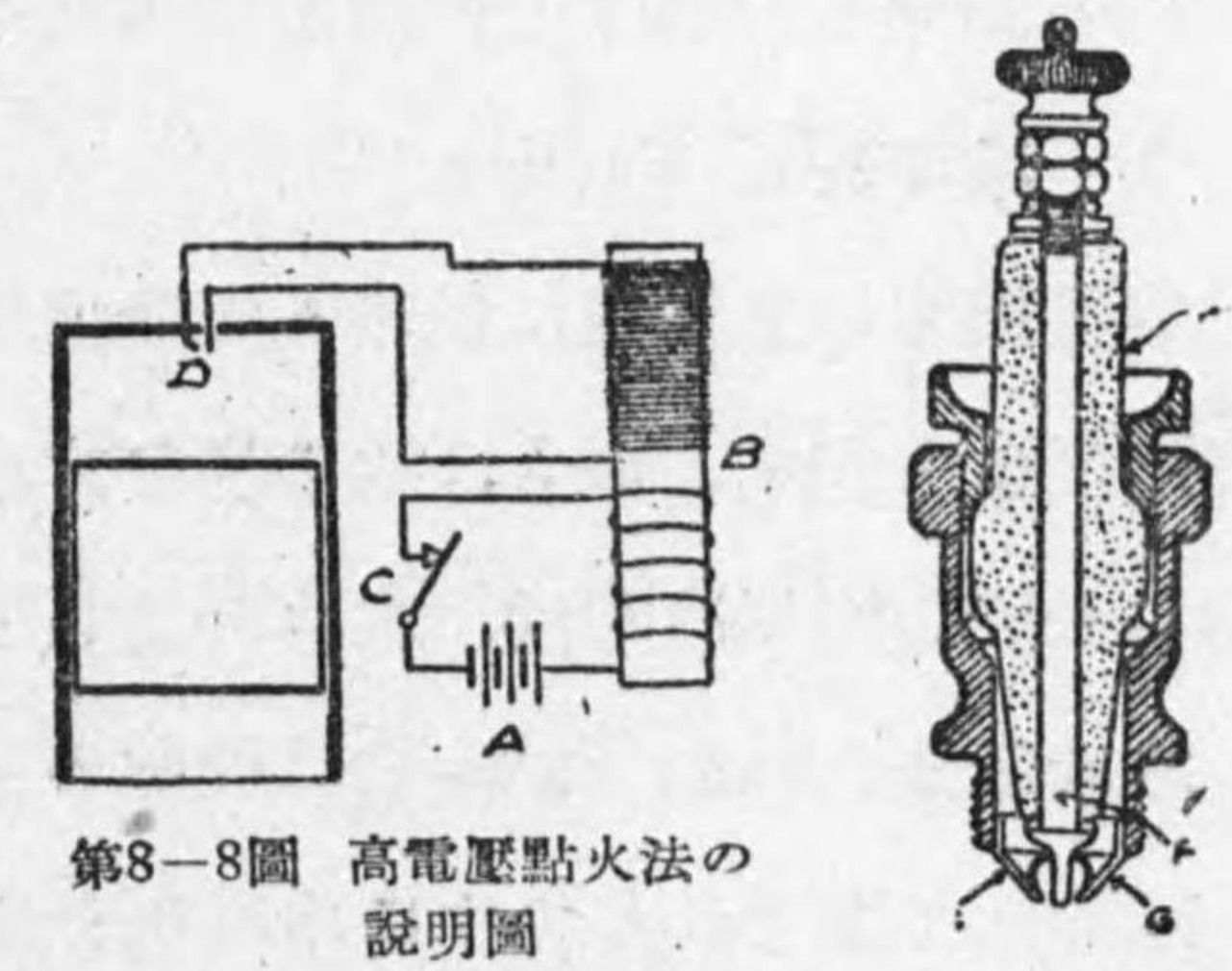


第 8-7 圖

第 8-6 圖は此の結線圖を示し氣筒燃燒室の一部に電氣回路の一部をなす點火栓 (Ignition plug) を覗かせ、點火時に此の一端を引離す時はその間に火花を生ずる、そして S なるスパークコイル (Spark coil) は誘導作用によつて、この火花を擴大する様な作用をする。普通に電源としては蓄電池 B を用ふる。

點火栓 M は氣筒と電氣的に絶縁せられ N は氣筒と接觸する故に氣筒壁は電氣回路の一部を形成して居る。

q は R に附せられた發條によつて常に P に接觸し點火の引時には離される。



第 8-8 圖 高電壓點火法の説明圖

高壓電氣點火法 (High tension ignition) は氣筒内に覗

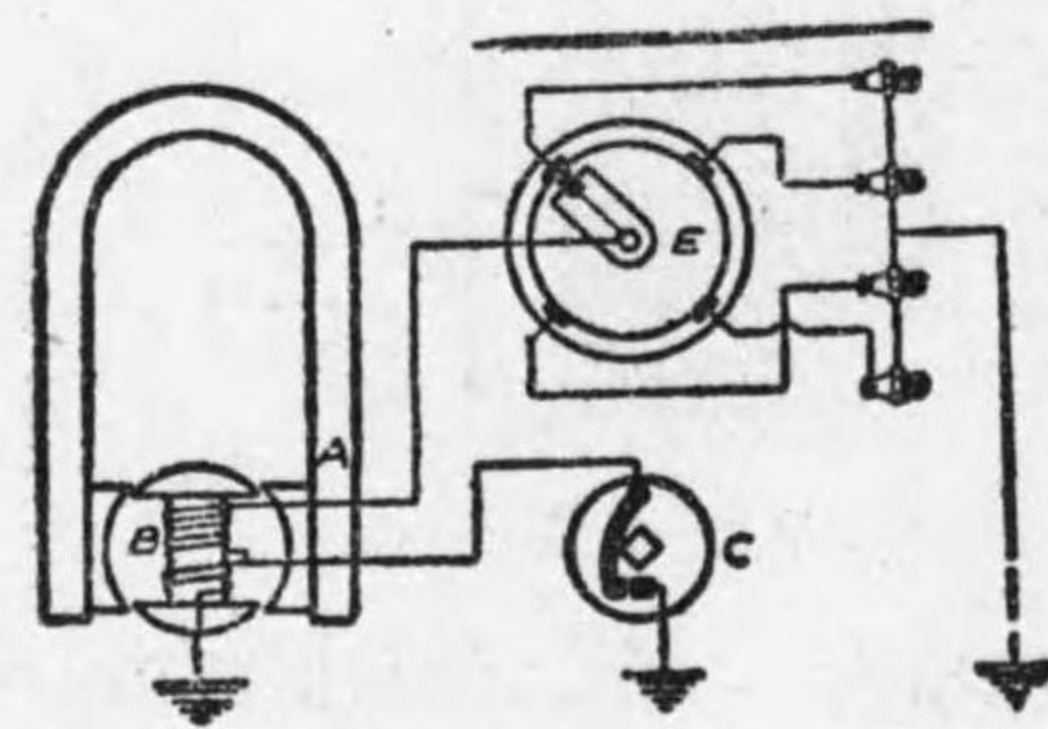
第 8-8 圖



いて居る点火栓は常に 0.5~1mm 程度の間隙を有し、感應コイル (Induction coil) B の一次線には電源 A でスイッチ C を通じて常に電流は流れて居るが二次コイルには電流は流れて居らない。

今スイッチ C を切れば其の瞬間、誘導作用によつて二次コイルに數千ボルトの電圧を生じ、電流は点火栓の間隙を飛び火花を生ずる。

左圖の D 及び右圖の点火栓 F, G はその間に間隙を有し、電源 A



第 8-9 圖

は電池或は主としてマグネツト (Magnet) を用ふる。

圖は四氣筒機關のマグネツト高電圧点火法で、永久磁石 A の兩極間で發電子 B を廻轉すれば、そのコイル内に發電機と同じ理によつて

電流を生ずる。

今此の電流をスイッチ C で切れば、發電子の二次コイルは感應コイルとなつて、それに高電圧電流を生じ、之を分配器 E によつて各氣筒内の点火栓に導きその間隙に火花を生せしめるものである。

### 3. 冷却装置 Cooling.

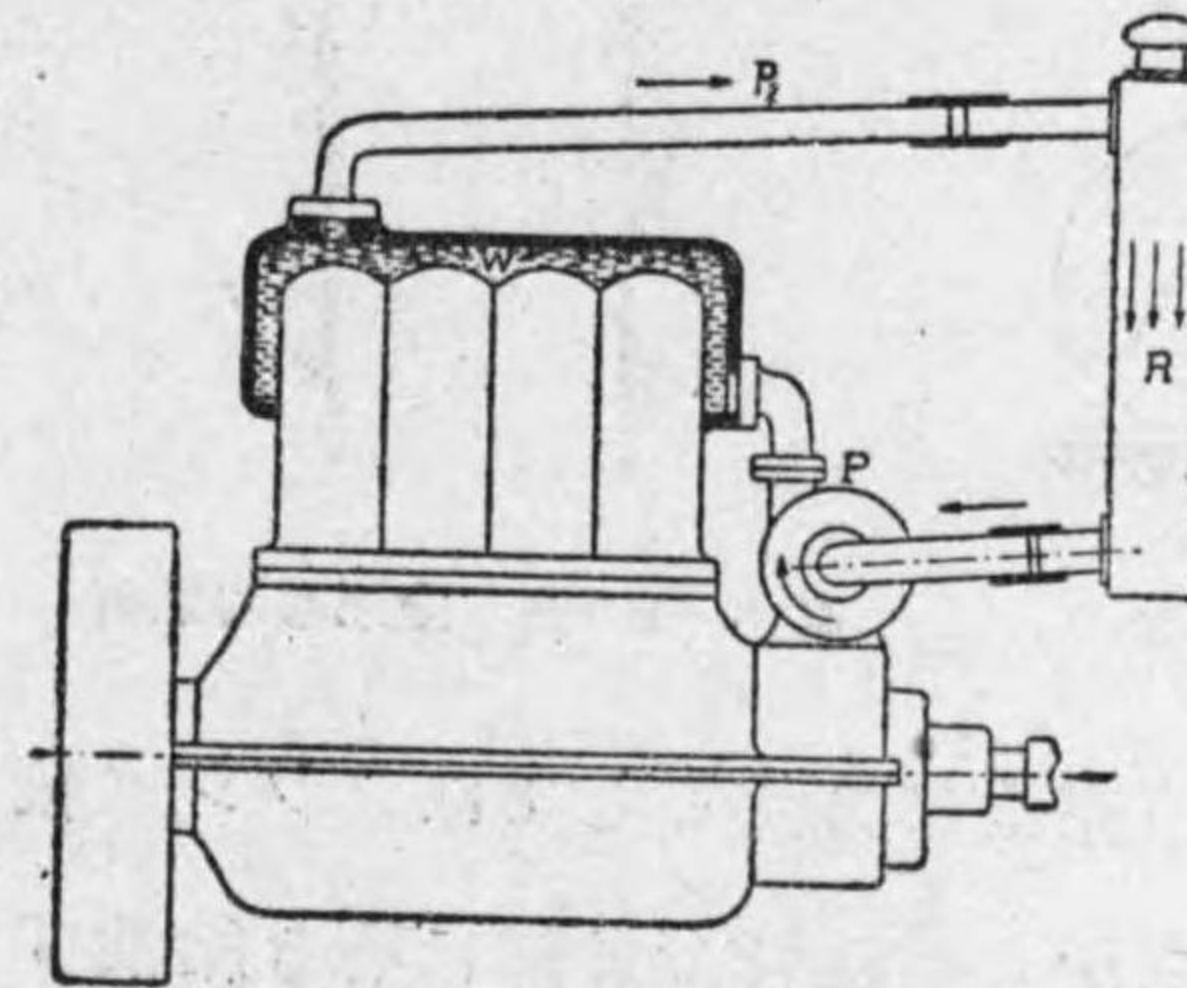
内燃機關の氣筒内に於ける爆發溫度は部分的に 1500~2000°C の高溫度にも達するから、次の様な方法で之を冷却する必要がある。即ち一般に空氣冷却法、水冷却法等を用ふる。

水冷却法 (Water cooling) は機關の高熱部は總て水ジャケット (Water jacket) で圍まれその中に冷却水を満して行ふものである。そしてこの冷却水をクランク軸の廻轉によつて、動作するポンプで循環せ

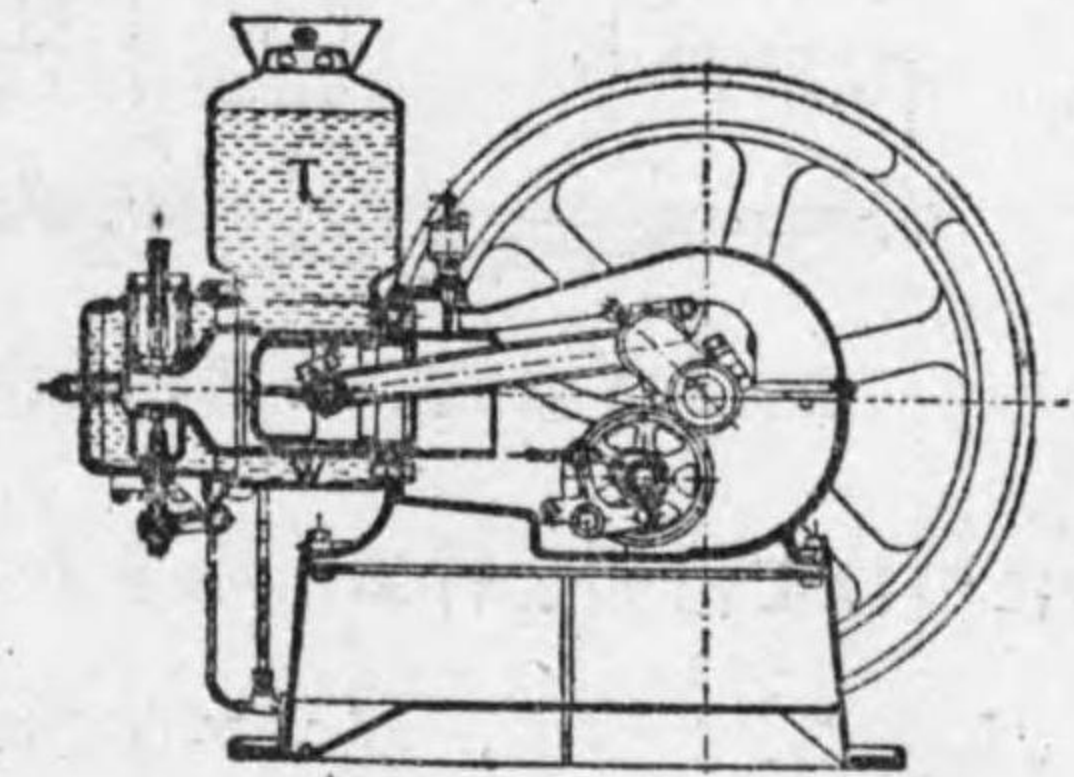
しめる方法を強制循環冷却法と云ふ。

温水と冷水との比重の差により自然的に循環せしめるものを熱サイフォン冷却法と言ふ。

小型機關に用ひられる沸騰式冷却法は氣筒の周圍に水槽を設け、



第 8-10 圖 自動車機關の強制循環冷却装置



第 8-11 圖 沸騰式冷却装置

その上口を大氣に開放し冷却水は水ジャケットとこの水槽を對流して冷却を行ふもので、水の溫度は 100°C より上昇することはない。

冬期機關の停止中冷却水の凍結を防ぐ爲め水の代りに特に氷點の低い冷却液アルコール、グリセリン、エチレングリコール等の不凍劑を用ふる。

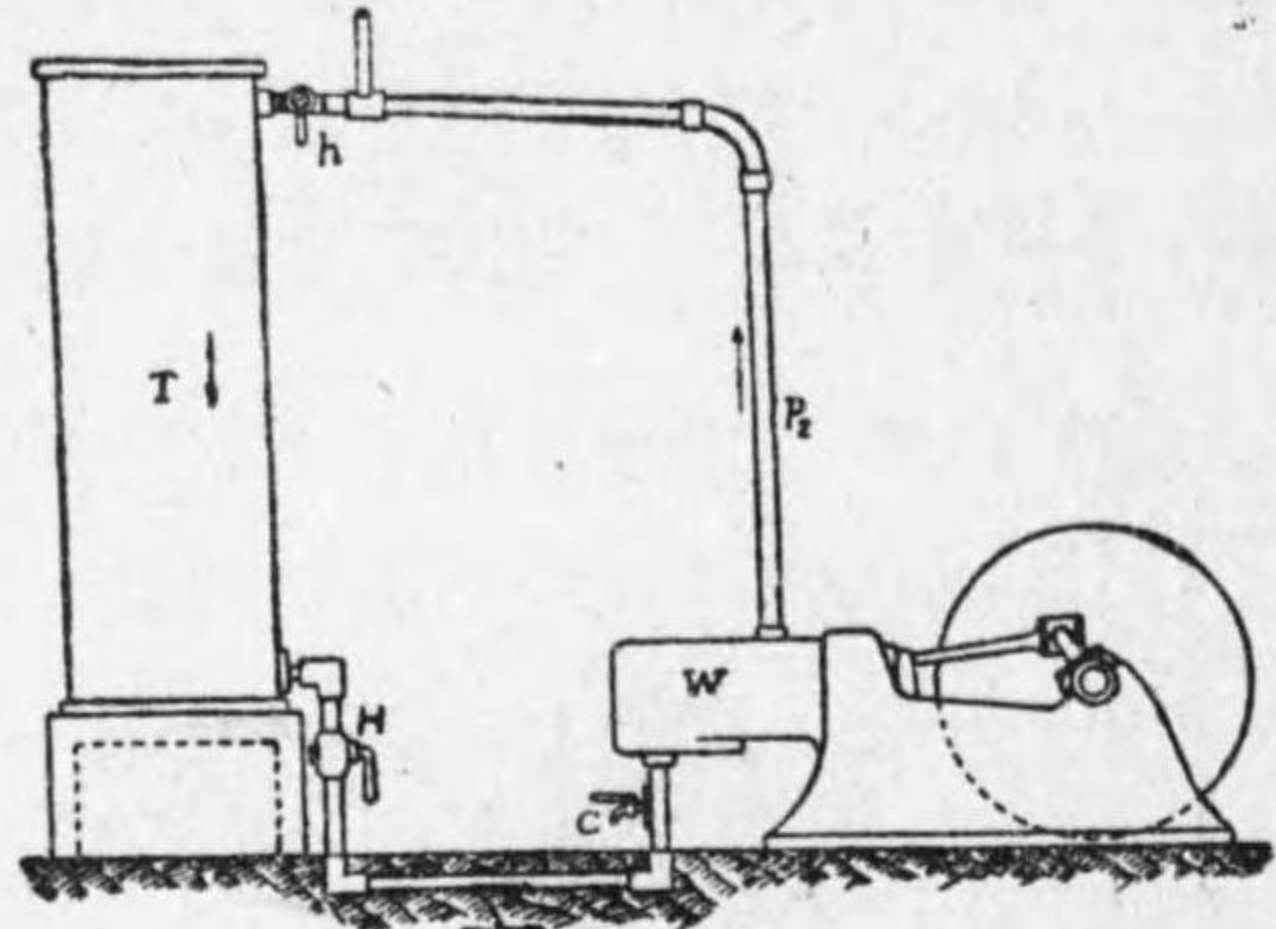
次に空氣冷却法 (Air cooling) は自動車、航空機等の様に重量の軽いことを望む場合は、高熱部の周圍に薄肉のひれを多く突出せしめ空氣との接觸面を増大してその熱を大氣中に發散する。

### 4. 機關の潤滑法 Engine lubrication.

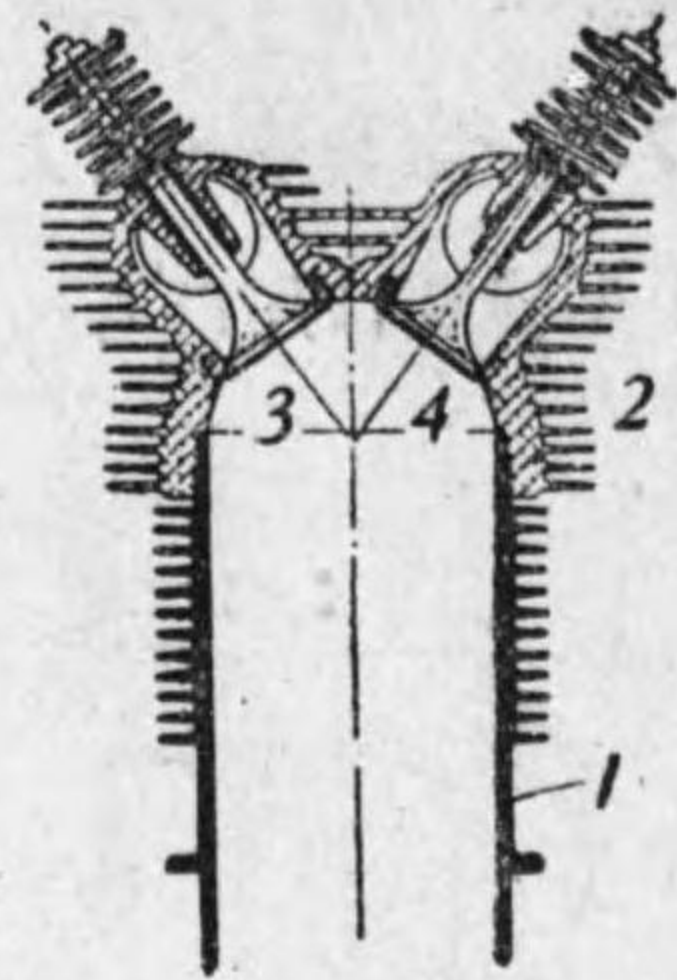
内燃機關の潤滑油は特に高熱に堪へ揮發、分解を起さず且つ流動



性の高いことを要する。小型機関では油壺 (Oil cup) を機関の各部



第 8-12 圖 熱サイフォン式冷却装置



第 8-13 圖 空気冷却気筒

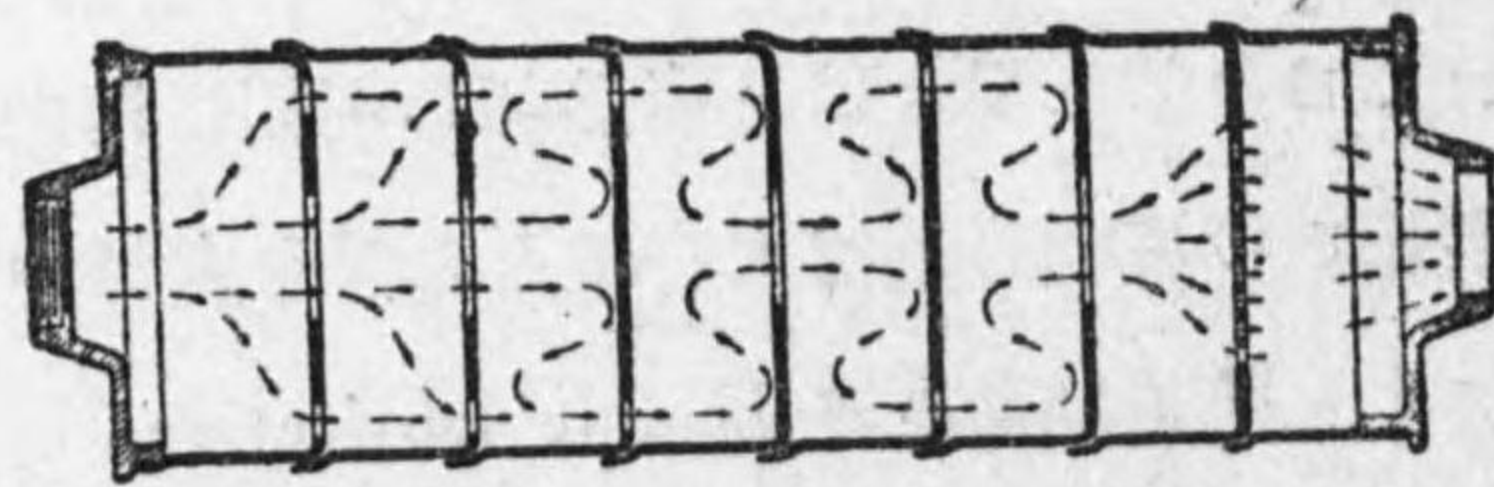
につけて給油を行ふものもあるが、完全な方法としてはクランク軸の廻轉によつて、ポンプを動作し之から給油管で各部に導き給油するものであつて之を**圧力式給油法**と言ふ。

潤滑を終つた油は一旦クランク室に集まり瀦過せられた後再びポンプによつて循環する。又別に**飛沫式給油法**と言つて密閉したクランク室に溜つた油を、連桿の端の柄杓で気筒内面まで、はねかける方法で之を又前記の方法と併用することが多い。

5. 消音装置 Silenser.

内燃機関の排氣ガスを直ちに大氣中に放出すれば銃聲の様な爆音を發するから排氣ガスの

の壓力を漸次に低下せしめて後之を大氣中に放出する。圖は自動車用のものであつて、陸

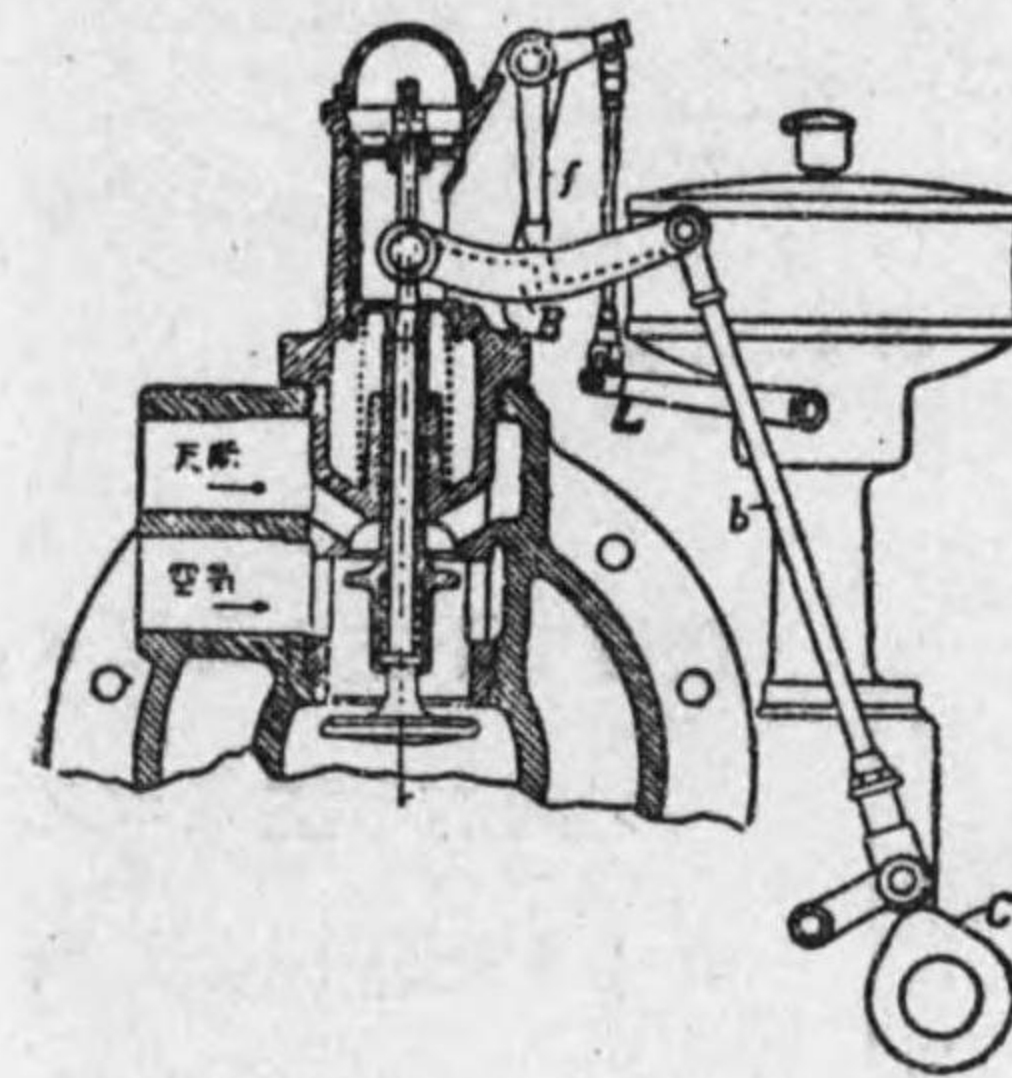


第 8-14 圖 自動車用消音器

用定置機関では地下にコンクリート室を設け、これに礫を詰め排氣ガスを此の室に導いて礫中を通過せしめて消音装置とするものもある。

6. 調速装置 Engine governing.

機関のクランクの廻轉は荷重の増減によつて變化する故、蒸汽機関の場合と同様に、調整器振子の開きを増減せしめて気筒内に入る混合ガスの量を加減し、又或は空氣と燃料との混合割合を變化し或は數回の爆發行程中一回は瓦斯の供給を中止する等の方法によりそ



第 8-15 圖

の運動速度を正規に保たんとするもので、クランク軸の廻轉が大となれば、調速器により桿 L の左端が下り f は左方に移りカム C の廻轉によつて、上下せられる辨棒の下り程度は B なる腕の支點 f の移動により減少して燃料瓦斯及空氣の量を減する。かくして調速を行ふものである。

第四節 各種機関

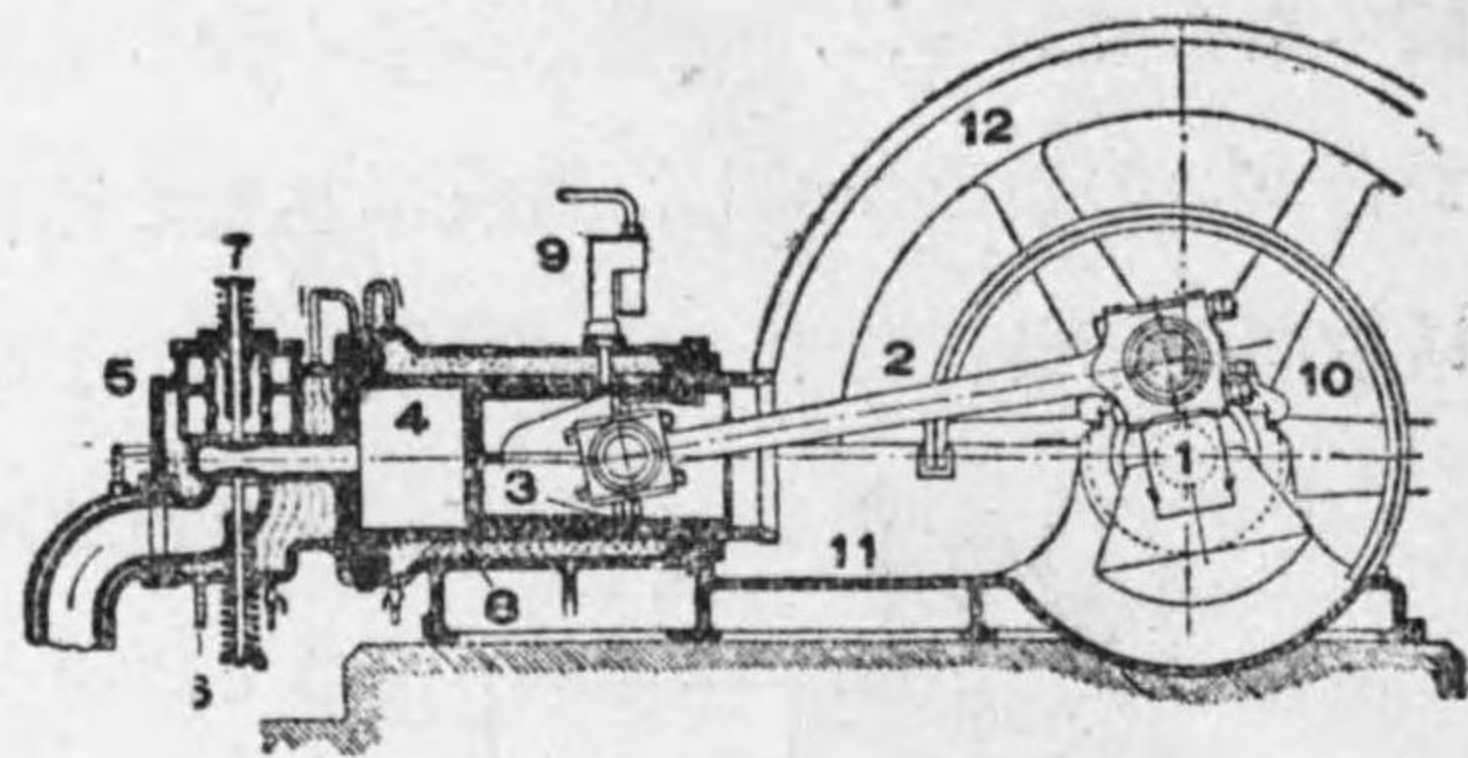
1. 瓦斯機関 Gas engine.

瓦斯機関は一般に瓦斯發生爐 (Gas producer) を必要とするもので液體燃料機関の發達によつて、現在瓦斯機関は天然瓦斯の發生する地方、又は鑛鑛爐瓦斯の利用し得る所等特種の事情の存する所にのみ使用せられるに至つた。元來瓦斯機関は往時石炭瓦斯を用ひて運

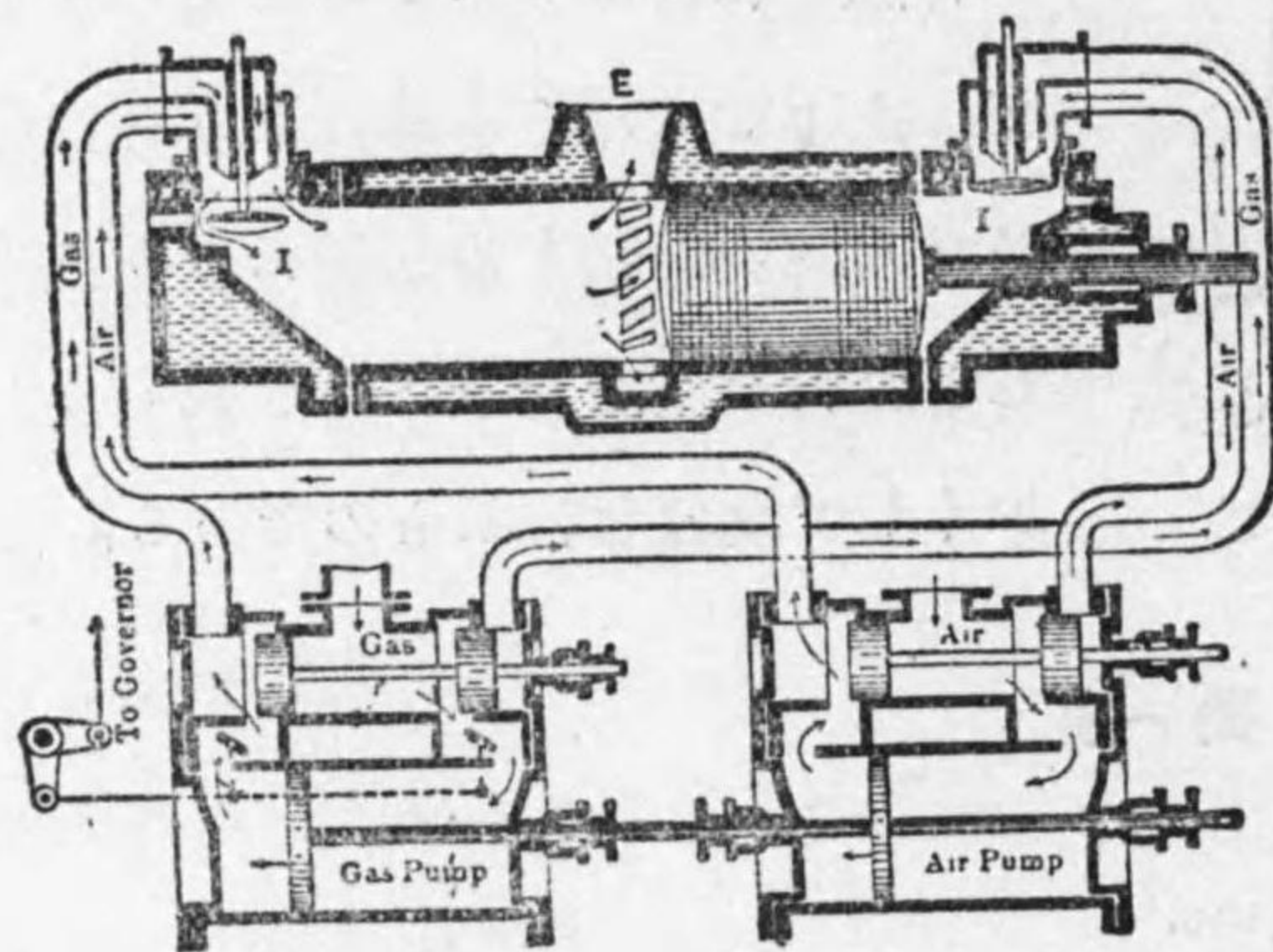


轉する爲に製作されたものであるが現在は前述の理由により殆ど用ひられない。近時國策代用燃料として木炭、薪等から木炭瓦斯發生爐、木片瓦斯發生爐等が考案せられこれ等の瓦斯を自動車機關等に應用されるに至つたからこれらも瓦斯機關と言ふ事が出来やう。

第8—16圖は發生器瓦斯 (Producer gas) として石炭瓦斯を用ふる四サイクル瓦斯機關の一種を示して居る。又第8—17圖はケルチンゲニサイクル複働瓦斯



第8—16圖

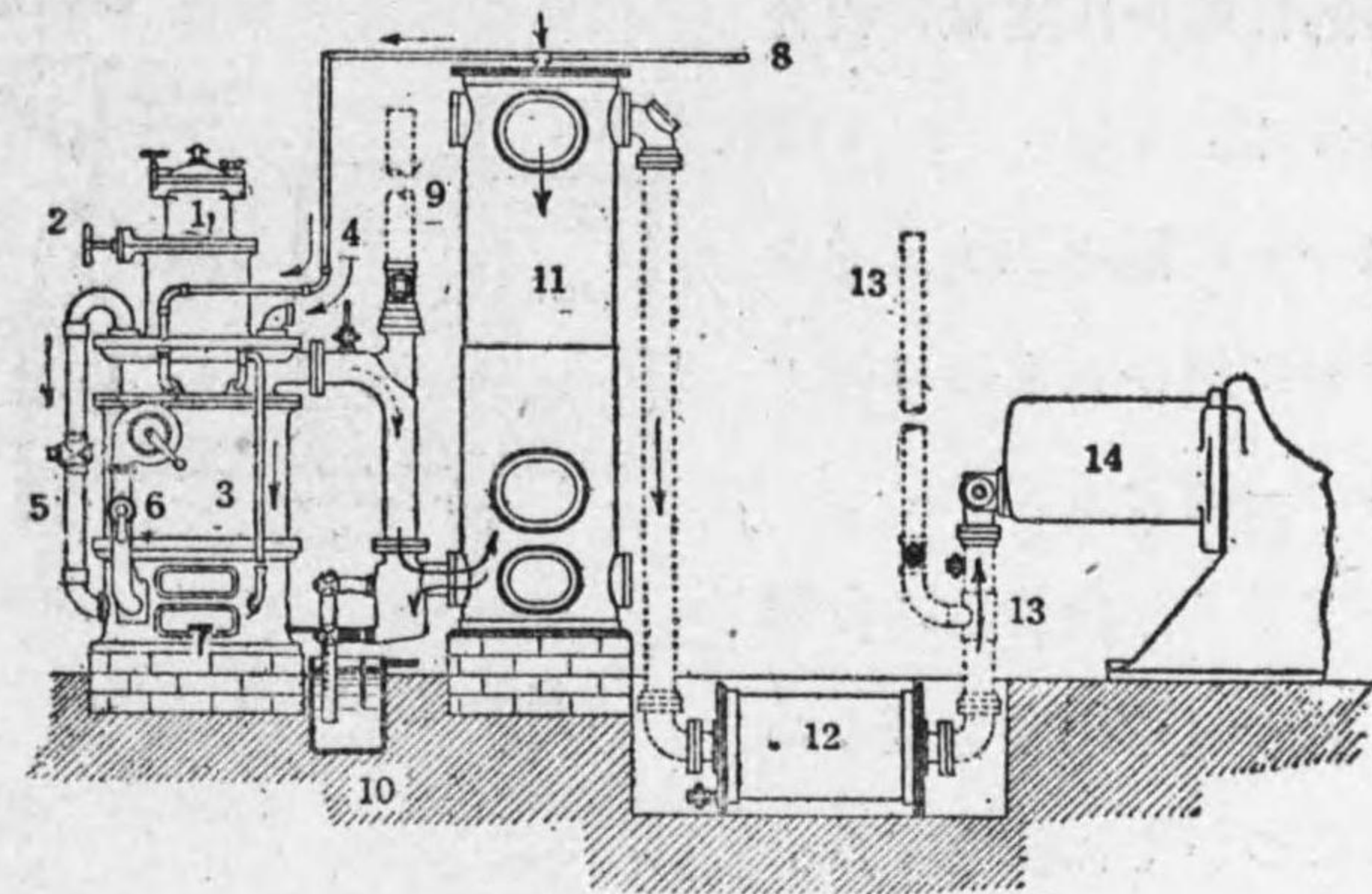


第8—17圖

2. 瓦斯發生爐 Gas producer.

第8—18圖は瓦斯發生爐の一種で、3の爐に燃料(石炭)を装填し管5より水蒸汽と空氣との混合氣を吹入れて燃焼せしめ、發生した

機關で下左の瓦斯ボムプ同右の空氣ボムプより壓縮混合瓦斯が上部氣筒の左右にあるIなる吸氣弁より交互に氣筒内に入りピストンを動作してEより排出する。



第8—18圖 吸込式發生爐

る瓦斯は上右の管より11のスクラツパーに導いて水管8から滴下する水と混じて洗條せられ機關14の吸込行程で氣筒内に吸込まれる。7は灰出口を示しその上部に火格子を設備する。

3. ガソリン機關 Gasoline engine.

ガソリンを空氣と共に噴霧状態として氣筒内に送り點火爆發せしめる機關で、之は爆發力強く高熱を發する故、特に運轉を圓滑にする爲と又冷却の關係から多氣筒にするものが多い。

ガソリンを空氣と共に噴霧化するのに氣化器 (Carbureter) を用ふる、其の原理は霧吹器を應用せるもので、圖の右上部の混合氣出口は機關の氣筒に通じ、機關の吸込行程の際この混合氣を吸込み霧状に混和して氣筒に送られる。そして浮子室の浮子及び針弁等の装置によつてガソリン入のガソリン面は常に一定に保たれて居る。

機關が高速となればガソリンの噴出盛んとなり混合氣體は濃度を増す故、噴射器 (Spray nozzle) 附近の真空度に變化を起し補助空氣

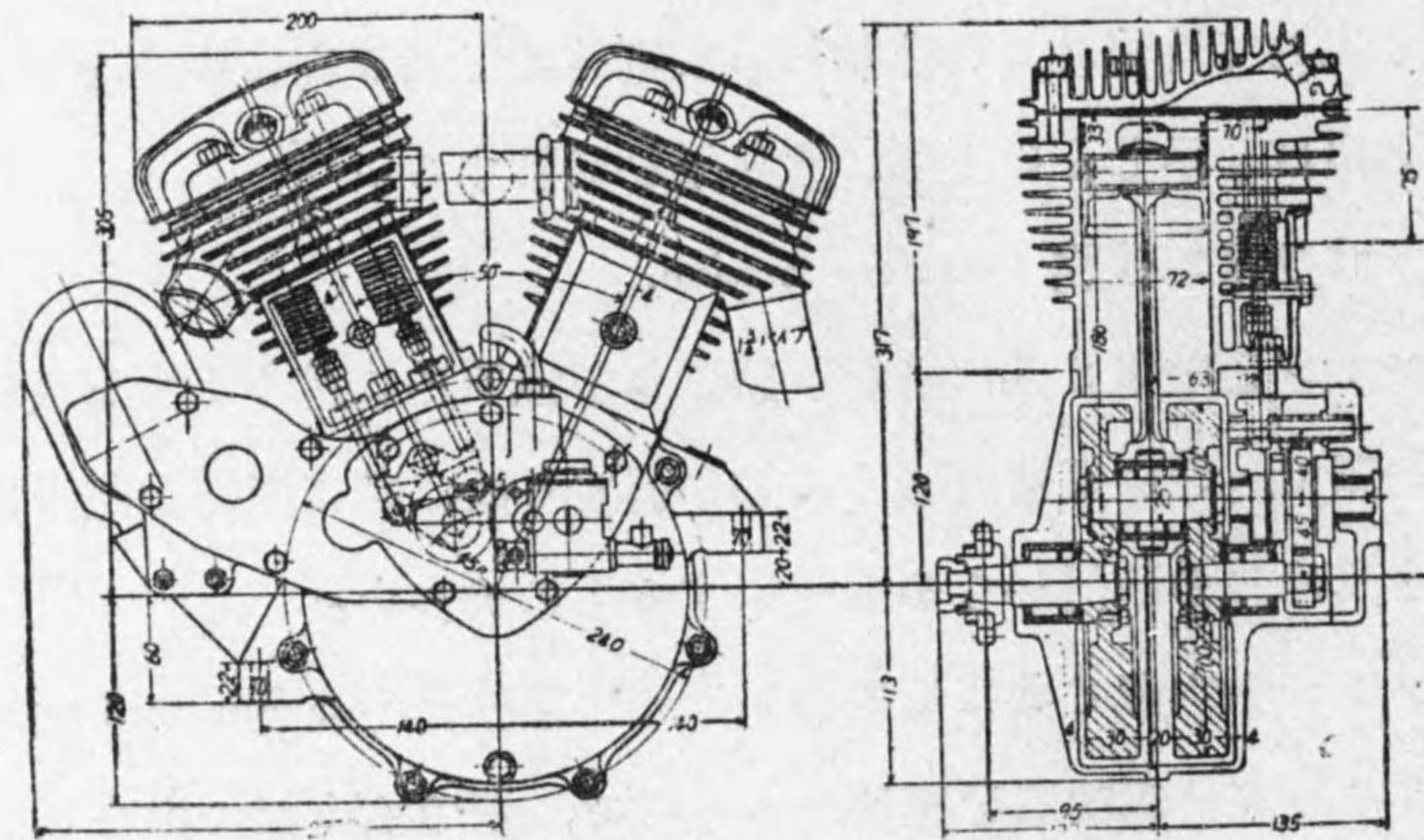


弁は自動的に開かれ空気の混合量を增加する。

前述第 8-2 圖の二サイクル機関の説明に用ひたものはガソリン機関の一種であつた。

その他ガソリン機関には自動車機関、航空用機関等種々あるが之等については後述する。

第 8-20 圖は自働自轉車用 V 型二氣筒四サイクルガソリン機関で 15 馬力 3000 廻轉のものである。

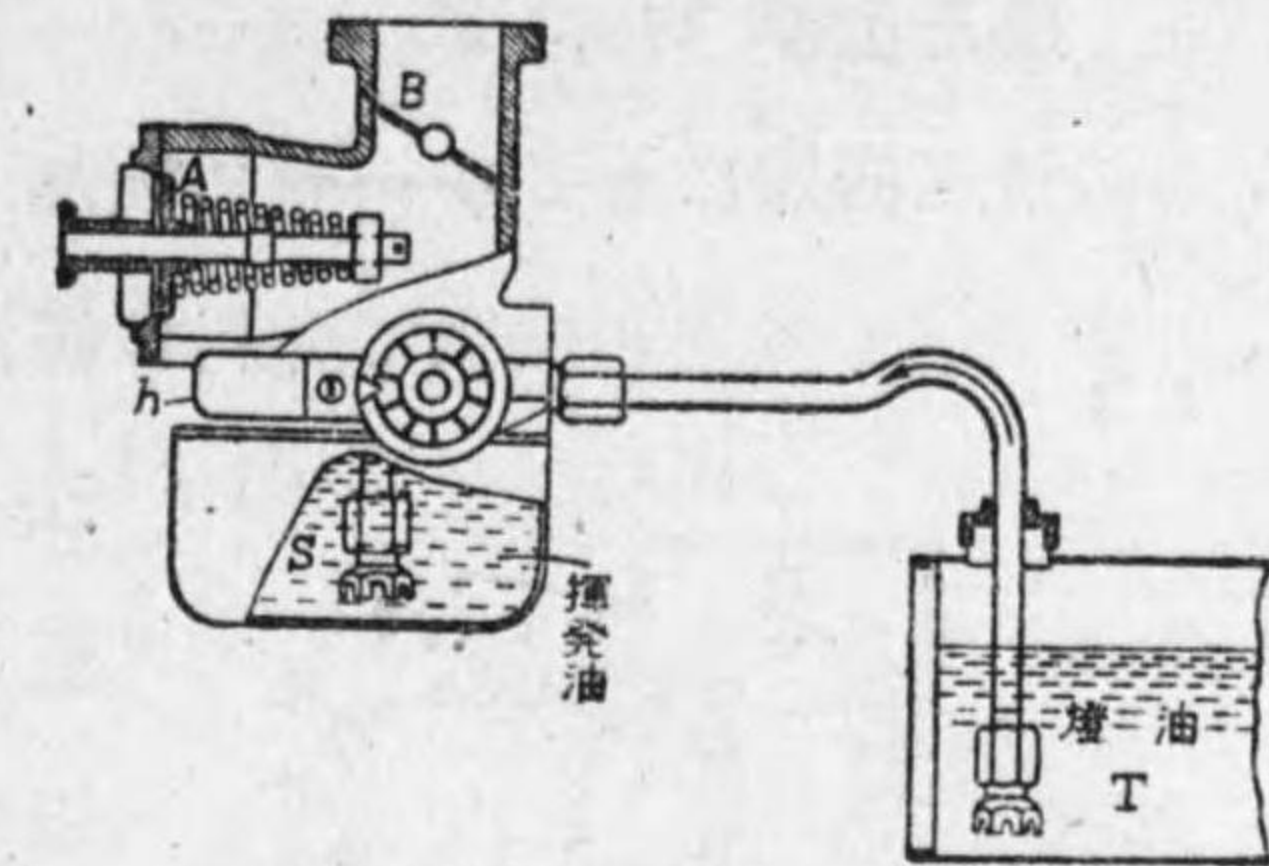


第 8-20 圖 自働自轉車用ガソリン機関

4. 石油機関 Petroleum engine.

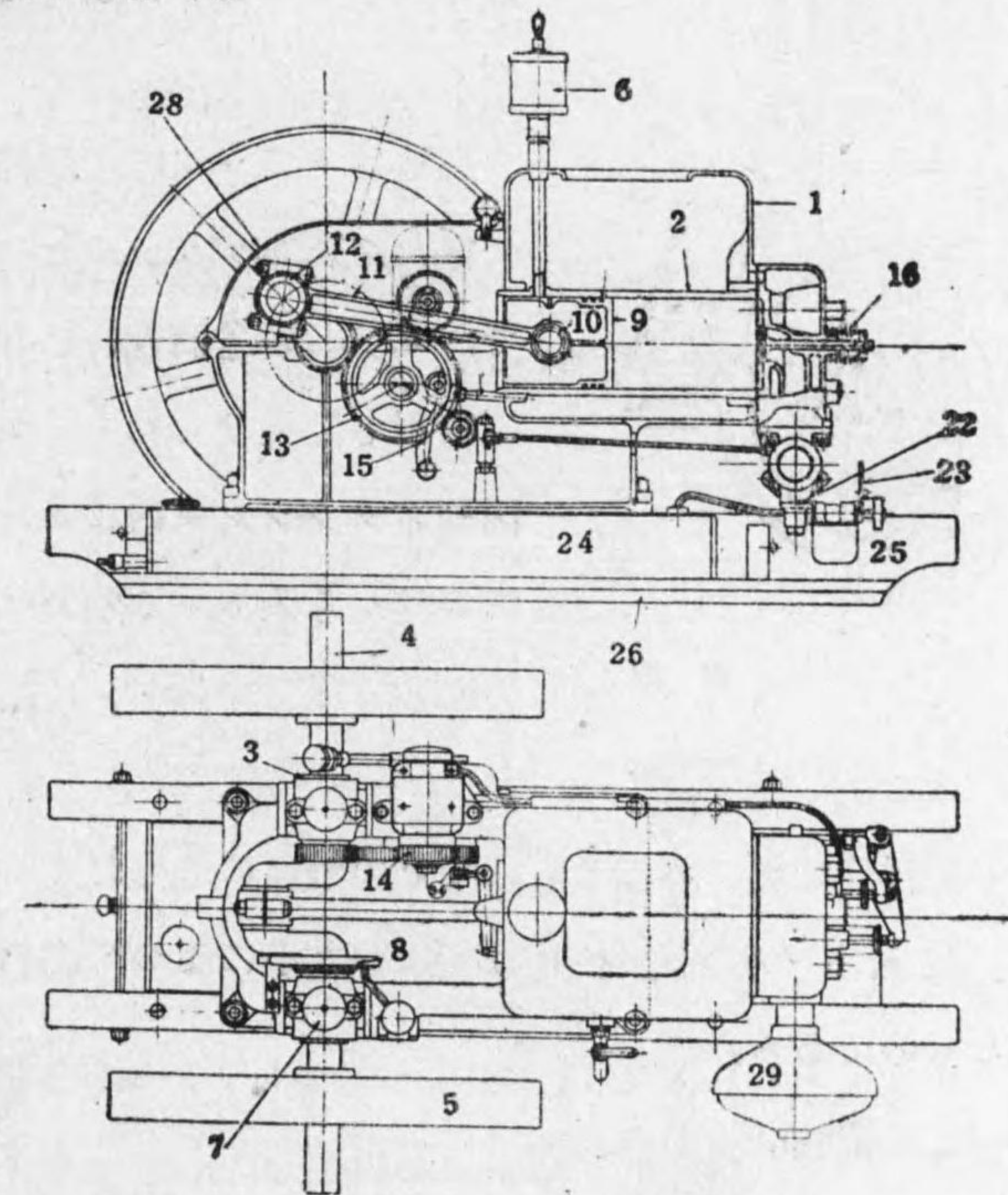
石油機関には農工用石油機関、漁船用石油機関、及燒玉機関等ある。何れも燃料として灯用石油を用ひ、取扱簡單でしかも堅牢にして耐久性に富む様作られて居る。

小型農工用石油機関は燃料に灯用石油を用ひ、ガソリン機関の様な氣化器を用ふるか又は類似の浮子室を持たない混和器と稱する圖の様なものを用ひる。



第 8-21 圖 石油機関混和器

最初ガソリンで起動して氣筒の充分温りたる後、コックのハンドルを廻して灯用油に切换へ運轉するものである。

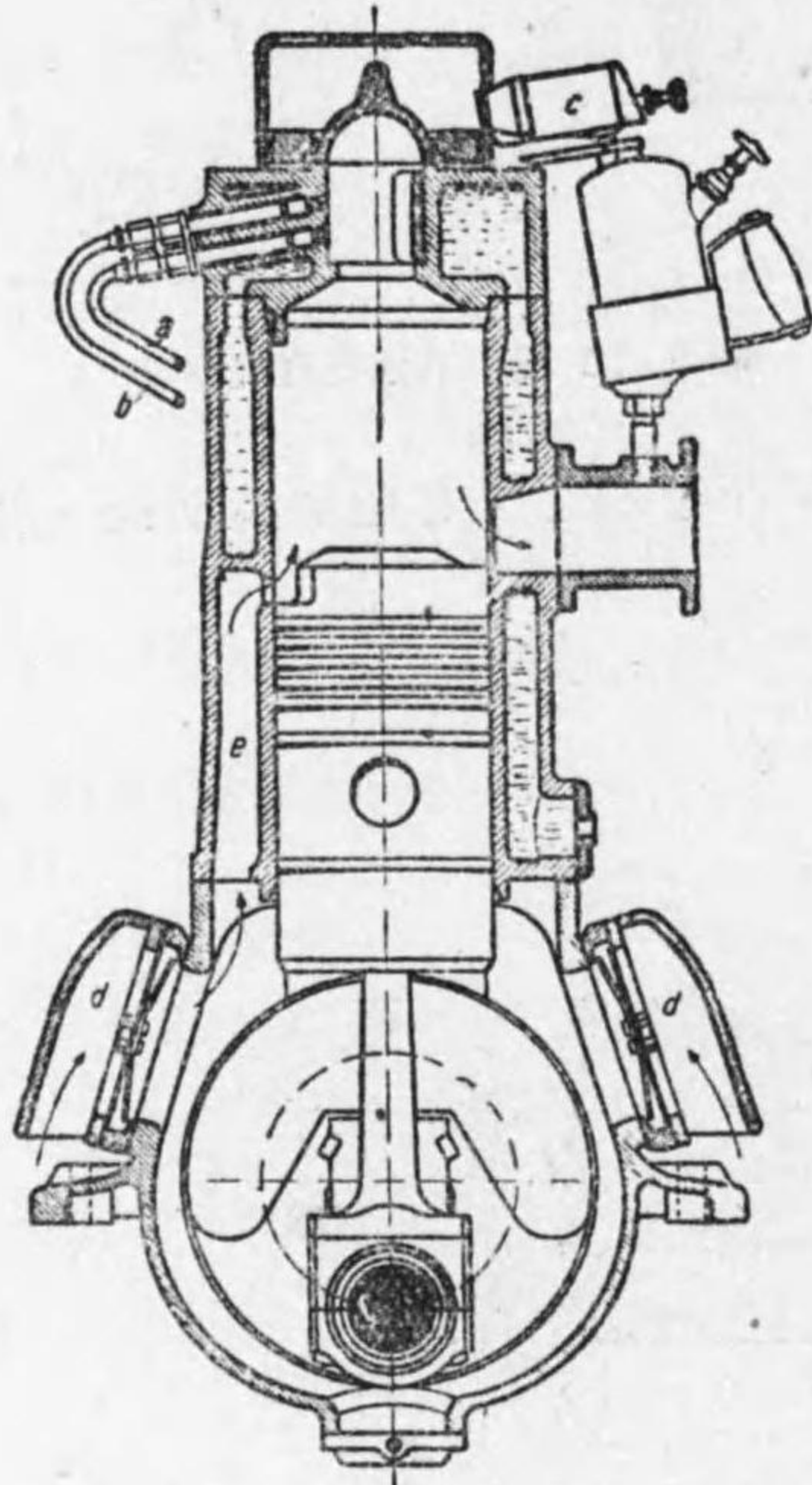


第 8-22 圖 農工用石油機関



## 5. 燒玉機關 Hot-bulb engine.

この燒玉機關は**セミディーゼル機關** (Semi-Diesel engine) とも云はれ、多く二サイクル機關で燃料は輕油又は重油を用ふる。燒玉點火



第 8-23 圖 燒 玉 機 關

法によつて點火し氣筒内の一部燒玉 (Hot-bulb) を冷却しない様に燃燒熱によつて常に高温に保ち、燃料をこれに噴射爆發せしめるもので、圖中 t は燒玉で始動の際は C なるトーチランプによつて熱せられる。

燃料はクランク軸の廻轉によつて動かされるプランヂャーポンプで、a, b の送油管によつて燒玉に噴射し點火せられる。又別に密閉せるクランク室内に d なる空氣吸入弁から入り來る空氣は、機關の爆發行程でピストンに壓せられ

て氣筒内に入る。

そして壓縮行程で更に壓縮せられてその最高に達したる時燃料を噴射する。又 a, b の送油管中 a は荷重の大小によつて燃料油の量を加減するものである。

## 6. ディーゼル機關 Diesel engine.

ディーゼル機關は又重油機關とも稱せられ獨人ディーゼル博士の發明

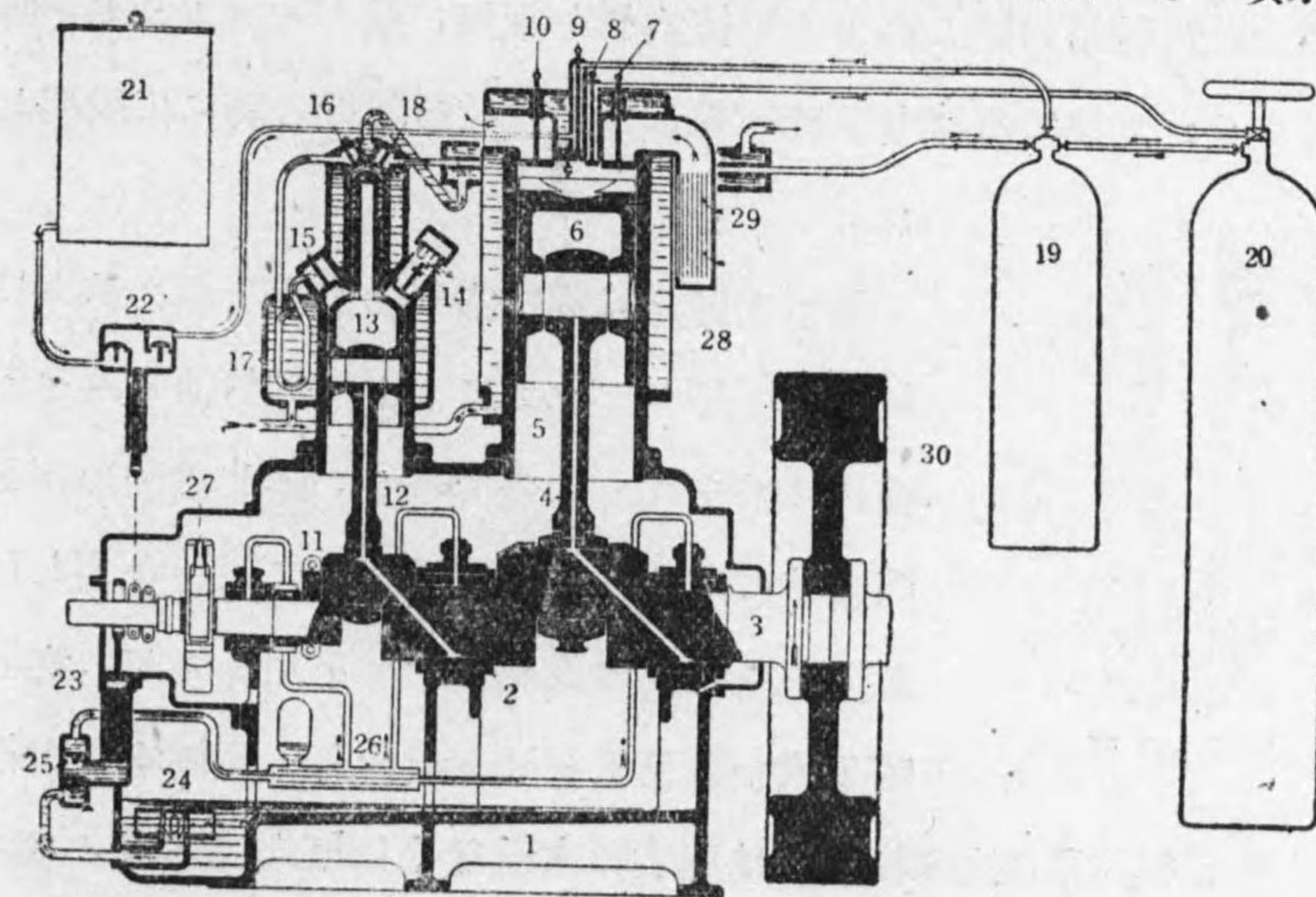
になるものである。

最初吸入行程で空氣のみを氣筒内に吸入して壓縮行程により之に高度の壓縮を行ふ、其の時生ずる溫度上昇を利用しこの時氣筒内に噴射せられる重油に點火爆發せらるゝもので四サイクルと二サイクル機關とがある。

燃料に廉價の重油を用ひ壓縮率 (Compression ratio) も高く従つて効率も高く經濟的で然も別に點火裝置を要せず、新式の船舶には殆どこの機關を用ひられる。尙又近年陸上用としても盛に採用せられる様になつた。

ディーゼル機關は燃料噴射の方式によつて**空氣噴射式**と**無氣噴射式**との種類がある。

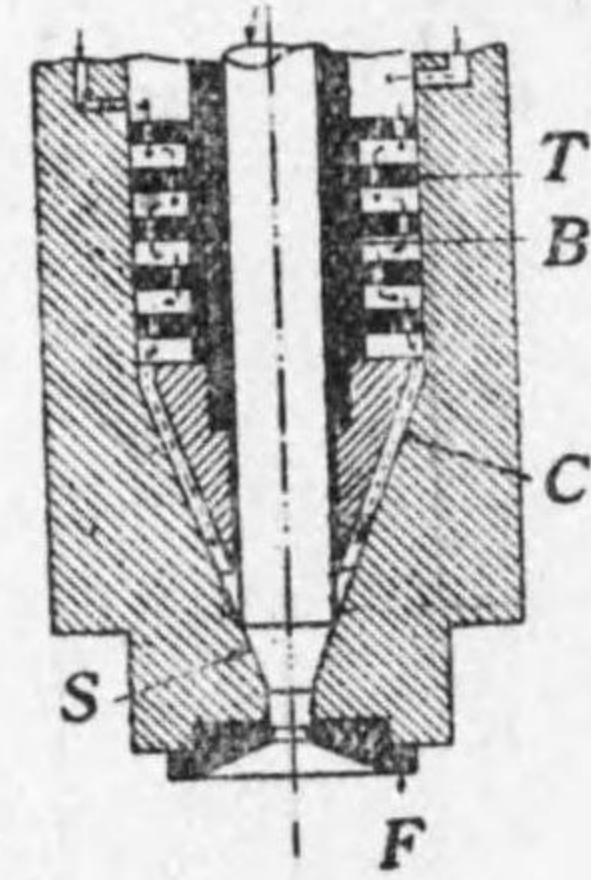
**空氣噴射式機關**は壓縮行程で一旦空氣が壓縮されて居る氣筒内に更に別の高壓空氣によつて、燃料油を噴射口から霧狀にして噴射せ



第 8-24 圖 空 氣 噴 射 式 ー ー ー 機 關



しめるもので、圖にて空氣ポンプの低壓氣筒13にて14の空氣入口より入り来る空氣を壓縮、15の弁より出で途中水冷せられつゝ上部の高壓氣筒に入り更に壓縮冷却せられ18の出口より出で途中尚水冷せられつゝ20の始動用空氣溜及び19の噴射用空氣溜に入る。壓縮行程にてピストン6により29より7の空氣入口弁を開いて入る空氣を壓縮しその終端に達したとき21の油槽よりの油はポンプ22により噴射弁9に至り19よりの高壓空氣に噴射せられて霧状となり氣筒内に入り、排氣瓦斯は10の弁を開いて大氣中に放散する。各種弁の開閉はクランク軸より調時齒車 (Timing gear) を經てカム軸を廻轉して行はれ、クランク室内に溜つた潤滑油は瀘過器24を經てポンプ23により給油管を以て機關各部に給油せられる。亦冷却水はポンプ27により機關の發熱部を冷却すること圖に示す如くである。20の始動用空氣溜は機關始動の際これより壓縮空氣を氣筒に送りピストン6を押してクランク軸に廻轉力を與へること既に始動装置の所にて説明した。



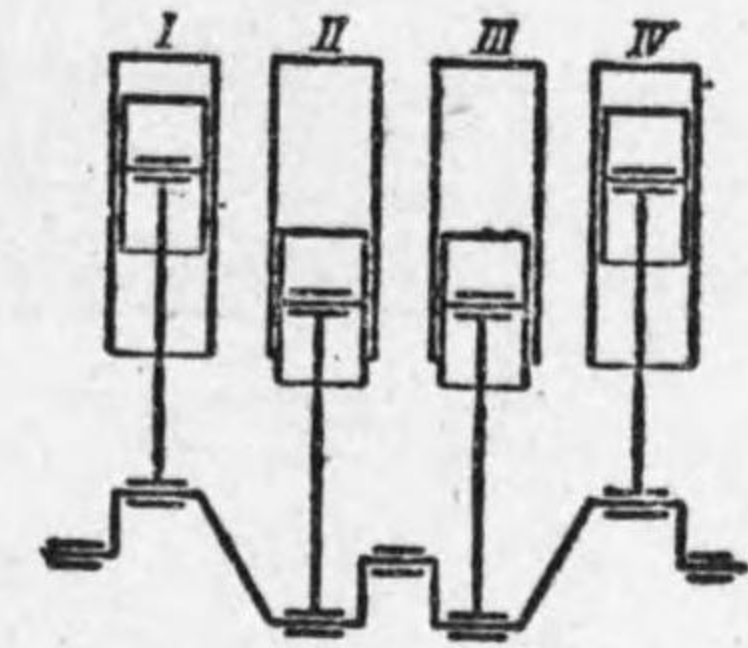
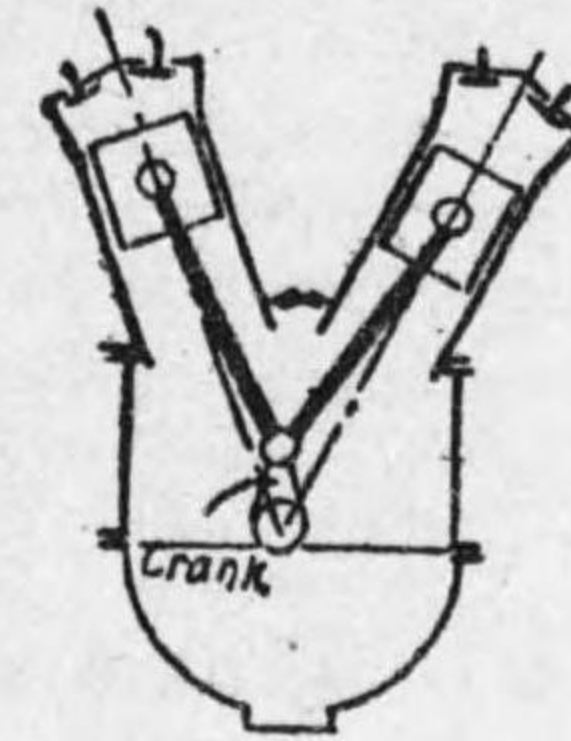
第 8-25 圖

無氣噴射式機關は空氣の壓縮行程の終りに於て高壓燃料ポンプにより、燃料油のみを氣筒内に噴射するものである。蓋し重油のみを噴霧状にするためには、非常の高壓を要し70氣壓以上の高壓燃料ポンプを用ふるが、空氣噴射式では稍低き50氣壓内外の高壓空氣壓縮機を用ふる。其の他の構造では兩者に大差なく只無式噴射式ノズルは針弁を開けば徑約1耗の小孔より燃料重油のみを噴射し、空氣

噴射式では辨室内で空氣と燃料油を合して同じく小孔より噴射する。(第8-25圖)

7. 自動車機關及自動車一般構造

自動車機關 (Auto mobile engine) は一般にガソリン機關であるが近時は代用燃料として木炭瓦斯、

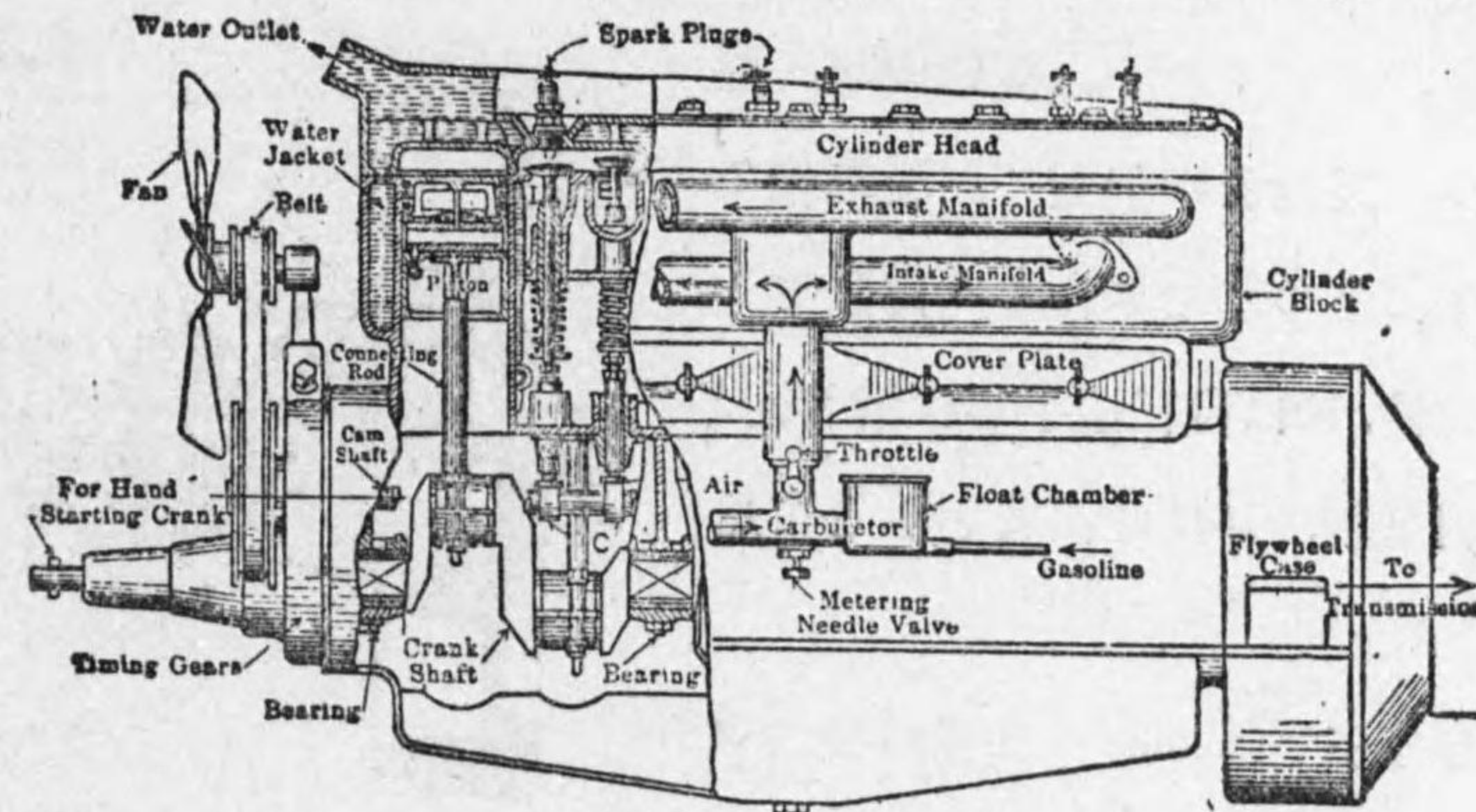


第8-26圖 直立型四氣筒

第8-27圖 V型氣筒

薪瓦斯等を用ふるに 第8-26圖 直立型四氣筒 第8-27圖 V型氣筒 至つた。尙高能率のディーゼル自動車機關も漸次製作採用の徴を示して居る。

貨物用は四氣筒以上、乗用車は六氣筒以上で、四、六、八氣筒は直立型、八、十二、十六、氣筒はV型で、氣筒數の多い程クランク

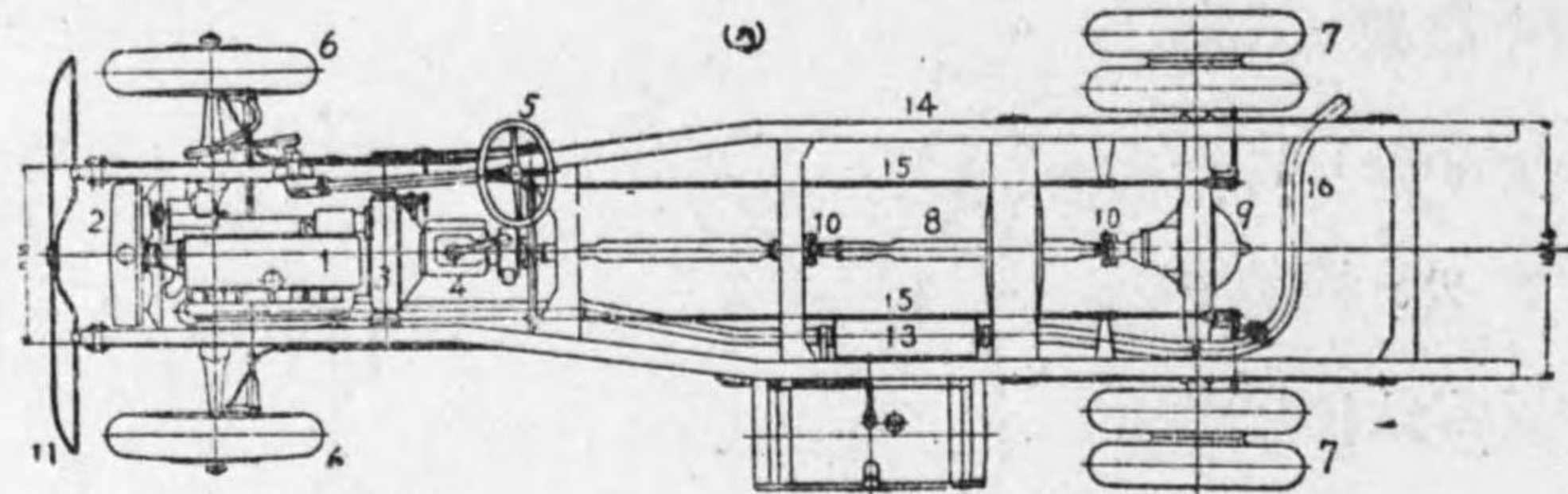


第 8-28 圖 自 動 車 機 關

軸の一廻轉に對して、爆發數が多いから運轉は圓滑に行はれ、十二氣筒以上のものは高級車に用ひられる。



自動車機関は殆ど總て四サイクル機関で、クランク軸の一端に調時齒車 (Timing gear) でその廻轉數を $\frac{1}{2}$ としてカム軸を廻轉して吸氣弁、排氣弁等を動作し一個の氣化器によつて各氣筒に給氣管より



第 8-29 圖 乗合自動車々臺

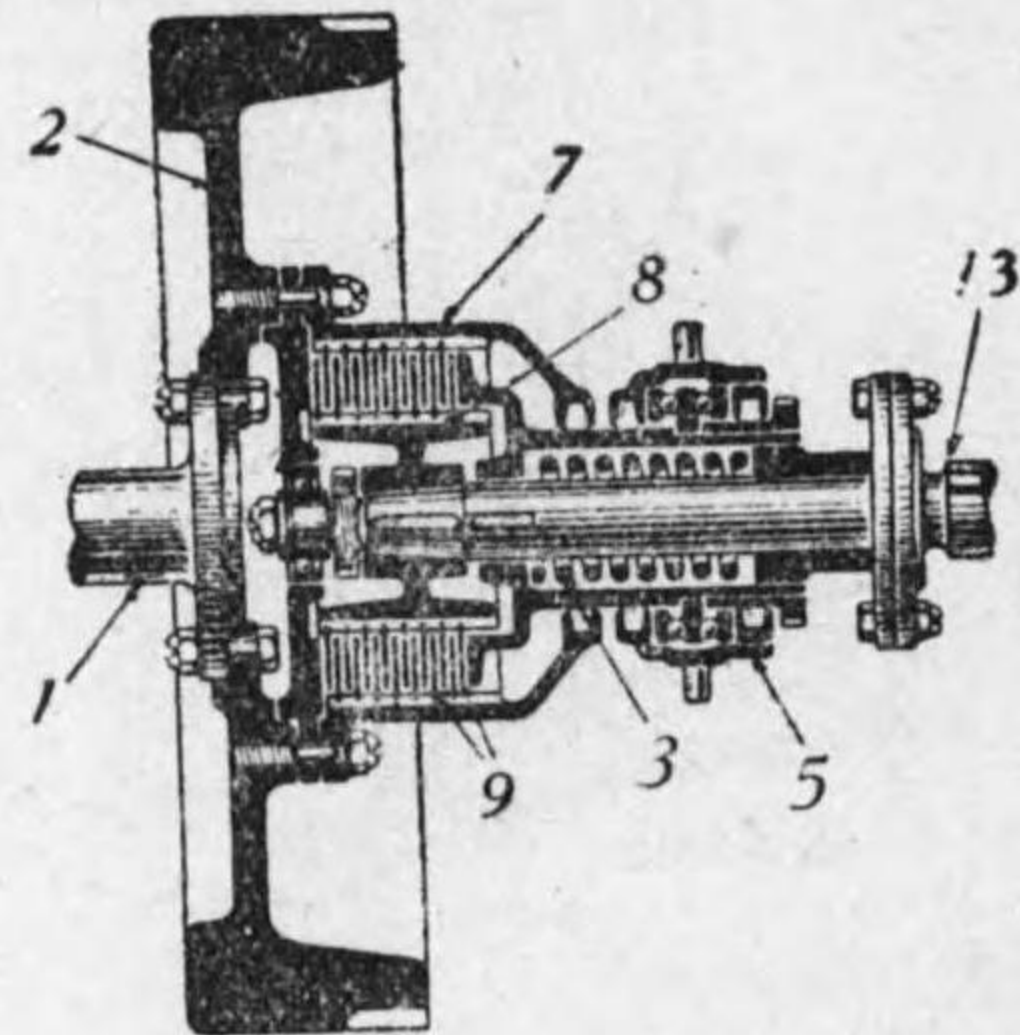
給氣する。

燃料をタンクより氣化器に送るには、カム軸によつて動作せられる燃料ポンプ (Fuel pump) を用ふる。潤滑油ポンプ、冷却水循環ポンプ、空冷用扇風器、發電氣等も總てクランク軸から驅動される。

第 8-29 圖で機關 1 のクランク軸の廻轉を自動車後部車輪に傳へるには、クラッチ 3、變速機 4、推進軸 8、差動齒車裝置 9、後車輪 7 の順序によつてなされる、尙圖で 5 は操舵輪、10 は自在接手 13 は消音器、15 は制動桿、16 は吐出管を示して居る。

**クラッチ (Clutch)** は運轉臺のクラッチハンドルを操作することによ

つて、機關のクランク軸と推進軸とを結合させ或は切離す作用を行ふものであつて、第 8-30 圖でクランク軸 1、ハヅミ車 2、クラッ

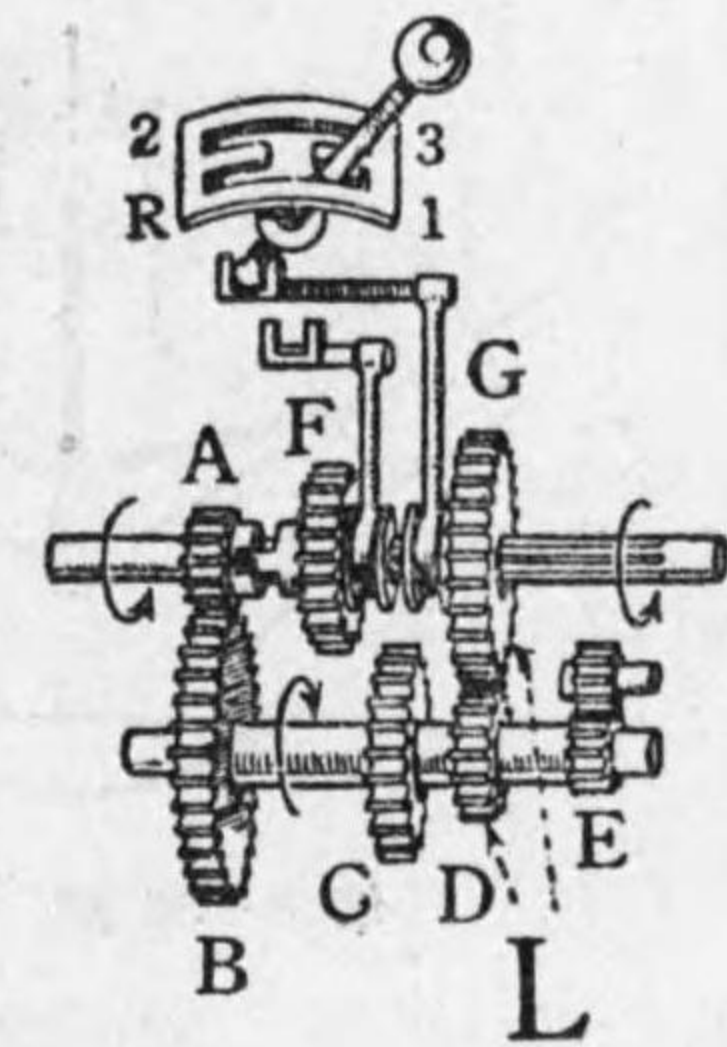


第 8-80 圖 多盤式クラッチ

チ外胴 7 は一體となつて廻轉するが、クラッチ内胴 8、クラッチ軸 13、は全然之等と別個のものであつて、今運轉臺のクラッチ把手を押せば 5 は左に押され、クラッチ内胴 8 は多數の壓力圓板 9 を壓して其の間隙をなくし、その間に摩擦力を生せしめ、従つて之に連るクラッチ軸を廻轉する。

**變速機 Change gear**

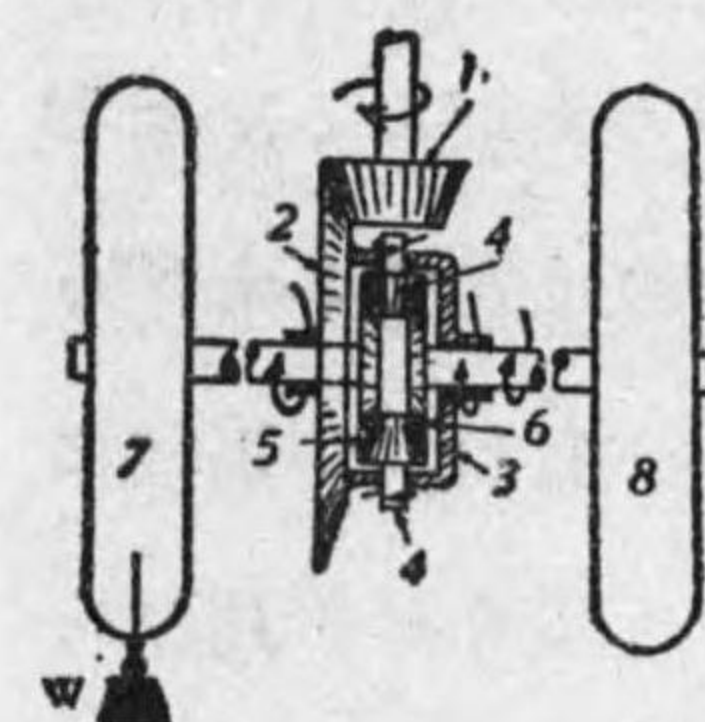
機關の廻轉を一定に保ちながら多數の齒車を種々に切替へることによつて推進軸の廻轉を變化するもので、第 8-31 圖はこれを示し把手を動かして之を行ふ。また齒車 G が E と嚙合へば G 齒車の軸即ち推進軸は反對に廻轉して自動車は後進する。



第 8-31 圖

**差動齒車裝置 Differential gear.**

自動車が曲り路を通過する場合は内側車輪は外側車輪より緩かに廻轉せなければならぬ



第 8-32 圖一

第 8-32 圖で左右兩車輪の軸は別々に傘齒車に取付けられ、推進軸 1 の廻轉により傘齒車 1, 2 を廻轉し更に 2 に固定する外函 3 も廻轉して 4, 6, の差動小齒車は自轉しながら車輪軸の圍りを廻り、かくして左右兩車輪軸は別々に廻轉することが出来る。

**制動裝置 Brake mechanism.**

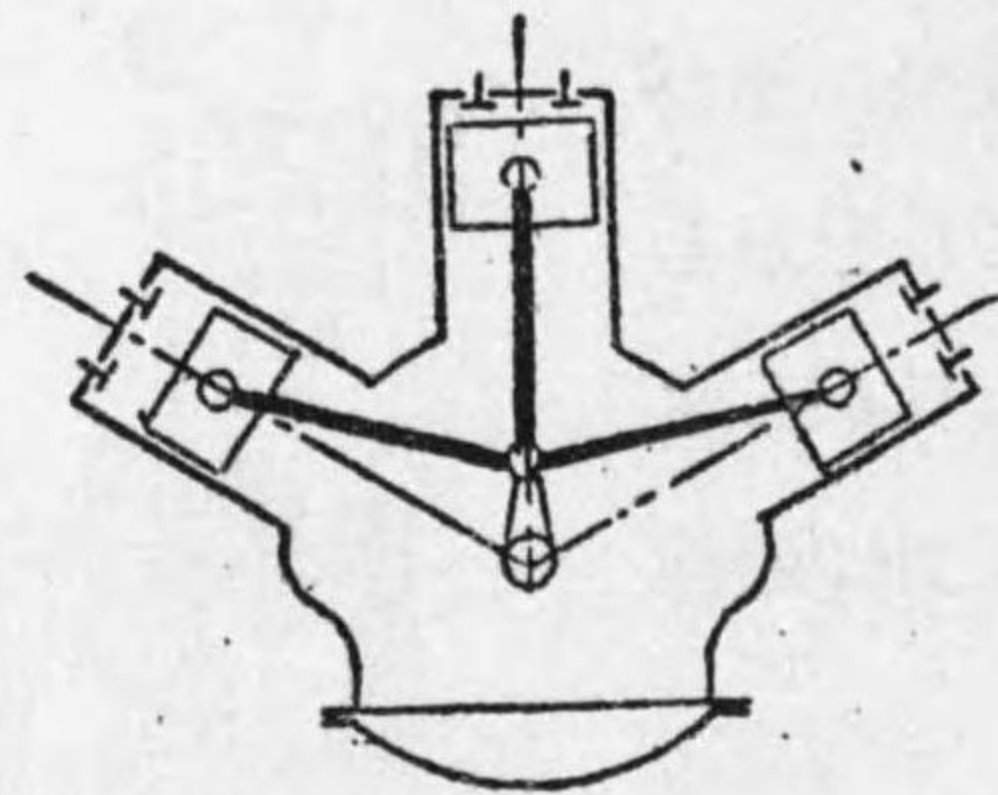
運轉臺で踏板を踏めば第 8-29 圖の制動桿 15、を動作して後車輪



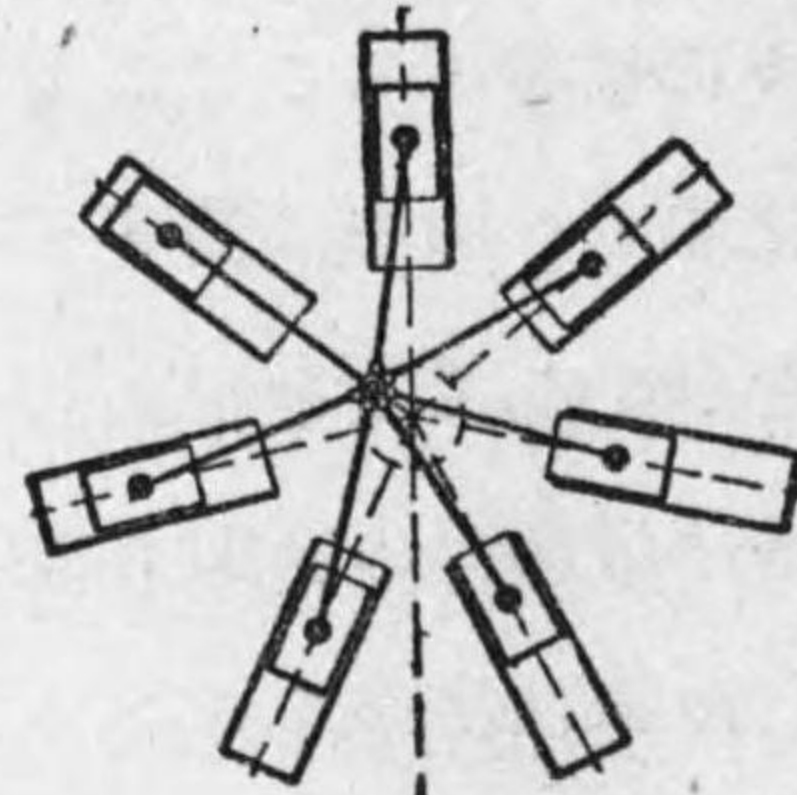
軸に取付けられたる制動輪の外周に、制動帶を押し付けて車輪の廻轉を停止せしめる。

### 8. 航空機關 Aero engine.

航空機關は殆んどガソリン機關であるが近時この部門にまでターゼル機關が製作されるに至つた。航空機關にはその冷却方式により空冷式と液冷式に大別せられ、また氣筒の配列により、星型、V型、

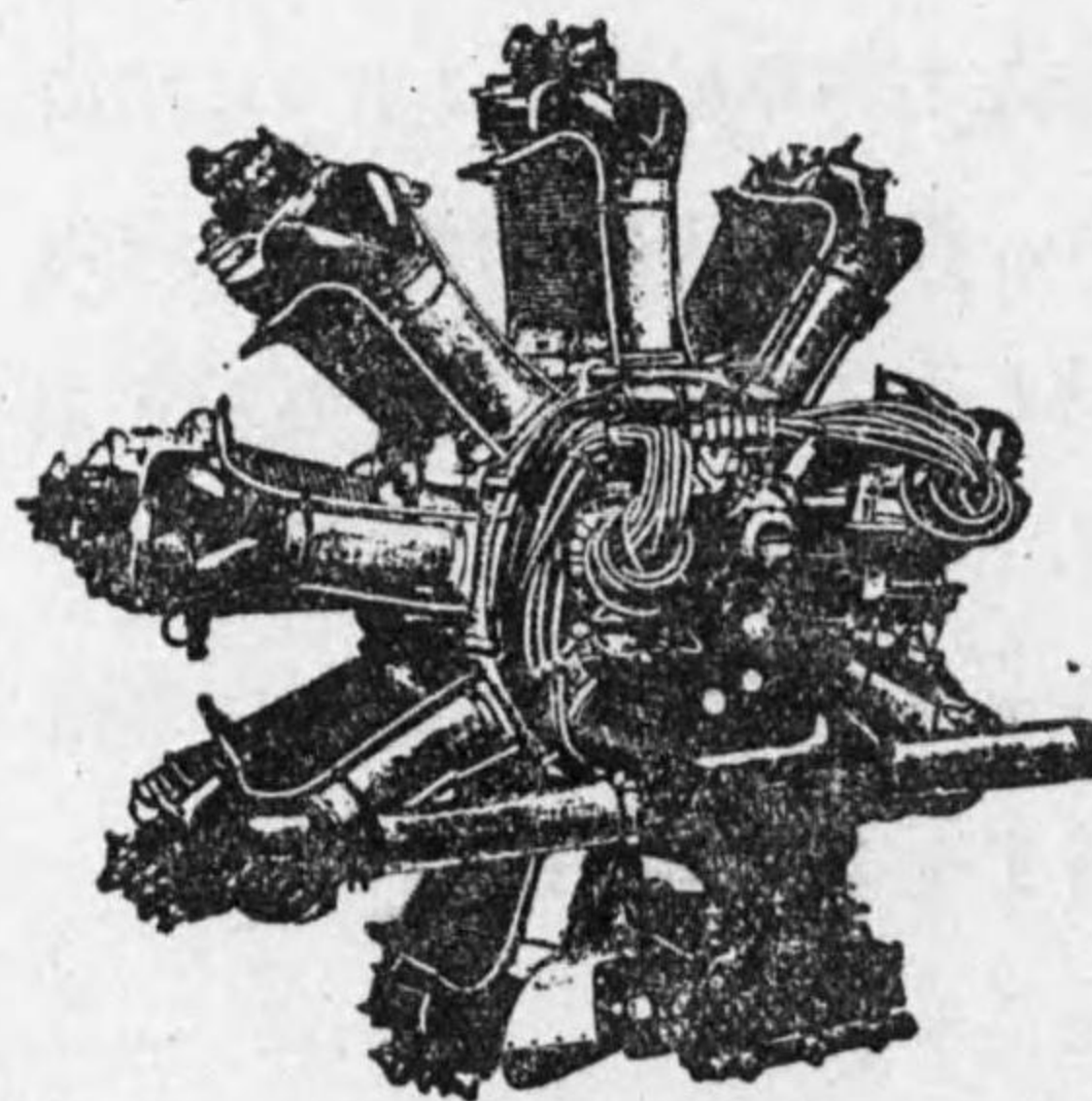


第 8—33 圖 W型機關



第 8—34 圖 星型機關

W型等あり。星型中には全氣筒がクランク軸の圍りに廻轉するもの、氣筒は固定しクランク軸のみ廻轉するもの等の別がある。前者は空冷の目的を良く達するも種々なる缺點がある、且材料が高熱に耐え得る様になり現今殆ど用ひられない。第 8—35 圖は我陸海軍の大型飛行機に採用せらるるもので空冷式 9 氣筒のものである。



第 8—35 圖

## 第九章 機械用材料

### 第一節 鐵 と 鋼

#### 1. 銑鐵 と 鑄鐵

1) 銑鐵 (Pig Iron), 鐵鑛石をコークス等の燃料及び媒熔劑 (石灰石の類) と共に熔鑛爐に投入して送風し、燃燒熔解せしめて夾雜物を熔滓 (Slag) として除けば即ち銑鐵を得られる。銑鐵は普通、型に入れてナマコ形とし市場に販賣せられる。極めて衝撃に弱く鎚にて打碎くことを得る。

普通、炭素 3.0%, 硅素 1.5%, 滿俺 0.5%, 硫黄 0.1%, 磷 0.15%, 内外を含んで居る。

2) 銑鐵の種類、白銑 (White pig) は原鑛 (Ore) を木炭等を燃料として特種の操作により作られ破面白色で質緻密、堅剛にして脆く、及物地金の材料その他特種の用途に供せられ成分中の炭素は殆ど化合炭素 (Combined carbon) の状態にある。

鼠銑 (Gray pig) は破面鼠色を呈し、之一號銑、二號銑、三號銑、四號銑の別あり。鼠色の濃き程その號數を増す。普通の銑鐵鑄物として多く使用せられ、産地の名を附して、釜石三號銑、兼二浦四號銑等と言ふ。

3) 鑄鐵 (Cast iron), 銑鐵は質脆く鍛冶及び延壓は不可能なるも剛性に富みこれを再びキユボラ又はコシキ爐と稱する爐に入れて熔融し鑄物砂にて作つた穴洞の中に注入して凝固せしむれば機械の一



部分を得られる。然して銑鐵を再度熔融してもあまり成分には變化を來さない爲銑鐵と鑄鐵は全く同質のもので、即ち鑄鐵は銑鐵を再度熔融して凝固したるもので機械の一部の形を有して居る。

4) 特種鑄鐵物、鑄鐵に特種の操作を施したもので、半鋼鑄物、チルド鑄物、可鍛鑄物、鋼鑄物等これに屬する。(第10章第3節参照)。

## 2. 鋼 Steel.

1) ベツセマー軟鋼 (Bessmer mild Steel), 銑鐵を熔融してこれを轉爐 (Converter) と稱する爐に入れ高壓の空氣を吹込むと銑鐵中の炭素、硅素、其の他の不純物は酸化除去せられ所謂ベツセマー軟鋼を得る。而してこの際燃料を要せず發熱を續くるは成分中の硅素の酸化發熱するによる。

この方法は一度の製練僅かに二十分位で燃料は多く要せざるも製品品質あまり良ろしからず。

2) シーメンス・マルチン軟鋼 (Siemens martin mild Steel), 平爐と稱する反射爐に銑鐵及鋼屑等の原料を入れ、石炭瓦斯と空氣を豫熱室にて豫熱して送入すれば不純物は酸化分解して軟鋼を得る。質軟かで鍛治延壓等可能となる。一回の操業十時間内外でベツセマー法によるものよりも長時間を要するが屢々試験片を取出して検することを得るから良質のものを得られる。本製鋼法は平爐を用ふる故平爐製鋼法とも稱せられる。

3) 電氣製鋼法、電氣爐による製鋼法で適確な高溫度を得ること、溫度を自由に調整し得ること、他の製鋼法の如く燃料より硫黃、磷

等の不純物を吸収する恐れなきこと等の利點ある故、原料を適當に撰ぶと任意の成分を有する鋼を得られる。

4) 坩堝製鋼法、原料は直接燃料に觸れることなく、従つて不純物を吸収することなき故良質の原料を撰んで坩堝 (Crucible) に入れ熔融均一ならしむるときは任意成分の鋼を得られ、工具鋼、刃物の素地等を作るに用ひられる。

## 3. 特種鋼 Special Steel.

鋼に特種の元素を加へ優秀な種々の性質を具へしめたもので、その種類は極めて多い。

1) ニッケル鋼 (Nickel Steel), 炭素 0.35% 内外の鋼に 3.5% 以内のニッケルを加へたもので強度や、彈性、伸び、耐蝕性等極めて大なる特性がある。

2) クローム鋼 (Chrome Steel), 鋼にクロームを含ませると強度と硬度を著しく増加する。炭素 1.0% 内外の鋼にクローム 1.5% 内外を含ませたものを硬質クローム鋼と言ひ、球軸受、ローラー及び工具類に用ふる。炭素 0.12% 以下の鋼にクローム 12~14% を加へたものは所謂錆びない鋼 (Stainless Steel) として知られ刃物や食器、タービン翼等に用ひられる。

3) ニッケル・クローム鋼 (Nickel-chrome Steel), 炭素 0.3% 内外の鋼にニッケル 1.5~5%, クローム 0.5~1% を含ませると強度、硬度、靱性が著しく増加するから装甲板、車軸等に適する。

4) 滿儼鋼 (Manganese Steel), 炭素 0.25% 内外の鋼に滿儼 1.4~1.6% を含むものはニッケル鋼に類似して強度と靱性に富むから工



具や鋏、ボルト等に用ひられる。炭素0.5~1.5% 満俺9~15%を含ませ赤熱して1000°Cより水中に投じて急冷すると硬度及び靱性を著しく増加し普通の工具で切削することが出来ない。研磨盤によりてのみ加工し得られる。摩耗に對しても著しく強く、十字軌條、防彈楯、碎岩機の顎等に用ひられる。

5) 其他、タングステンとクロームを含むものを高速度鋼 (High speed steel) と言ひ工具に用ひ、其他クローム・バナチウム鋼、クローム・モリブデン鋼、タングステン鋼等種々あり。

第二節 非鐵金屬材料

1. 主要非鐵金屬

1) 銅 (Copper) 銅は我國では主として硫化銅鑛より精煉せられ展性、延性に富み熱及び電氣の良導體であるから管、針金、薄板及び電氣材料として用ひられまた合金材料として廣く使用せられる。

2) 亜鉛 (Zinc), 破面は蒼白色の粗大な結晶で、常溫では脆いが乾燥せる空氣中では變化すること少く合金用材、亜鉛鍍金用として廣く用ひられる。

3) 錫 (Tin), は銀白色の金屬で展延性に富み空氣及び水分に對する抵抗は大きい濃鹽酸には浸され易い。ブリキ板、錫箔、錫鍍金及び合金材料等として用ひられる。

4) 其他、鉛 (Lead), アルミニウム (Aluminium), アンチモン (Antimony), ニッケル (Nickel), マグネシウム (Magnesium), マンガン (Manganese), クローム (Chrome), タングステン (Tang

sten)等の金屬があるがいづれも機械用としては單獨に用ふること少く他の金屬との合金として或は鍍金として用ふ。

2. 銅合金 Copper alloy.

1) 黃銅 (Brass) はまた眞鍮と言ひ銅と亜鉛との合金で、之に少量の他の元素を含む。その主成分の割合により種々なものがあり、亜鉛30%, 銅70%のものを標準眞鍮又は七三眞鍮と言ふ。

2) 青銅 (Bronze) は一名唐金とも言ひ、銅と錫を主成分とする合金で黃銅に比し鑄造し易く、其の主成分の含有量により砲金 (Gun

第9-1表 銅の合金

種 別	成 分 (%)				機 械 的 性 質			特 徴, 用 途
	銅	亜 鉛	錫	鉛	抗張力 (kg/cm <sup>2</sup> )	伸び (%)	ブリネル 硬度	
赤色眞鍮	85	5	5	5	18.5~23	16~20	50~60	ポンプ軸承其他
七三眞鍮	65~75	25~35	—	—	30~70	5~60	50~120	常溫壓延用
四六眞鍮	65~55	35~45	—	—	30~60	10~50	60~120	高溫壓延用
鑄物用眞鍮	70~60	30~40	少量	—	17~30	20	—	—
満俺黃銅	55~60	40~37	2以下	満俺	28~40	40~50	—	アルミニウム及鐵を含む、船舶用安價で強力海水に耐ゆる性大なり
シルジン	80~85	10~15	珪素	0.3	45~50	20	—	—
デルタメタル	54~60	39~40	3~5鐵	—	40~70	12~22	—	—
機械用青銅	80~90	10~12	1~1.5亞鉛	0.5~2	—	—	—	—
普通砲金	90	10	1~10	1~2	30~55	15~10	—	耐摩、耐蝕性大バルブ、コック
燐青銅	87.3	9~14	燐	1	20~30	5~20	—	軸承、齒車等
"	90~92	7.4~9.7	0.6以下亞鉛	—	27	20以上	—	ハ型鑄物
珪素青銅	79	3以下	1.0内外	珪素	47~79	—	—	電話及送電用
満俺青銅	95	5	—	以下	—	—	—	汽 罐 用
アルミ青銅	91~89	—	—	アルミニウム	47~79	—	—	鑄物又は壓延用
ニッケル青銅	88	1	10	9~11	45	—	—	タービン羽根、バルブ



metal) 其の他種々なるものがある。

3. ニッケル合金 Nickel alloy.

ニッケルは銅と如何なる割合にでもよく合金せられる。その代表的なものに洋銀 (German Silver), モネルメタル (Monel metal) がある。

第 9-2 表 ニッケルの合金

名 稱	成 分 %				性 質, 用 途
	銅	ニッケル	亜鉛	其 他	
鑄造用洋銀	58~48	24~19	24~19	—	食器・理化學機械
モネルメタル	30~33	60~68	—	鐵 1~6	耐蝕性=富ムモ高價
飯高メタル	86	7	—	マンガン 2 鐵 5	壓延材, 抗張力65斤/耗 <sup>2</sup>
マンガニン	84	12	—	マンガン 4	壓延用, 電氣抵抗線
ニクローム	クローム 20	60~66	10~26	〃 2	電氣抵抗線

4. ホワイトメタル White metal.

一般に亜鉛, 鉛, 錫, アンチモンよりなる合金をホワイトメタルと言ひ, 熔融點低く白色で, 質軟かく, 熔融點低く, 耐蝕性に富んでゐる。減磨合金 (Anti-friction metal), 活字金, 鑞 (Solder) 等として用ひられる。バビツトメタル, マグネシウムメタルは減磨用としブリタニアルメタルは食器其の他家庭用器具類に用ふ。

5. 輕合金 Light alloy.

輕合金は, アルミニウム又はマグネシウムを主成分とし, 之に他の元素を配合して比重凡そ 3 以下の合金である。

アルミニウムを主成分とするものの中にデュラルミン (Duralmin) がある。鍛練加工を施して用ひ炭素鋼に匹敵する強さを有し飛行機

又は自動車用材に供せられる。

マグネシウムを主體とせるものはエレクトロン (Elektron) と呼びアルミニウム合金に比し約 30% 軽く, 抵抗力等は大差なく, 只耐蝕性に欠く缺點がある。

第 9-3 表 輕合金

名 稱	標 準 成 分 (%)					種 別	機 械 的 性 質			比 重
	アルミニウム	マグネシウム	銅	亜鉛 珪素	其他		抗張力 (斤/尺 <sup>2</sup> )	伸び (%)	硬度 (ブリネル)	
L 8 合金	殘部		12			鑄造	16	1.0	74	2.87
L 12 合金	〃		7~9	亜鉛 2 以下	不純物 1~2	〃	16	1.5	55	2.8
デュラルミン	〃	0.5	3.5		滿俺 0.5	鍛造	40	20	110	2.85
Y 合金	〃	1.5	4		ニッケル 2	鑄造	20	1.3	70	2.8
〃	〃	〃	〃		〃	鍛造	40	18	110	2.85
シルミン	〃		1~2	珪素 11~14	ナトリウム 0.1	鑄造	21	10	70	2.8
ラウタル	〃		3	7		〃	20	1	54	2.7
〃	〃		〃	〃		鍛造	40	20	110	2.85
A 合金	〃		3	亜鉛 25		鑄造	32	2	85	3.2
L 5 合金	〃		2.5	12.5		〃	22	2	60	2.95
E 合金	〃	0.5	2.5	20	滿俺 0.5	鍛造	50	10	135	3.2
エレクトロン	1.6 以下	殘部	0.1 以下	4~8	錫 0.35 亜鉛 4~8 滿俺 0.1	鑄造	13~28	3~10	43~70	1.75~1.9
〃	〃	〃	〃	〃		鍛造	23~42	2~18	45~90	

第三節 熱 處 理

1. 熱處理 Heat treatment

金屬材料を適度に加熱又は冷却して所要の性質を得ることを熱處理と言ふ。熱處理には焼入, 焼戻, 焼鈍, 炭素焼等の方法がある。



## 2. 焼入 Hardening 及び焼戻し Tempering

主として炭素鋼，特種鋼等の鋼材に行はれる熱処理でこれらの金属を熱して種々に温度を變へるとその中の結晶組織も種々に變化するもので一般に高温度のときの結晶組織は微細で，これを放冷して自然に冷却すると，その結晶は次第に増大してその性質は軟く展性，延性に富むものとなる。若しこれらを高温より急冷するときは高温度に於ける微細な結晶組織がそのまま常温度にて残留し，その性質は硬く脆きものとなる。焼入(Hardening)はこれらの理を應用して，これらの金属を適當の温度に熱して水又は油等の冷却液に投じて急冷し硬き性質を得る操作で炭素鋼の焼入れ温度は $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ が適當で，特種鋼はその種類により $850\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 位で焼入液は炭素鋼は水を，特種鋼は油或は特に作られた焼入液を用ふる。

焼戻し(Tempering)，焼入鋼は硬いが甚だ脆く急冷の爲内部歪を生じて居るから焼入せるものは再び $230\sim 320^{\circ}\text{C}$ の温度まで徐々に加熱して緩冷すると硬度は多少低下するが歪はこれ著しく靱性を回復する。

## 3. 焼鈍 Annealing.

鋼を $750\sim 800^{\circ}\text{C}$ に熱して緩冷し焼入効果を消失せしめ或は常温加工によつて生ずる内部歪や硬化を除き延性を回復し又は鍛造，鑄造等による結晶の不同を除き靱性を與へる。この作業を焼鈍と言ふ。

## 4. 炭素焼 Case hardening.

軟鋼製品を鐵箱に入れ，その周圍に與炭劑を充填して鐵の蓋をし粘土で目塗を施し加熱爐に入れて徐熱し， $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ の温度で適當

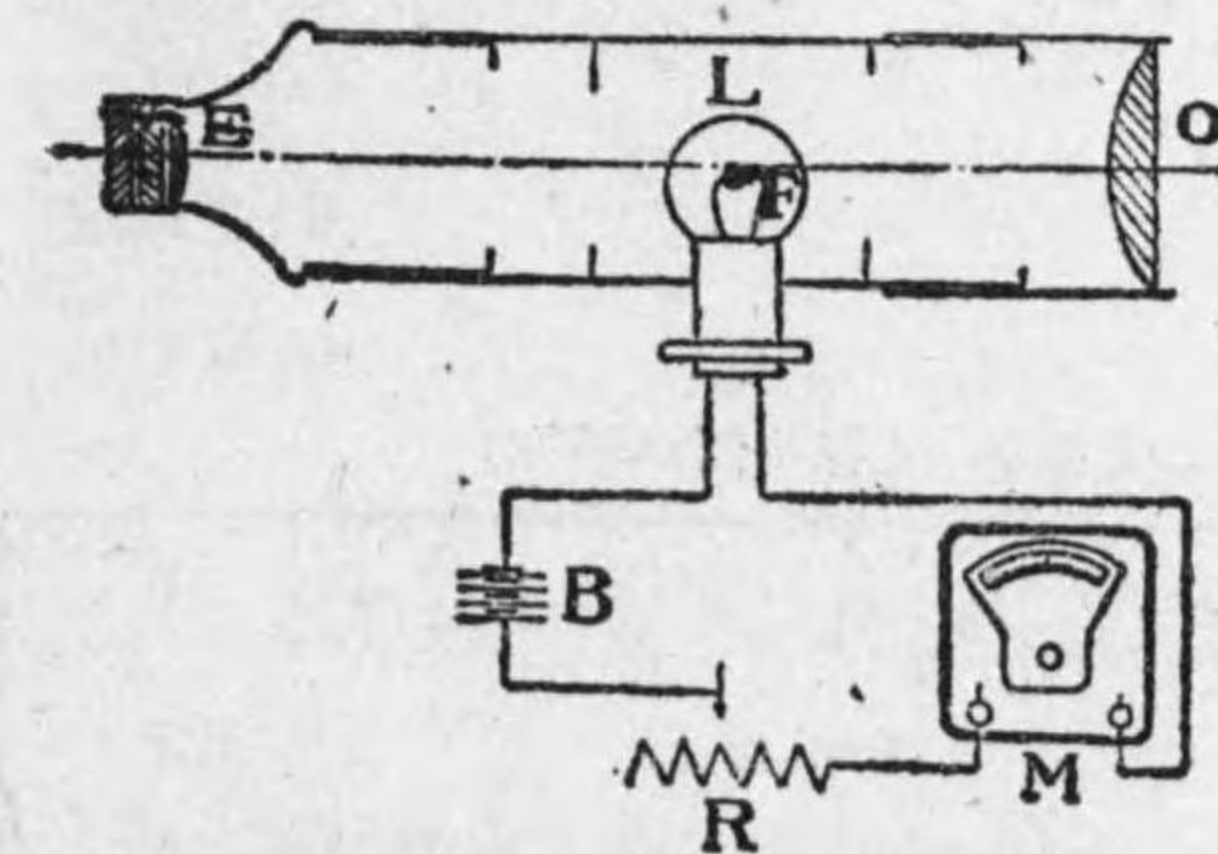
な時間保たせる。與炭劑としては木炭，褐炭，骨炭，青化加里，炭酸鹽類等種々なものがあるが最も普通用ひられるものは木炭60%，炭酸バリウム40の%混合物である。かくすると炭素分は漸次に軟鋼の表面より浸入してその部分はあたかも硬鋼の如き硬度を得られる。

## 5. 高温度計 Pyro-meter

アルコールや，水銀等の棒状寒暖計では測定出來ぬ様な高温度を測るには高温度計(Pyro-meter)を用ふる。その主なるものに就き一，二を説明すると，

熱電對(Thermo-couple)，二種の異つた金属を接合して，その金属間に温度の差を生せしむると，それらの金属間に電位差を生じ，回路(Circuit)を作ると，これに電流が流れるから，今一方の金属を一定温度又は常温に保ち，他方を測定箇所に挿入して温度差を生せしめ流るゝ電流の大きさを電流計にて計り直ちにその温度を知る普通は金属に白金と白金ロヂウムの合金より成る線を用ひ，對熱ガラスの保護管中に收めて使用する。

ワンナー光高温度計(Wanner's optical pyro-meter)は爐内の光色



第9-1圖 ワンナー光高温度計

と温度計電球の火色を一致せしめて測る方法で，即ち爐内の光を對物レンズ，Oに受けEなる對眼レンズを覗きつゝ電球Lの光を對物レンズの光に一致せしむるまで抵抗器Rを加減し，その調整の度合に



より直ちに温度を読み取る様目盛をする。

その他フェリー、ゼーゲル等の高温度計がある。ゼーゲル温度計は窯業等で大體の温度を知るに用ひ、數個のゼーゲル錐を爐内に並べてそのダレ出す番號によつて加熱効果を知ることが出来る。

#### 第四節 コンクリート

##### 1. コンクリート Concrete.

機械用基礎としてコンクリートが最も廣く用ひられる。これはポルトランド・セメント (Port-land cement) に川砂、礫を加へ水で練つたものでその配合は使用の目的によつて次の様である。

第 9-4 表 コンクリートの配合

目 的	セメント	砂	礫
基礎捨用	1	3	6
建築用	1	細砂 2	4
同	1	荒砂 3	3

單にセメントに川砂を混じて水で練つたものをモルタル (Mortor) と言ひ、その配合は普通セメント 1 砂 3 の割合で煉瓦積の目地塗等に用ふる。

##### 2. セメントの強さ

JES. 第28號に規定されてゐる強さ (各6個の平均)

成形後の日数	3 日	7 日	28 日
壓縮強さ kg/cm <sup>2</sup>	150 以上	220 以上	300 以上
引張の強さ kg/cm <sup>2</sup>		20 以上	25 以上

#### 第五節 潤滑料

##### 1. 潤滑料 Lubricant.

軸承其他機械各部の運動摩擦部分にはその摩擦抵抗を軽減するため潤滑料を用ふる。

##### 2. 潤滑料の種類

潤滑料は二接觸面に介在して完全なる油膜 (Oil film) を作るにある。この目的に用ひられるものに液状及び半固體狀の石油及び脂肪油製品、又は植物性油製品等があり、半固體狀のものは一般にグリース (Grease) と言ひ、之に黒鉛を混じてグラフアイトグリース (Graphite Grease) として用ひられてゐる。日本標準規格では潤滑油を次の八種に分類して居る。

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| 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 (台車油)          |           |
| 第六種 (シリンダー油)       |           |
| 第七種 (マリンエンジン油)     |           |
| 第八種 (ペトロラタム又はワセリン) |           |

#### 第六節 金属材料試験

##### 1. 機械試験法 Mechanical test

試験材料の適當な部分より日本標準規格にて示された形状寸法の

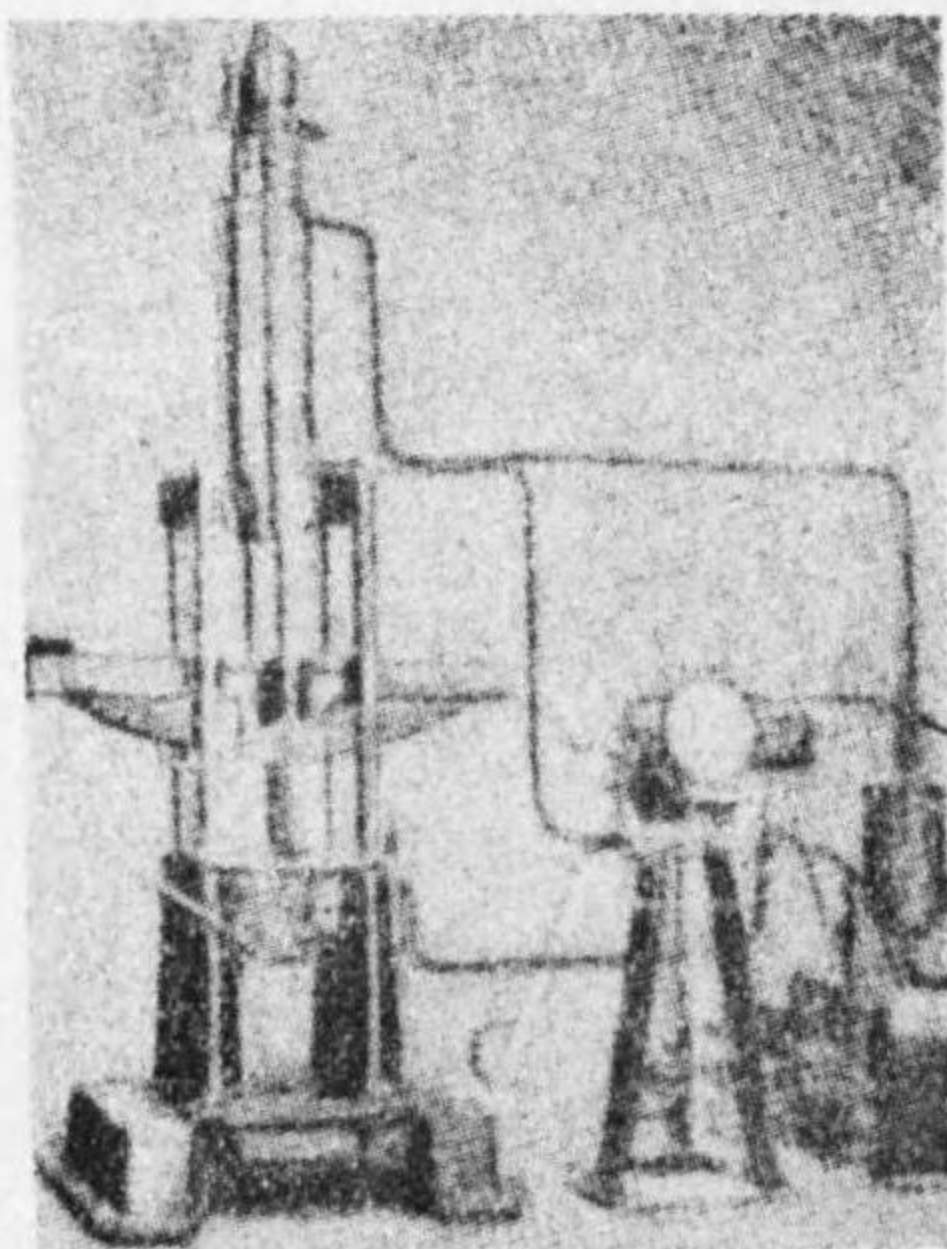


試験片 (Test piece) を作り、夫々専門の試験機にかけて引張り試験、壓縮試験、捻り試験を行ひ荷重と變形等の關係を記録する。これらの試験機中には自動的に荷重、變形の線圖を畫くものもある。

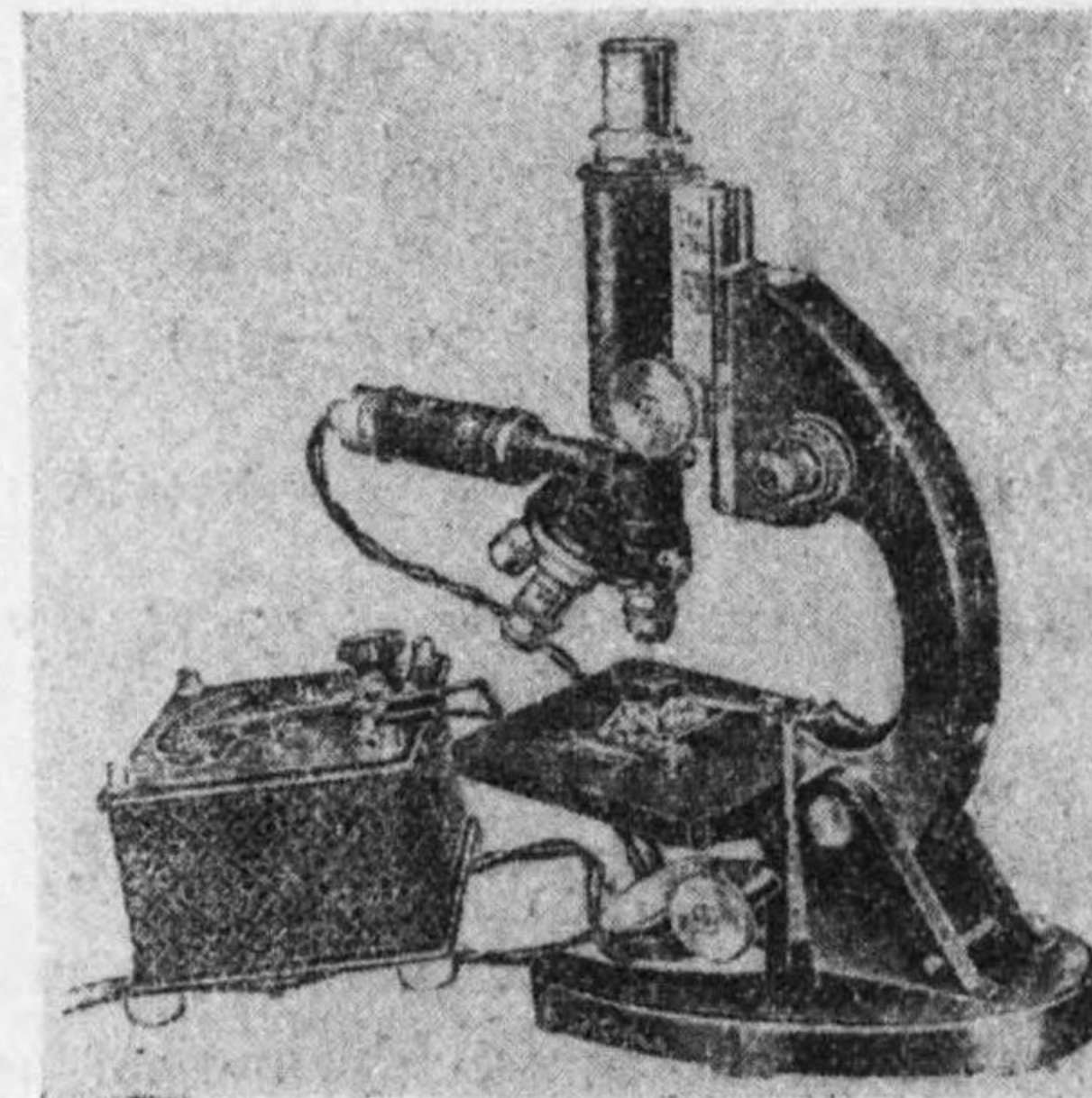
硬度の試験には**ブリネル**及び**シヨア** (Shore) の試験機が主として用ひられる。前者は直径10耗の鋼球を試験材料の面に押し付けその凹んだ球の表面積を以て加へた荷重を除しその商を**ブリネルの硬度** (Brinell hardness) とする。後者はダイヤモンドの尖端を有する針を一定の高さより試験材料の面に落下せしめその反撥する高さを讀みて直ちに**シヨアの硬度**とする。

## 2. 顯微鏡試験法 Microscopic examination

金屬破面の組織を顯微鏡によつて擴大し、その状態を見るものでまたこれによつてその破面の状態を寫眞に撮つたものを**顯微鏡寫眞**と言ふ。



第 9-2 圖 アムスラー萬能試験機



第 9-3 圖 顯微鏡試験器

# 第十章 機械工作法

## 第一節 概 説

### 1. 機械製作の順序

素材より所要の機械を製作するまでの方法を**機械工作法**と言ひ、先づ所要機械の設計製圖を終ればこれにより鑄造すべきもの、鍛工によるもの、板金工作によるもの、素材より直ちに仕上すべきもの等に仕分けをし、鑄造によるものは亦これに必ず木型(模型)を必要とし、尙鑄造、鍛工等で出来たものは必ずその一部を機械仕上を行ふのが普通である。かくして全部の部分品が出来上れば最後に之を所要の機械に組立てるのである。

## 第二節 木 型

### 1. 木 型 Pattern

鑄造により所要機械の一部を得る最も普通の方法は鑄造に適した所謂**鑄物砂** (Moulding sand) の中に所要の形狀を有する穴洞を穿け之に熔融金屬を流し込んで得られるもので、この穴洞を穿ける爲めに普通木型を用ひその他金型、石膏型、蠟型等を用ふこともある。

### 2. 木型用木材

木型用材料として具備すべき條件は濕氣の爲なるべく變形せないこと、適度の硬さを具へ丈夫なこと、加工し易いこと、廉價で求め



易いこと等で現今多く用ひられるは、姫子松、檜、朴、杉、樅、桂、榎等である。

3. 縮み代・仕上代

イ、縮み代及び木型尺、金属を熔融して流動状態より凝固するとその容積を収縮するから最初の型はそれだけ大きく作る必要がある。これを縮み代 (Shrinkage allowance) と言ふ。木型製作の場合はこの縮み代を見込んでそれだけ大きく作られた木型尺を用ひる。

ロ 仕上代、鑄造物は精密な寸法を得難いから精密な寸法を要する部分は初最所要寸法より稍大きく作り置き後これを機械で削り取り正しき寸法に合はす。これを仕上代 (Finishing allowance) を附すると言ふ。

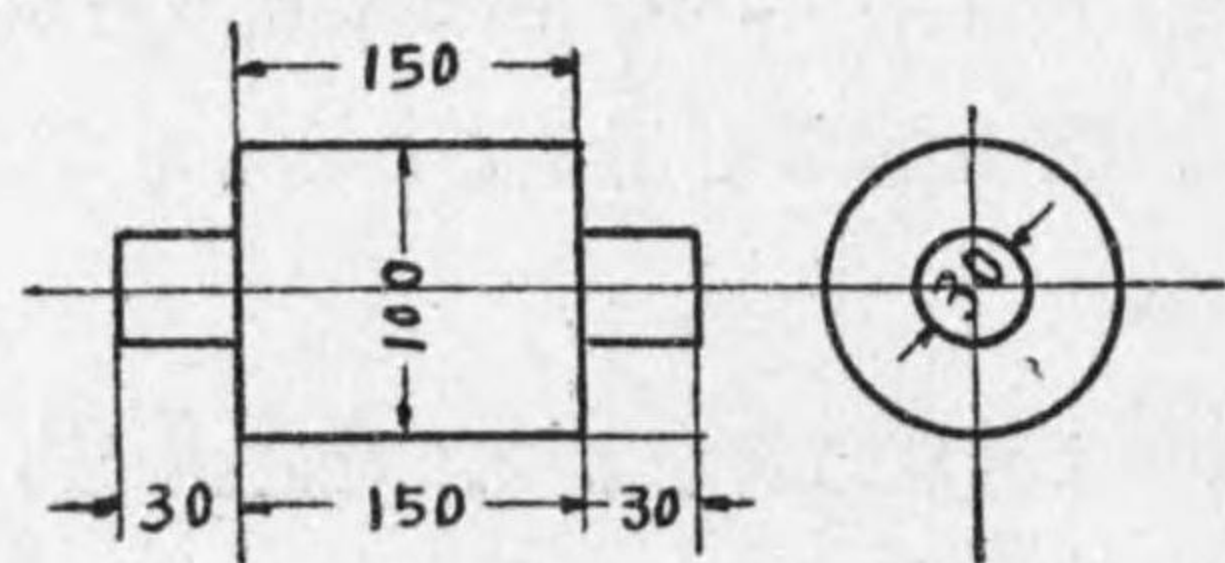
4. 木型の種類

木型には鑄物砂の中に所要の形の穴洞を作る方法によつて

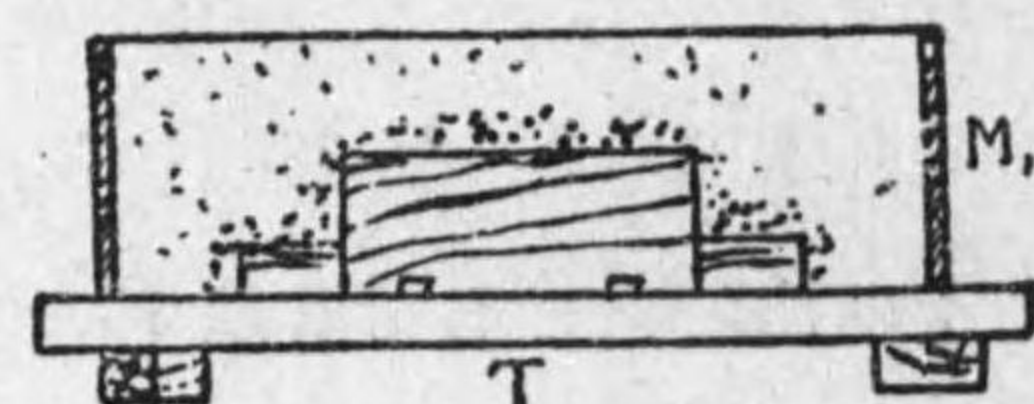
- (1) 込型又は現型 (2) 挽型又は廻し型 (3) 掻型
- (4) 中子取又は心型、等の種類がある。

5. 込型又は現型 (Solid pattern mould) と型込法

製品と略同形の木型に作るもので勿論縮み代、仕上代等を附けて置く。一個の木片で作るもの、二個或は三個に割つて作る割型、又數個の木片を附着せしめて作る組成型等がある。

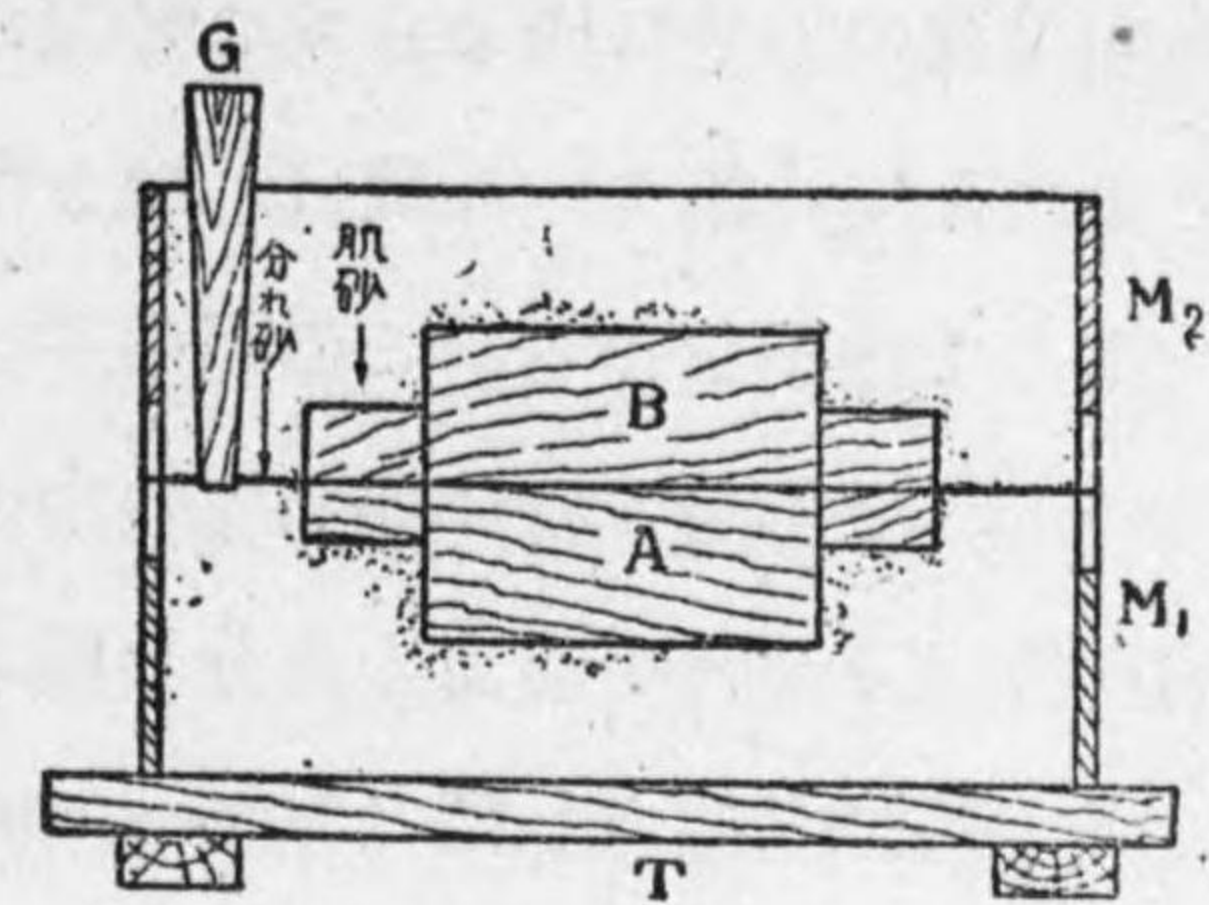


第 10-1 圖



第 10-2 圖

第 10-1 圖の工作圖により第 10-3 圖 A, B の様な二つ割の現型を作り割れ目にはダボを附けて嵌合せる。この現型により鑄型込めをするには先づ定盤の上に第 10-2 圖の様に下型を込めた後上向きに起し直して木型の他半及び上枠を重ねて適當に肌砂分れ砂、鑄砂を盛つて撞き固め

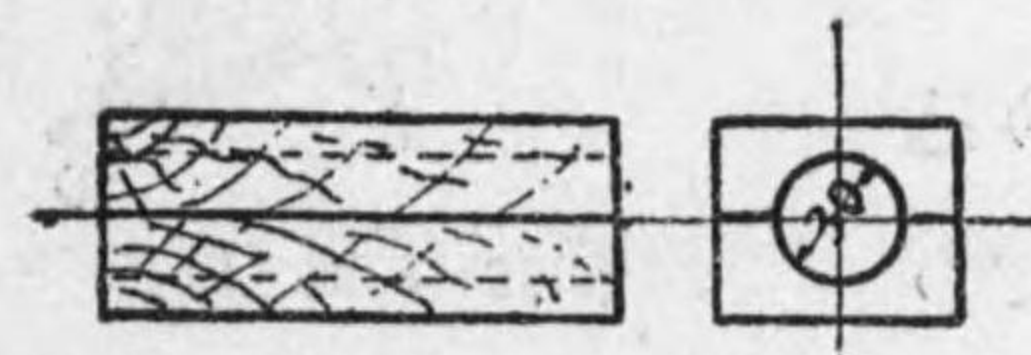
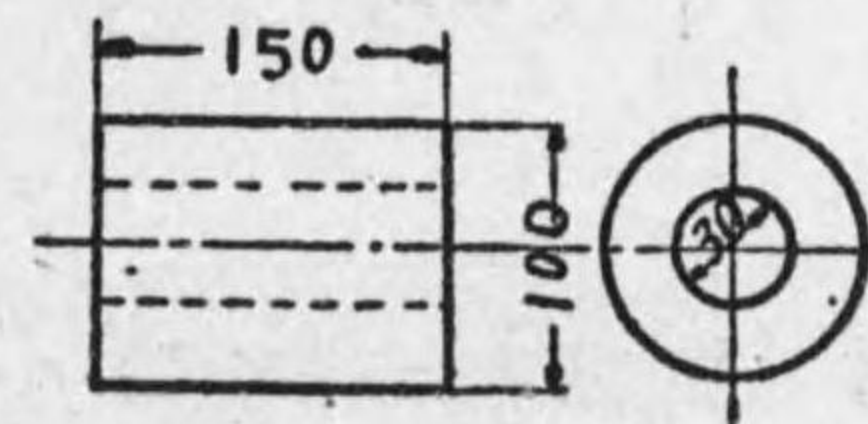


第 10-3 圖

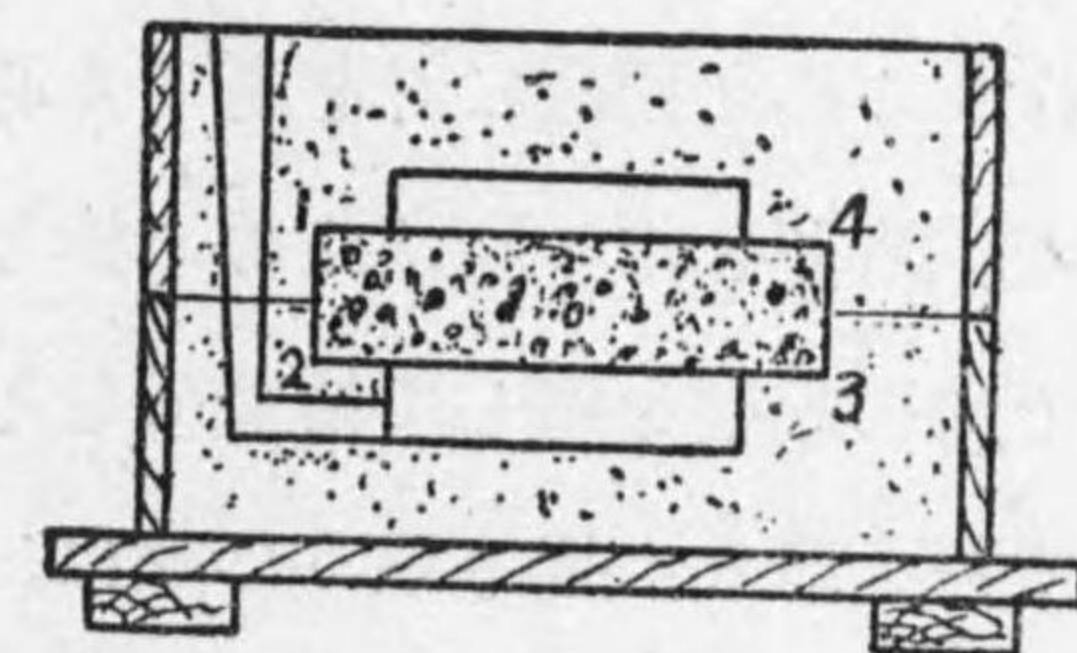
第 10-3 圖の如くした後一旦上枠を離して木型を取出し元の如く上下の枠を重ね合すと所要の鑄型を得られる。

6. 幅木及心取り

幅木及心取りは之を組合して鑄造物に鑄抜孔を作る爲の木型で、その方法は次の如くである。第 10-4 圖の工作圖の如き中空圓筒を



第 10-5 圖



第 10-6 圖

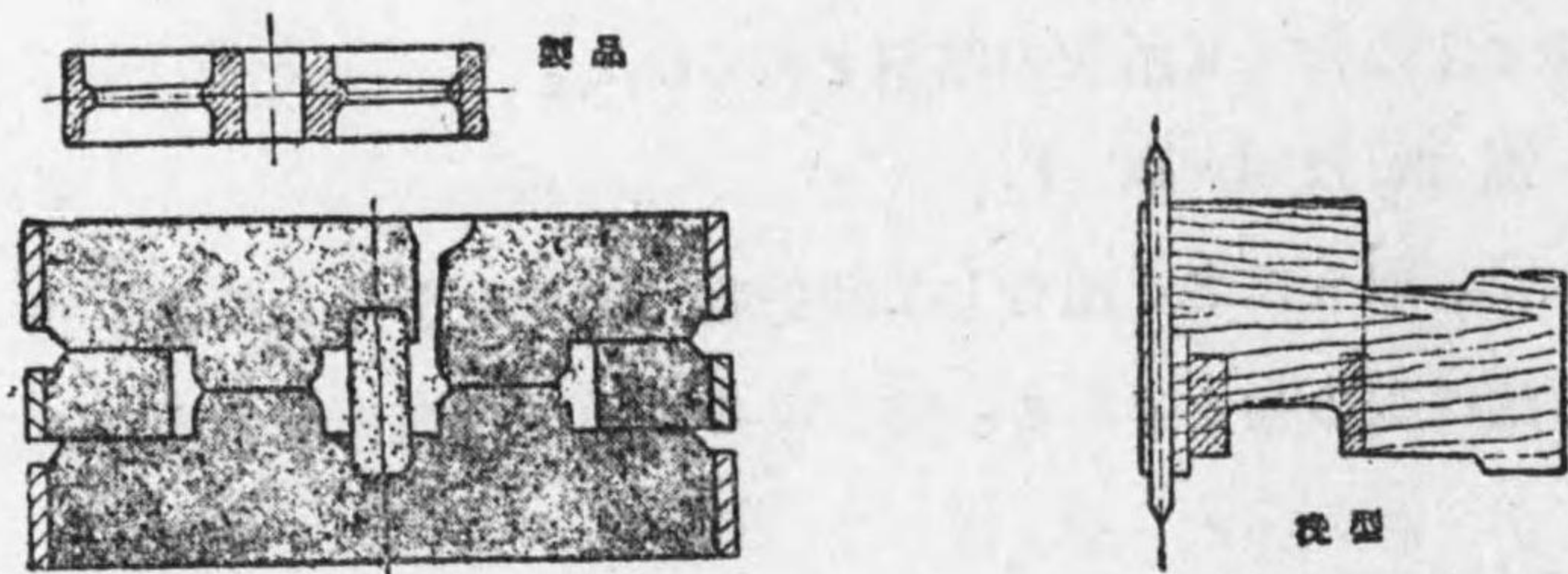
作るにその木型は全く前項と同じ現型を作り鑄型も亦同様の方法により同形の空洞を作り出し、最後に上下枠を重ね合す以前に別に心



取型で小圓筒棒状の心型を上質の鑄物砂(中子砂)で作前りの空洞の小圓筒孔の部分に嵌め合すこと圖の1234の如くした後上下の鑄型枠を重ね合す。第10—5圖は心取り型で下型の凹に中子砂を盛り上型で壓して中子を作る。この際中子を丈夫にするため中心に針金を入れる。之を心金と言ひ亦前述の中子を入れるために現型に餘分に左右に突出させた小圓筒の部分を幅木と言ふ。

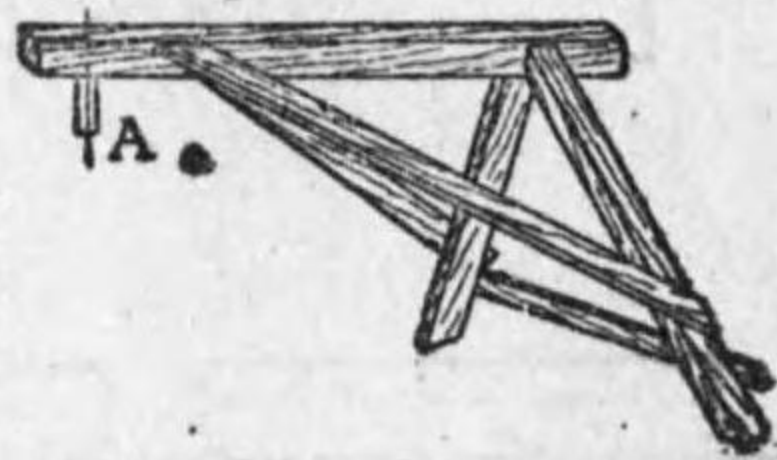
### 7. 挽型又は廻し型 (Sweep mould) とその型込法

調車、齒車等の廻轉體の木型を作るに厚さ10耗内外の板に切り込



第10—7圖 挽 型

を作りこれを両端に針を有する心棒に取付ける。鑄型を作る際はこの心棒を馬と心受金で支へ木型を廻して鑄造砂をその切り込みで掻き取る。掻き取りの際は、どろどろに溶いたマネをかけ乍ら型を廻して仕上をする。型が出来ると炭火又は乾燥爐に入れてよく乾燥する。



第10—8圖 馬

### 第三節 鑄 造 法

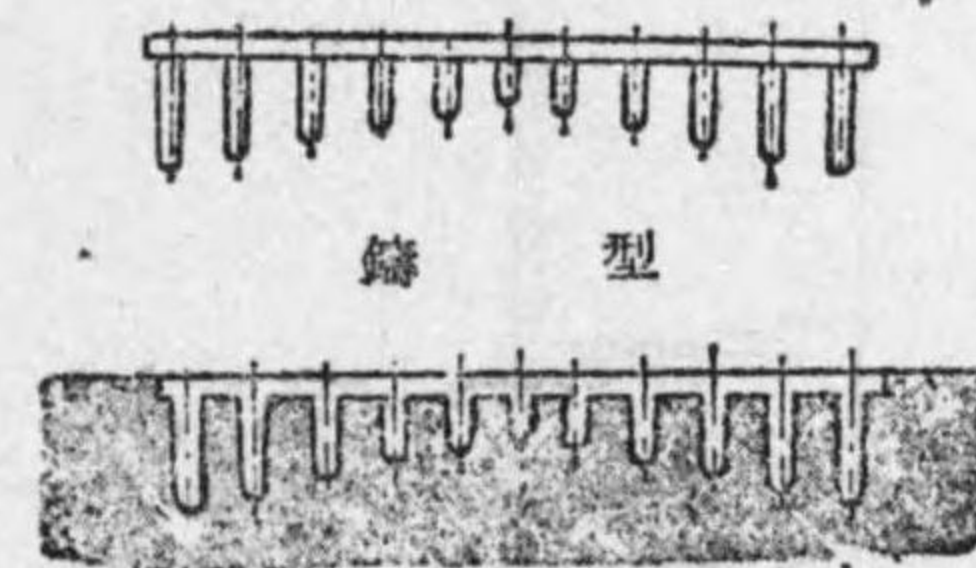
### 1. 鑄 造 Casting.

鑄造とは熔融せる金屬を鑄型に流し込んで所要の形狀を有する製品を得る方法である。

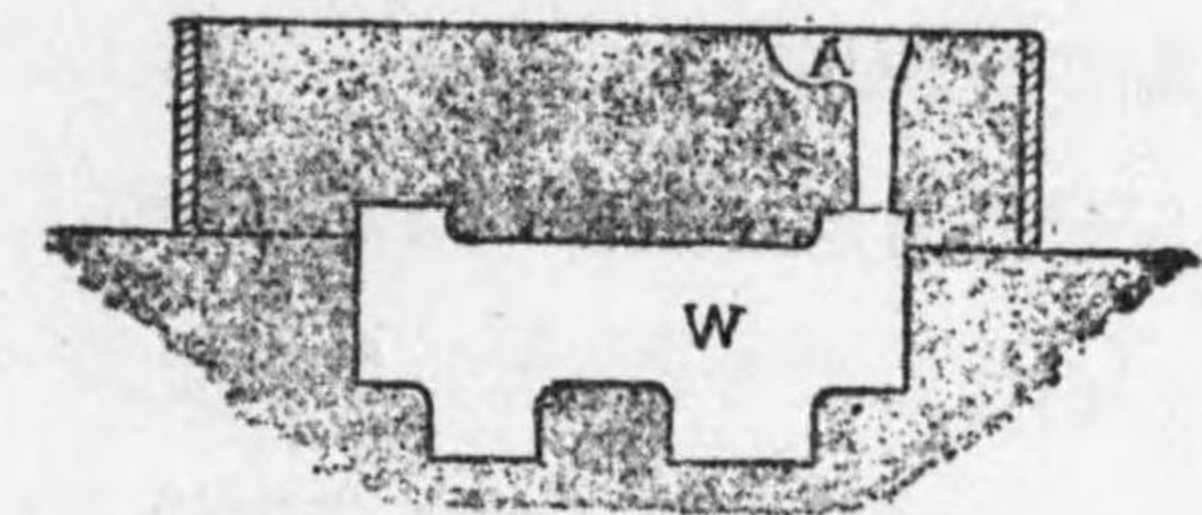
### 2. 鑄 型 の 種 類

熔融金屬(湯)を流し込むべき鑄型は最も普通に用ひられるものは砂型で時として金型を用ふることもある。砂型には枠を合はして作る合せ枠法、流しぶき法、床込め法等がある。亦用ふる木型の種類により現型、廻し型、搔型等。使用する砂により生型、乾燥型等に分類せられる。

流しぶき法 (Open Sand Moulding), この方法は床砂を適當の固さに搗固め木型を水平に込めて鑄型を作り湯を流し込むこと圖の如くする。この方法では湯の表面は空氣に曝されるため粗雑となる。



第10—9圖 流しぶき法



第10—10圖 床込め法

床込め法 (Bedding-in moulding), この方法は大型の鑄物及び下枠を省いて仕事をする際に應用せられ鑄型を床砂の中に作り上枠に湯口を作ること圖の如くする。

合せ枠法 (Box moulding), 前木型の節で詳細説明した如く上下の枠を重ね合はして鑄型を作る方法で最も廣く用ひられる。



### 3. 鑄物砂その他鑄型材料

鑄型に用ふる鑄物砂は型の作り易いこと、耐火性の大なること、発生ガスの通りがよい事等の三條件を具備すべきである。鑄物砂の成分中珪酸アルミナの多いものは耐火性高く、酸化鐵やマグネシヤの多いものは耐火性が低い。鑄物砂の産地としては川口、神奈川、神戸、平戸、天王寺等有名である。

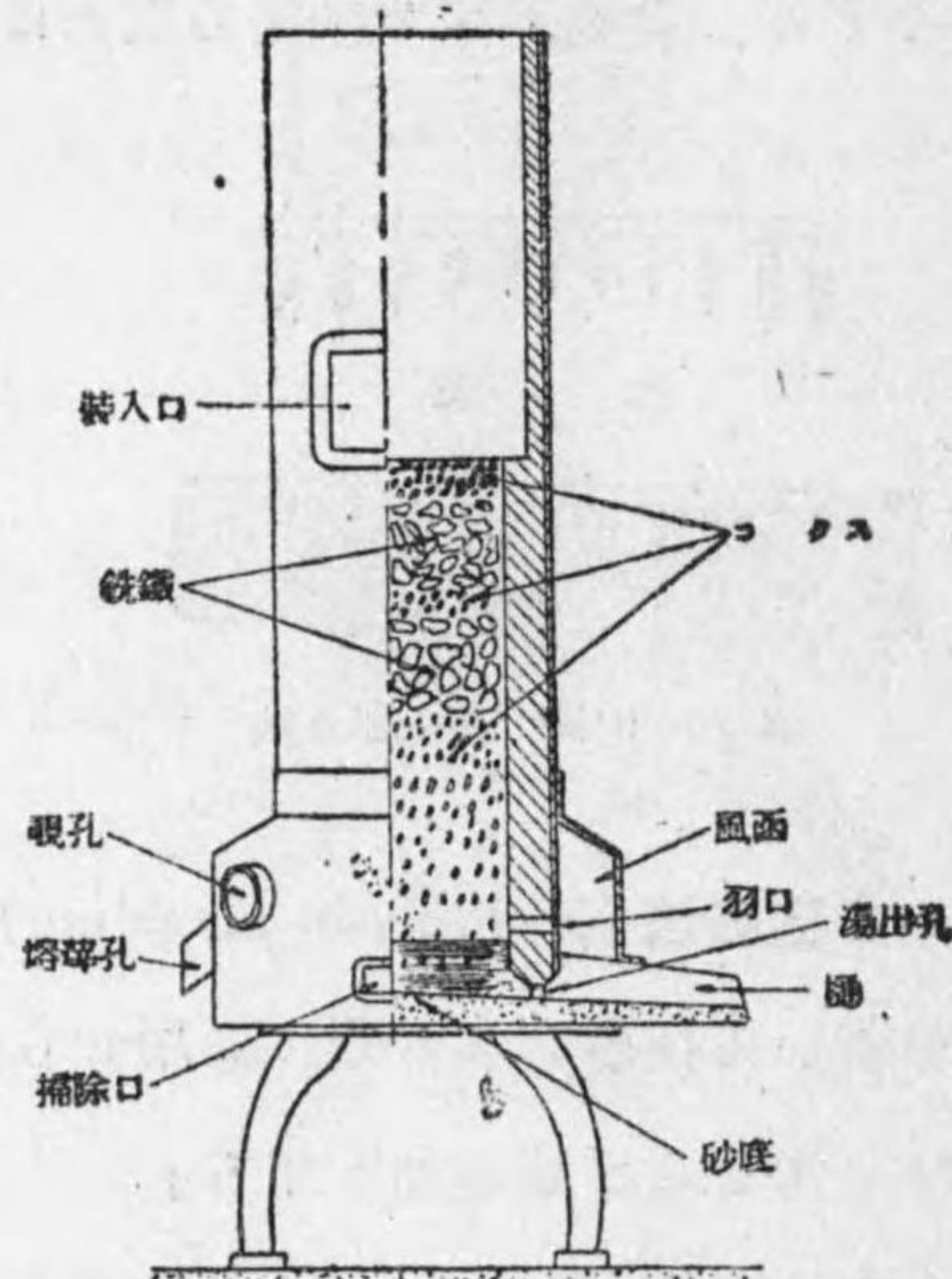
肌砂(Facing sand), 熔解金屬の直接觸れる部分即ち仕上り鑄物の表面になる部分に用ひられる砂で鑄肌の粗滑等はこの砂の良否に係する。

分れ砂 (Parting sand), 分れ砂は上下の型を合せたときその合せ目に用ふるもので後兩枠を離すとき容易に上下の鑄砂を分れ易からしめる。川砂、古砂の焼けたもの、木炭粉等をよく乾燥させて篩つて使用する。

塗型材料, 型砂が鑄肌に焼付かぬ様にすると共に、鑄肌を美しく砂離れを良くする爲黒鉛、石炭末、木炭末等を鑄型表面に塗る、これ等は主として乾燥型に用ひられる。

### 4. 銑鐵鑄造

銑鐵鑄造用としては新しい銑鐵の外前の鑄屑及び吹損じ等30



第 10-11 圖 キューボラ

%内外と軟鋼屑(鐵 $\times$ ロ)5%以上を加へるのが普通で、また銑鐵は熔融せるとき外氣中の酸素その他種々の有害ガスを吸収して凝固の際巢を作る原因となるからこれらのガスを除くため珪酸鐵、マンガン鐵等の脱酸劑 (Deoxidizing agent) を銑と共に混じて熔融する。媒熔劑は熔融せる鐵中の酸化物、夾雜物と結合して熔滓(Slag)を作り爐底に下降するから時々之をキューボラより排出する。媒熔劑としては石灰石、螢石等用ひられコークス量の15~20%位で充分である。銑鐵熔解用の爐としては専ら第 10~11 圖の如きキューボラ (Cupola) 又はコシキ爐が用ひられる。材料は銑鐵、コークス、媒熔劑等を交互に装入口より投入して送風機により送風す。時々熔滓孔を開いて熔滓(ノロ)を排出し、爐底に溜つた湯は湯出口を開いて取瓶に受けその上に藁灰で覆ふて湯の酸化と溫度下降を防ぐ。湯を鑄型に鑄込むには、鑄型を床砂の上に水平に置き湯口を注入し易い様に並べ錘りを載せて取瓶より流し込む。銑鐵鑄造の際の熔解溫度は1400°C、鑄込溫度は1300°C 位が適當である。

### 5. 鋼鑄物 Steel Casting.

鋼鑄物はその熔解溫度が高く、従つてガスの發生多く巢が出来易い。

且流動性少く、收縮性が大であること等の爲相當困難で、肉薄の鑄物には不適當である。鑄型は高溫に耐える爲に珪酸分の多い砂で作られ塗型材料も耐火度の高い石粉等を用ひ湯口は充分高く太く作つて置く、型は乾燥型を用ひ爐から取出して熱い内に湯込をなし、冷却凝固後は800°C 位で10時間程焼鈍して内部歪を除去する。



## 6. 可鍛鑄物 Malleable Casting.

可鍛鑄物は肉薄の小物に適しパイプ接手、靴裏鉄等に作られ白銑を溶解爐にて溶解して生型に鑄込み冷却後砂落とし等を施した後白心可鍛鑄鐵は焼鈍ポット(鑄鐵の輪を重ねて箱形にせるもの)の中に酸化鐵と共にこれらを入れ、合せ目を粘土で塗りつぶし空氣の入らぬ様ポットを密閉して焼鈍爐に裝入し、 $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ の溫度で3~5晝夜位加熱すると鑄物の外皮は脱炭せられて白色の粘性強き軟鋼に類するものを得られる。黒心可鍛鑄物は白心の場合と同様原料を生型に鑄込み焼鈍ポット (Annealing pot) に入れ  $850^{\circ}\text{C}$  で約二晝夜加熱して焼鈍すると化合炭素中の炭素は小微粒となつて分離し粘氣を増し鋸で打ち曲げることを得る。而して普通の銑鐵鑄物はその分離炭素が鱗狀の小片を成して鑄物中に介在しこれが爲め裂目を生じ易くこれが脆性の原因となるものと考へられる。前記溶解爐にキューボラを用ふれば溶解の途中不純物を吸収して粗惡な製品が得られ反射爐、電氣爐等では上質のものが得られる。

## 7. 半鋼鑄物 Semi-Steel.

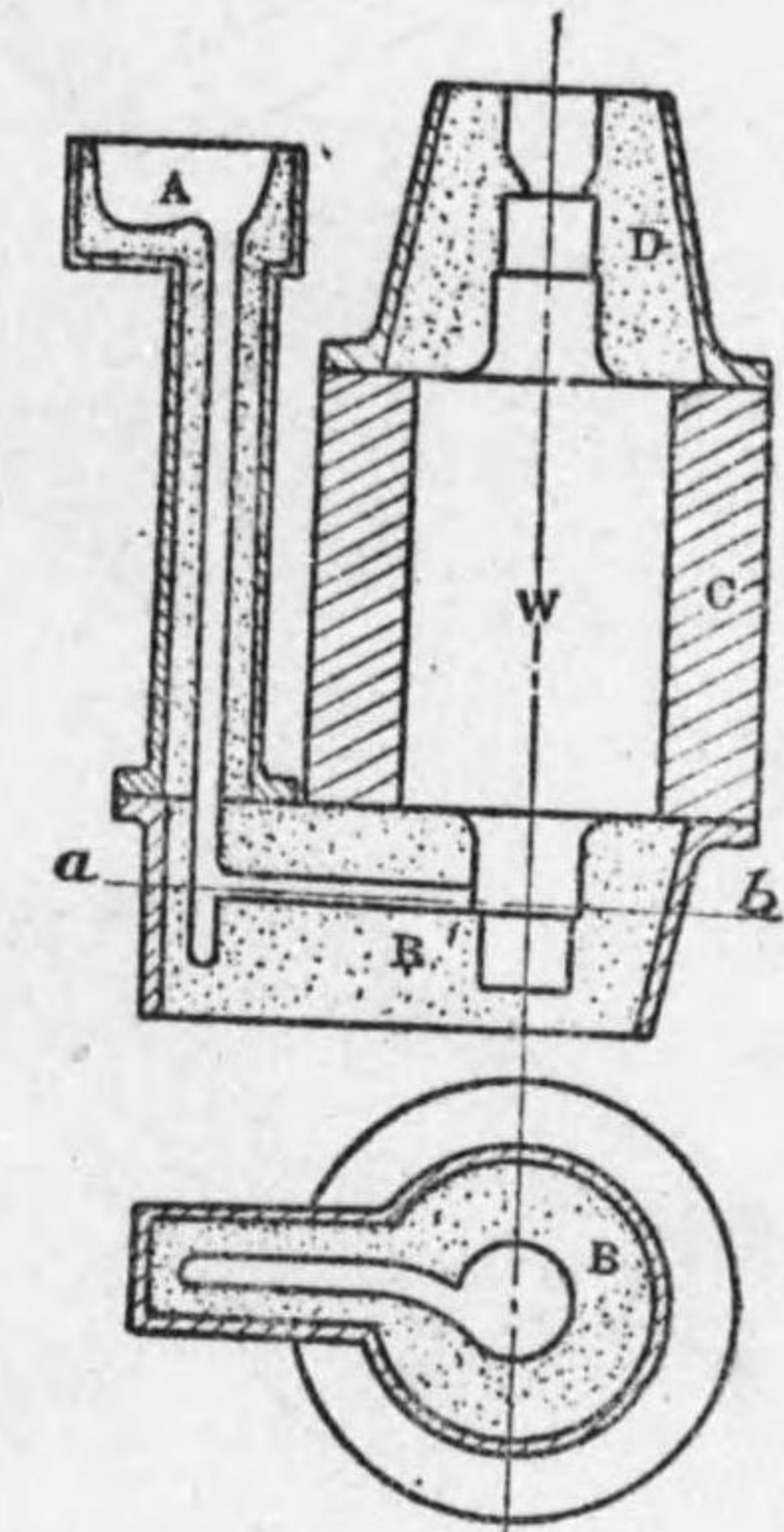
一名鋼モドキとも言はれ普通銑鐵鑄造の際25%内外の軟鋼屑を混じて熔融すると大いにその強度を増加する。熔融の際硅素鐵、滿僚鐵又は少量のニッケル等を混じてその性質を一層良好ならしめる。

## 8. チルド鑄物 Chill Casting.

鼠銑鐵を熔融して急冷すると高溫にて化合状態にある炭素が黒鉛(微粒の炭素)を分離するいとまなく化合炭素はそのまゝ残り所謂白銑となる。此の理を應用して鑄物の表面を特に硬くする場合に行ひ

これをチルを入れると言ふ。

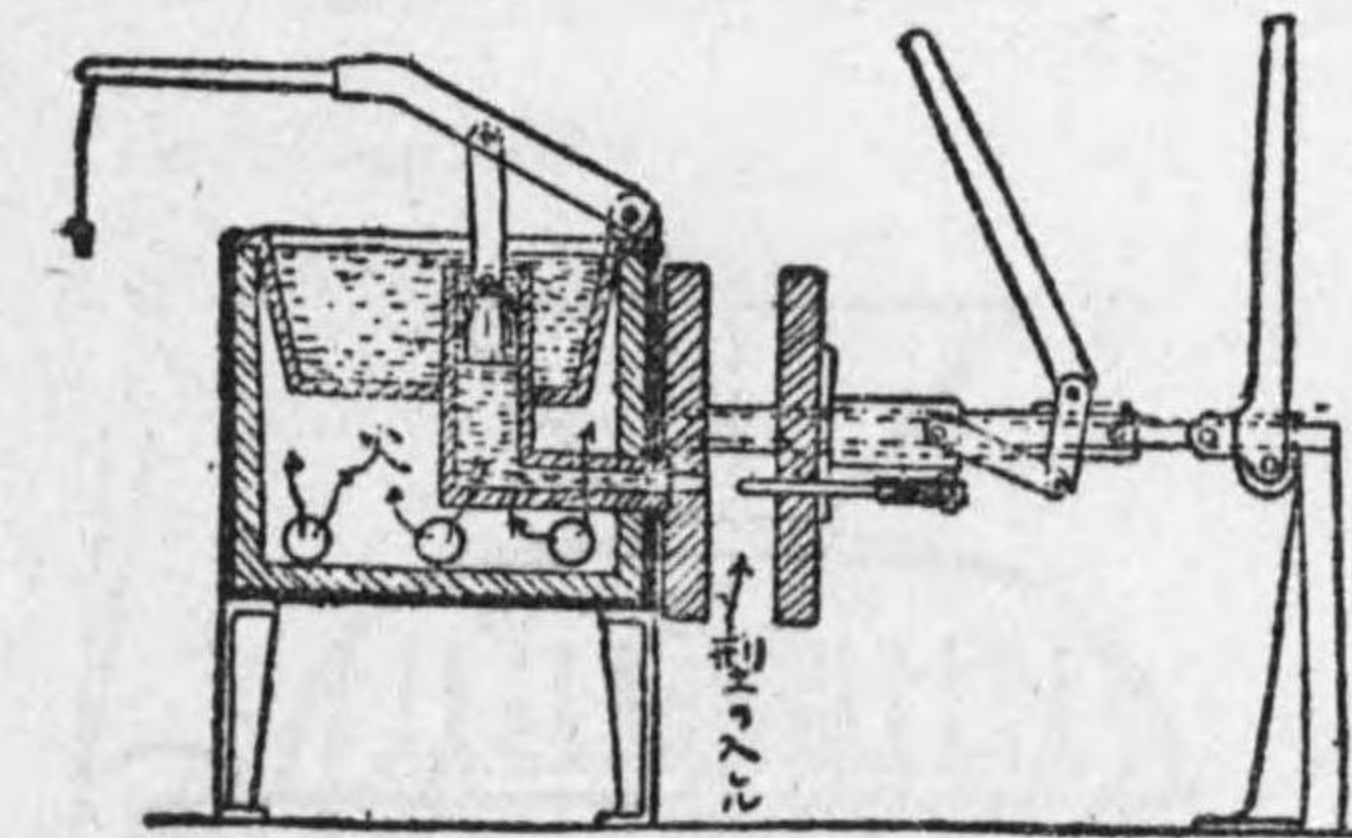
この鑄型は砂型と金型を組合せ一個の鑄型としチルを入れる面に金型を用ふると其の部分は急冷せられ硬き性質を得る。圖はロールWのチル鑄型でCの部分を金型とし他の部分は砂型にして湯口Aより湯を鑄込む。鑄込前の金型の溫度は $60^{\circ} \sim 70^{\circ}\text{C}$ が適當で砂型の部分は多く乾燥型を用ひる。



第10-12圖 チル鑄型

## 9. ダイカスト Die Casting.

正確に仕上げた金型中に湯を機械で壓入して鑄造する方法で、熔融點の低い金屬に限り用ひられ且、金型を作るに高價を要する故小物で製品の個數大なる場合に應用せられる。圖は熔融せる金屬をポンプで型内



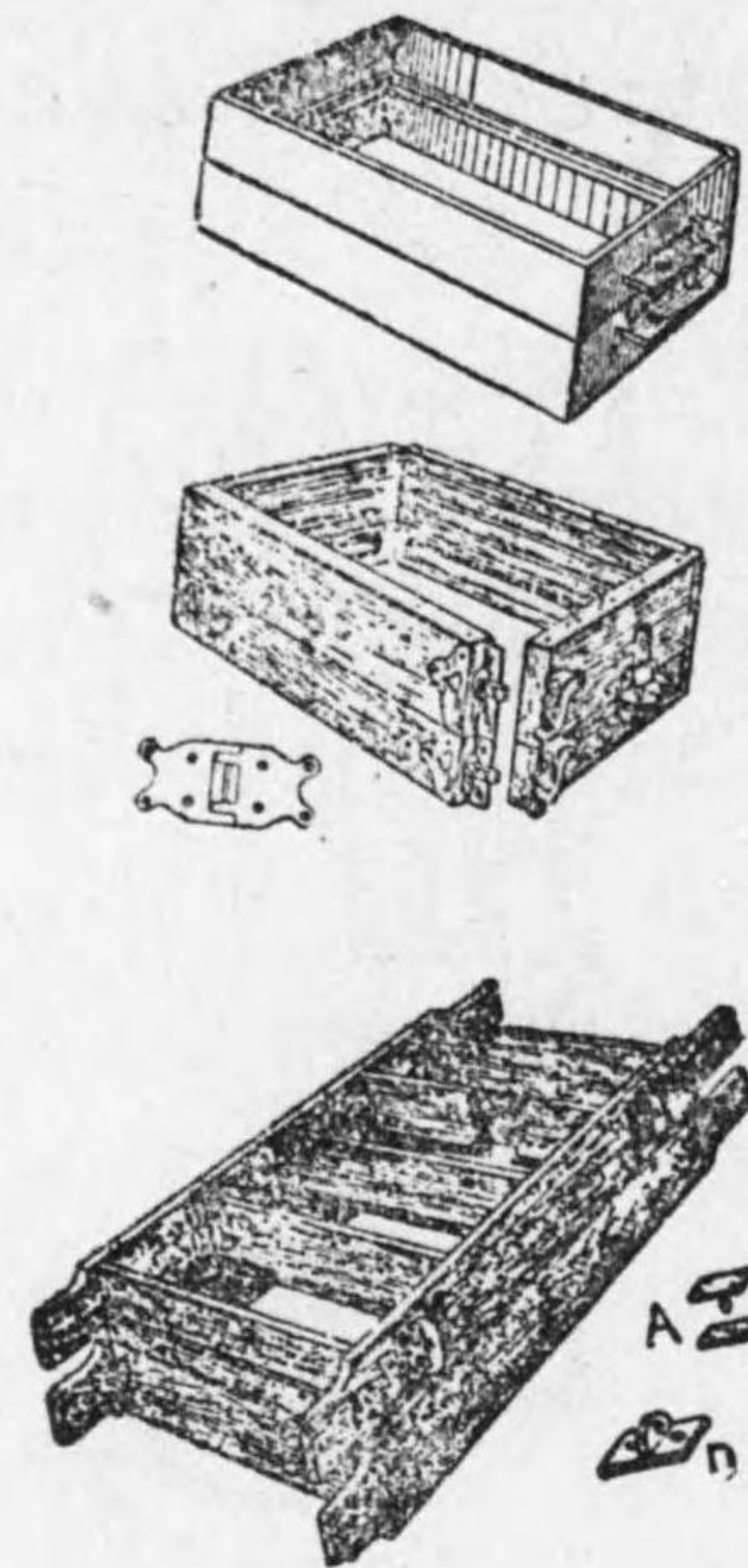
第 10-13 圖 手動式ダイカスト機械

に壓入する装置を示し、殆んど仕上の必要な程度に正確な寸法を得られる。タイプライター、事務用品、その他小機械部分品等に用ひられる。

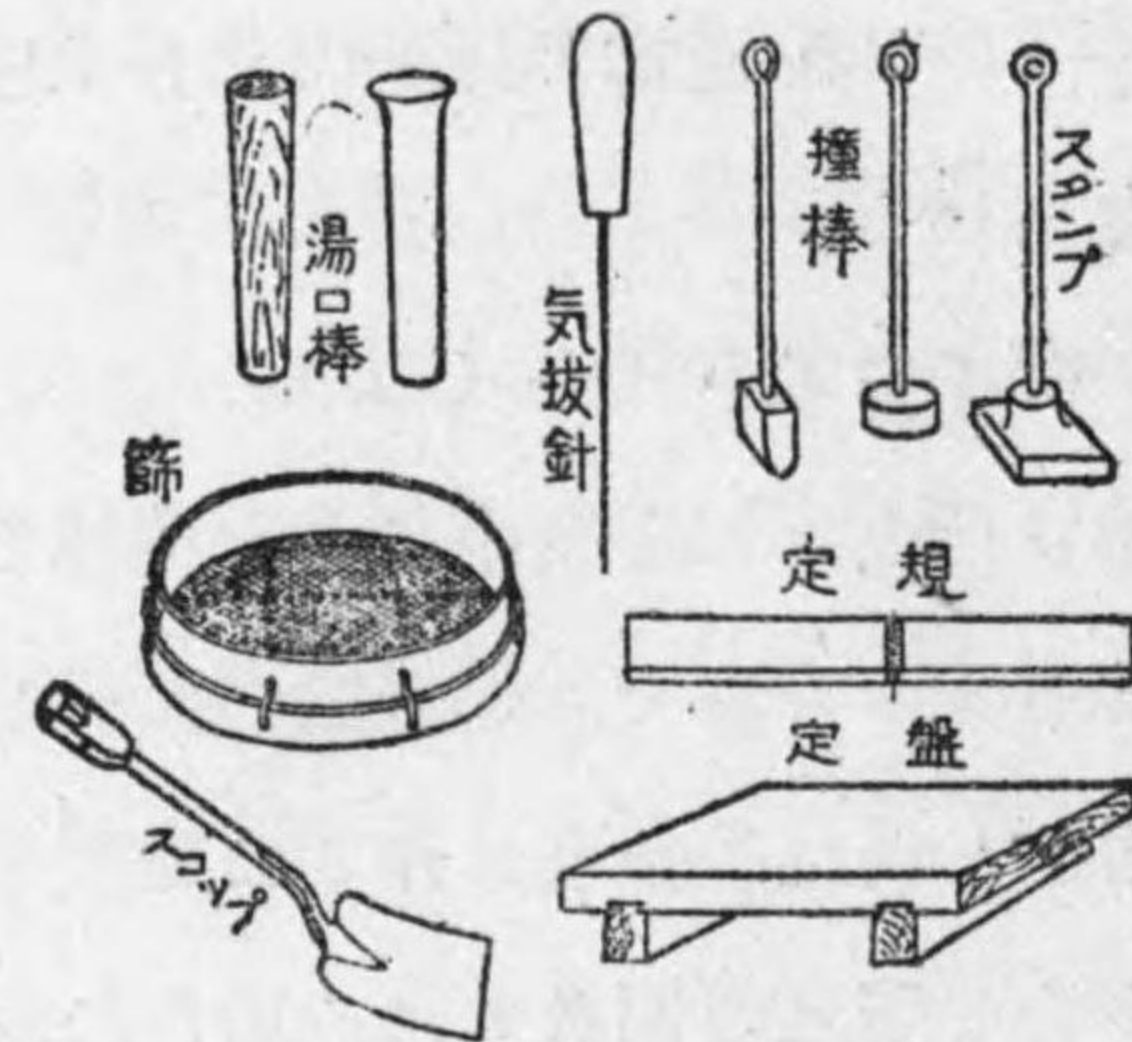
## 10. 鑄造用器具

鑄物用として用ひられる器具は次の様なもので、その他種々の機械が考案されて居る。

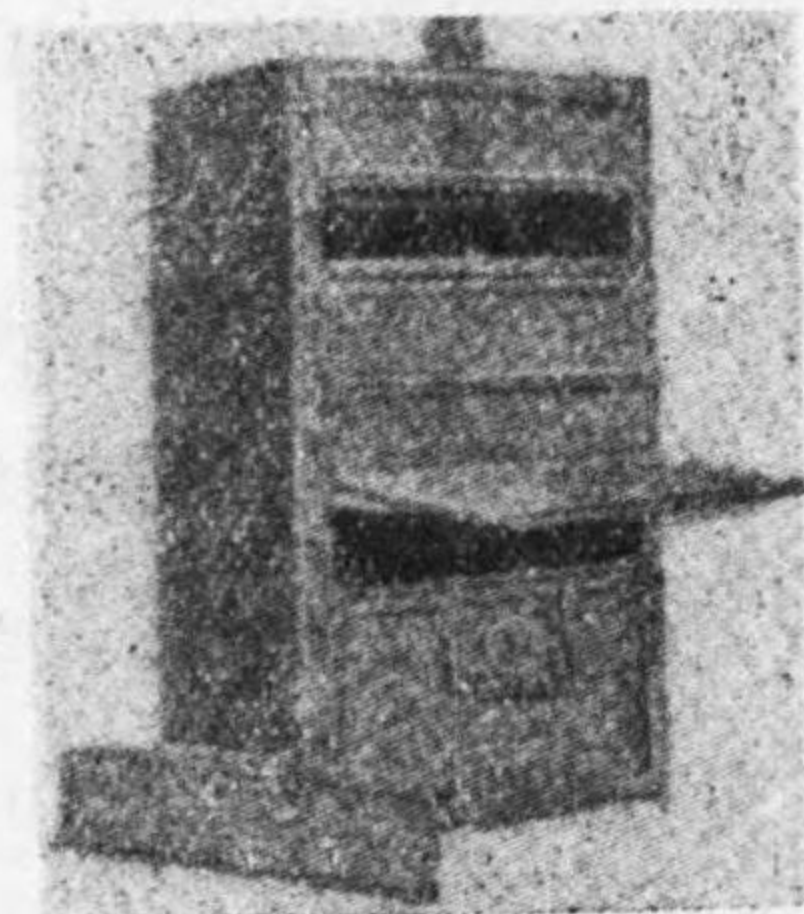




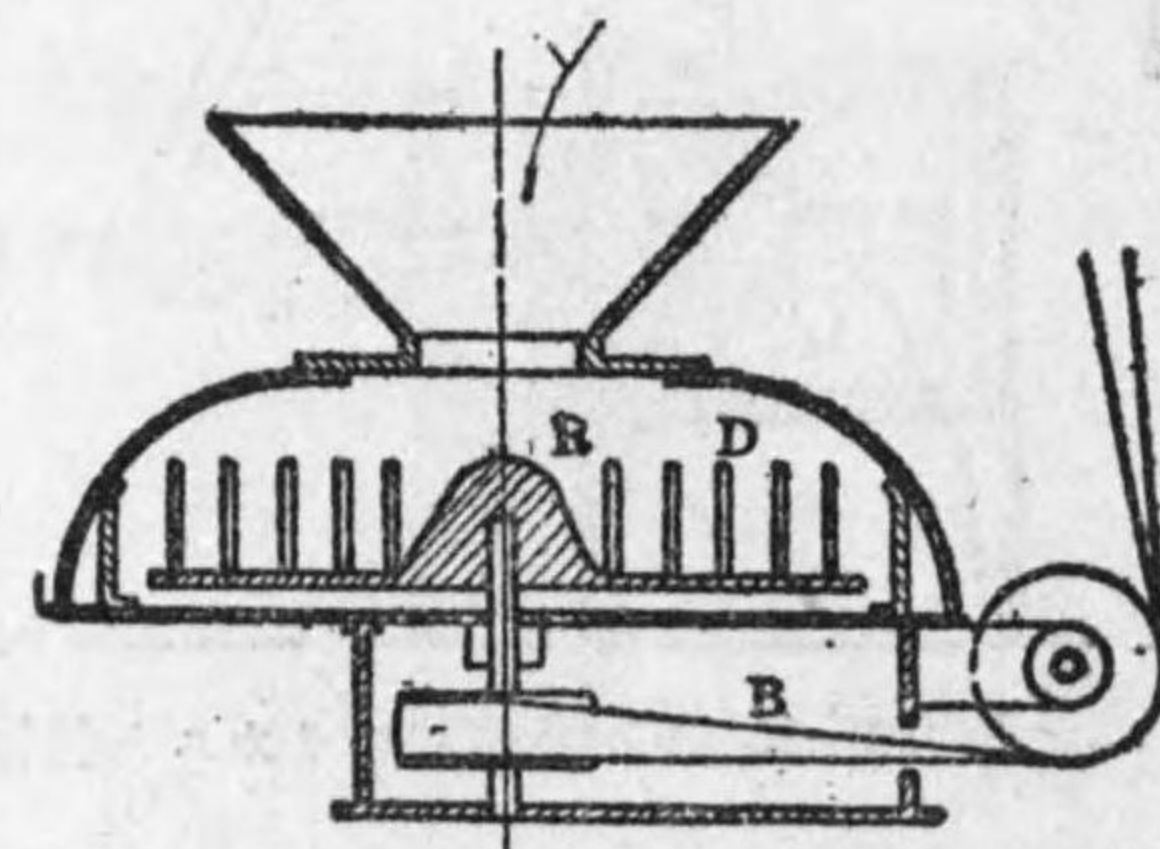
第 10-14 圖 鑄 型 枠



第 10-15 圖



第 10-16 圖 中子乾燥爐

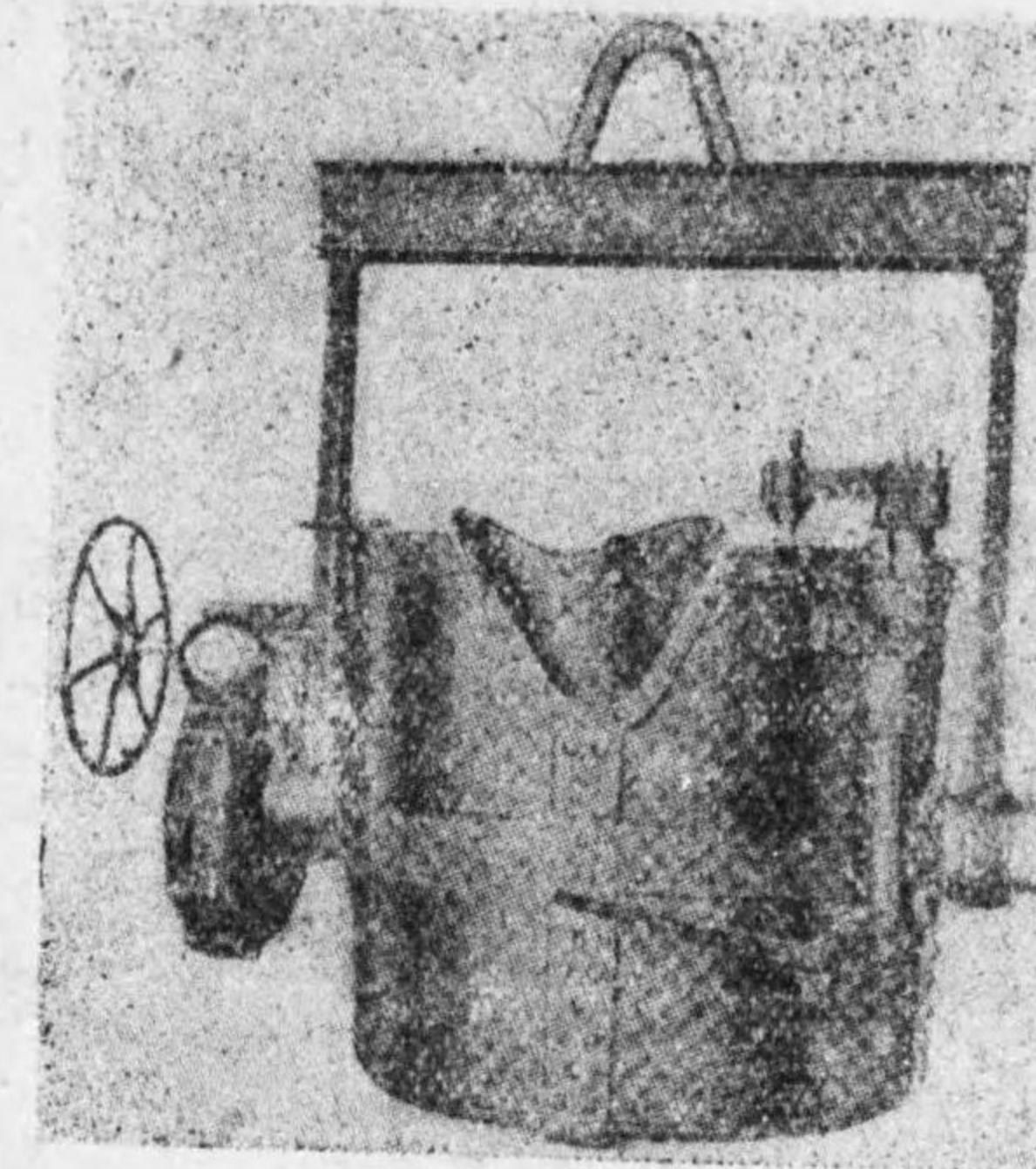


第 10-17 圖 砂 混 機

### 第四節 鍛 治

#### 1. 鍛 治 Forging

金屬の延性、展性を利用し之を赤熱して槌打をなし所要の形狀に作り出すことを鍛治又は鍛工或は火造りとも言ひ、正確な寸法を得難いが粗大な金屬の粒狀結晶組織を押し潰して微細な片狀のものとして、且互に入り組みしめる爲金屬の強靱性を大いに増加する利益がある。



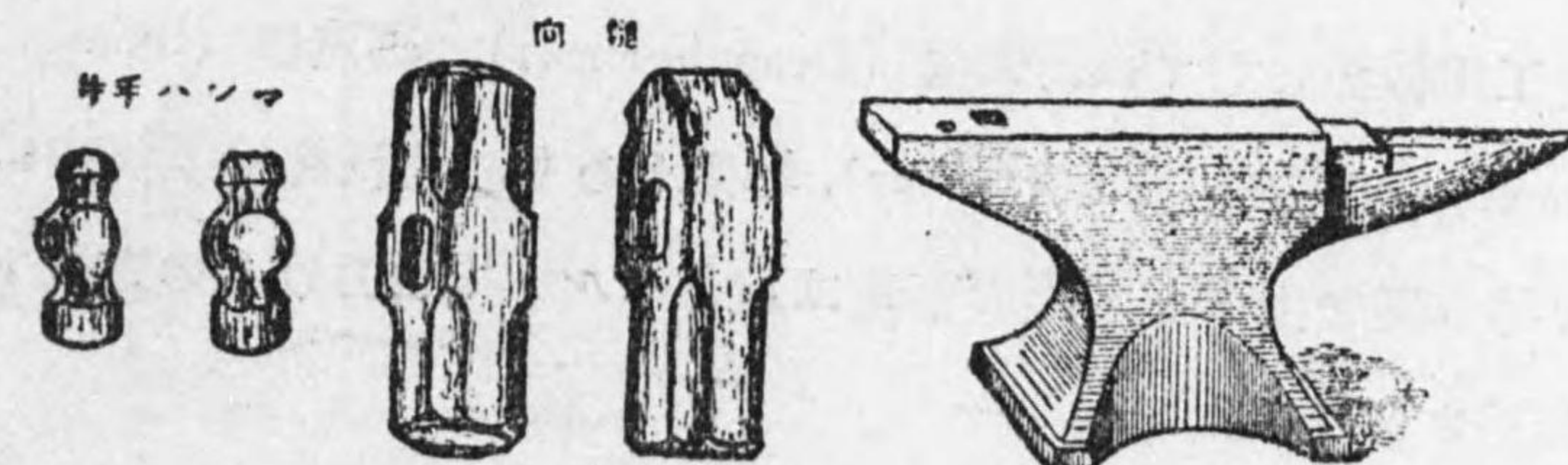
第 10-18 圖 大型トリベ



第 10-19 圖 杓

#### 2. 鍛治用工具及機械

大物の鍛練は動力鎚で行ふが小物鍛治には工作物を金敷 (Anvil) の上に置いて片手ハンマ、

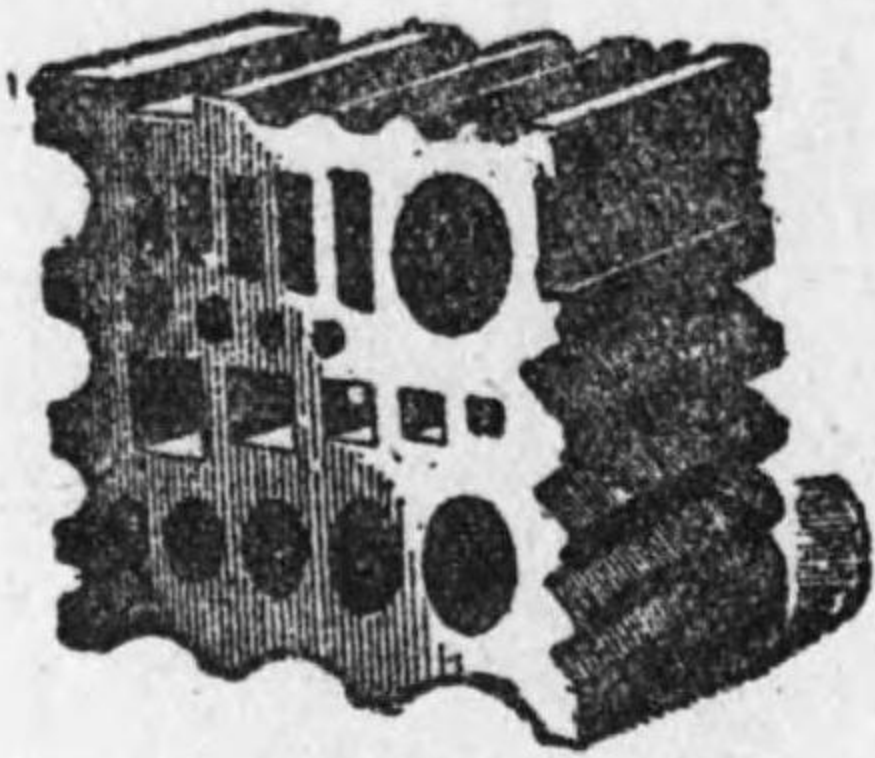


第 10-20 圖 ハ ン マ

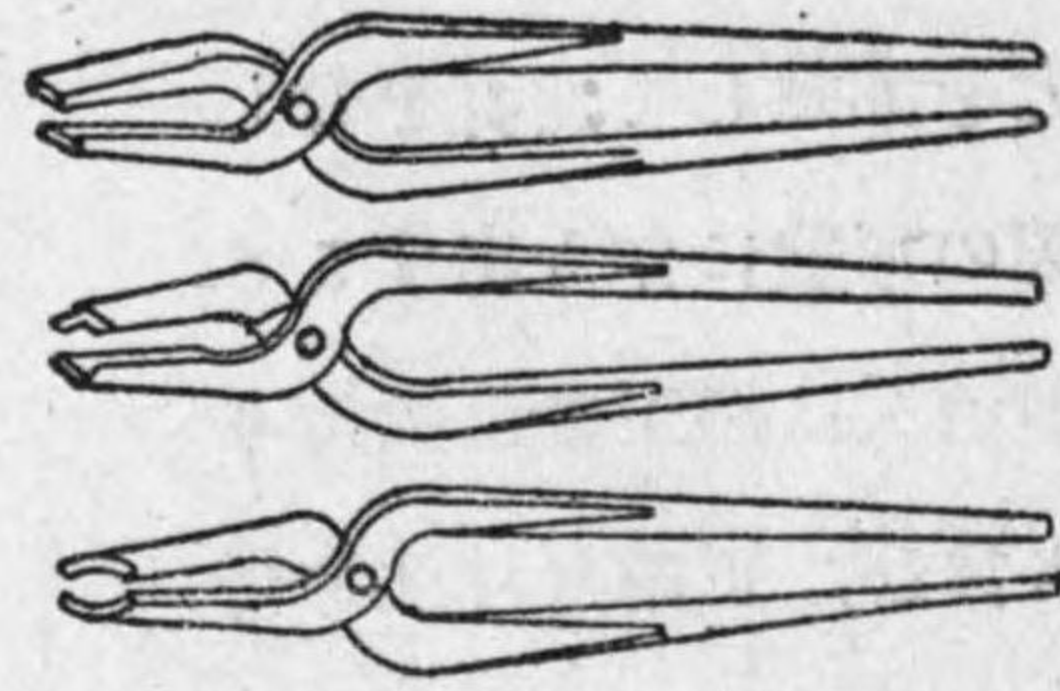
第 10-21 圖 金 敷



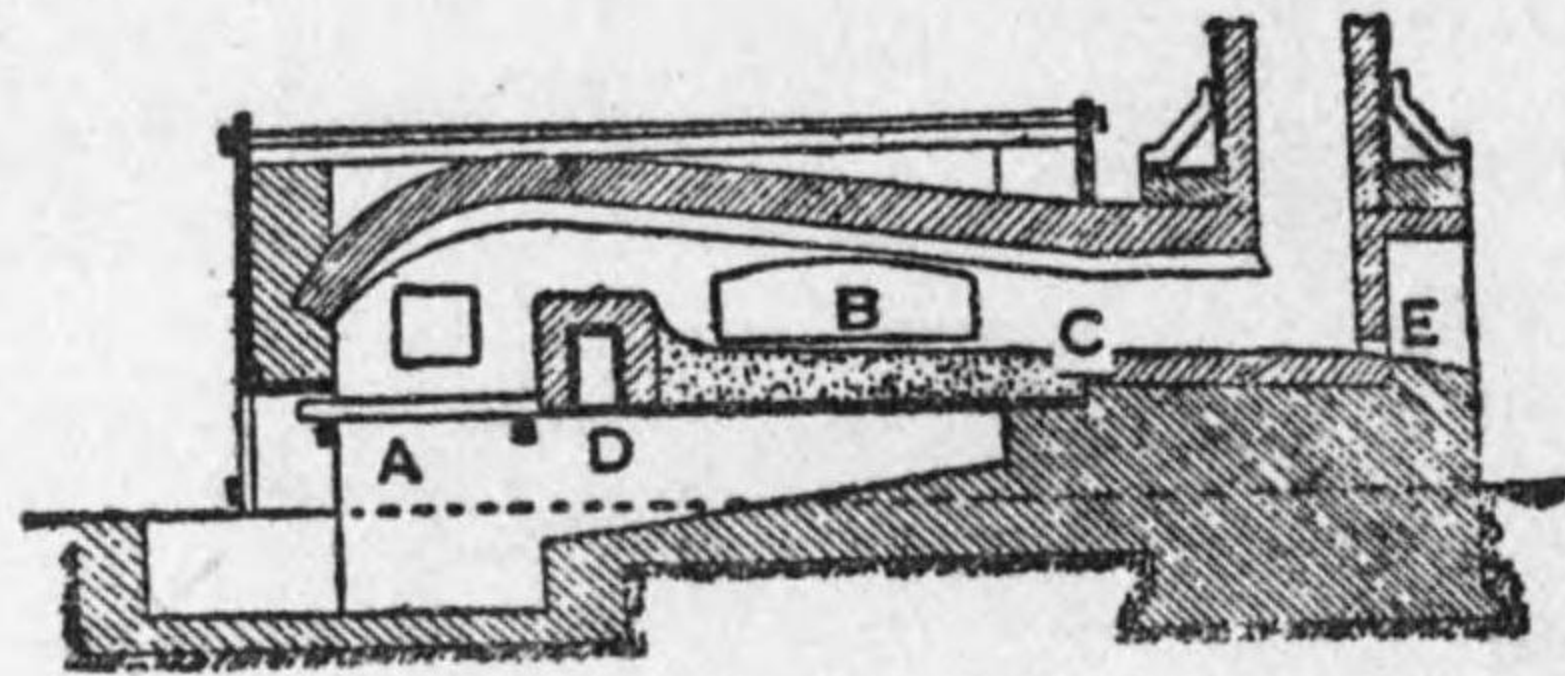
向錘等で打錘して行ふ。蜂の巣は多くの孔を有し工作物又は工具の下型を挿込み主として金敷の補助として用ふる。



第 10-22 圖 蜂の巣



第 10-23 圖 火 箸

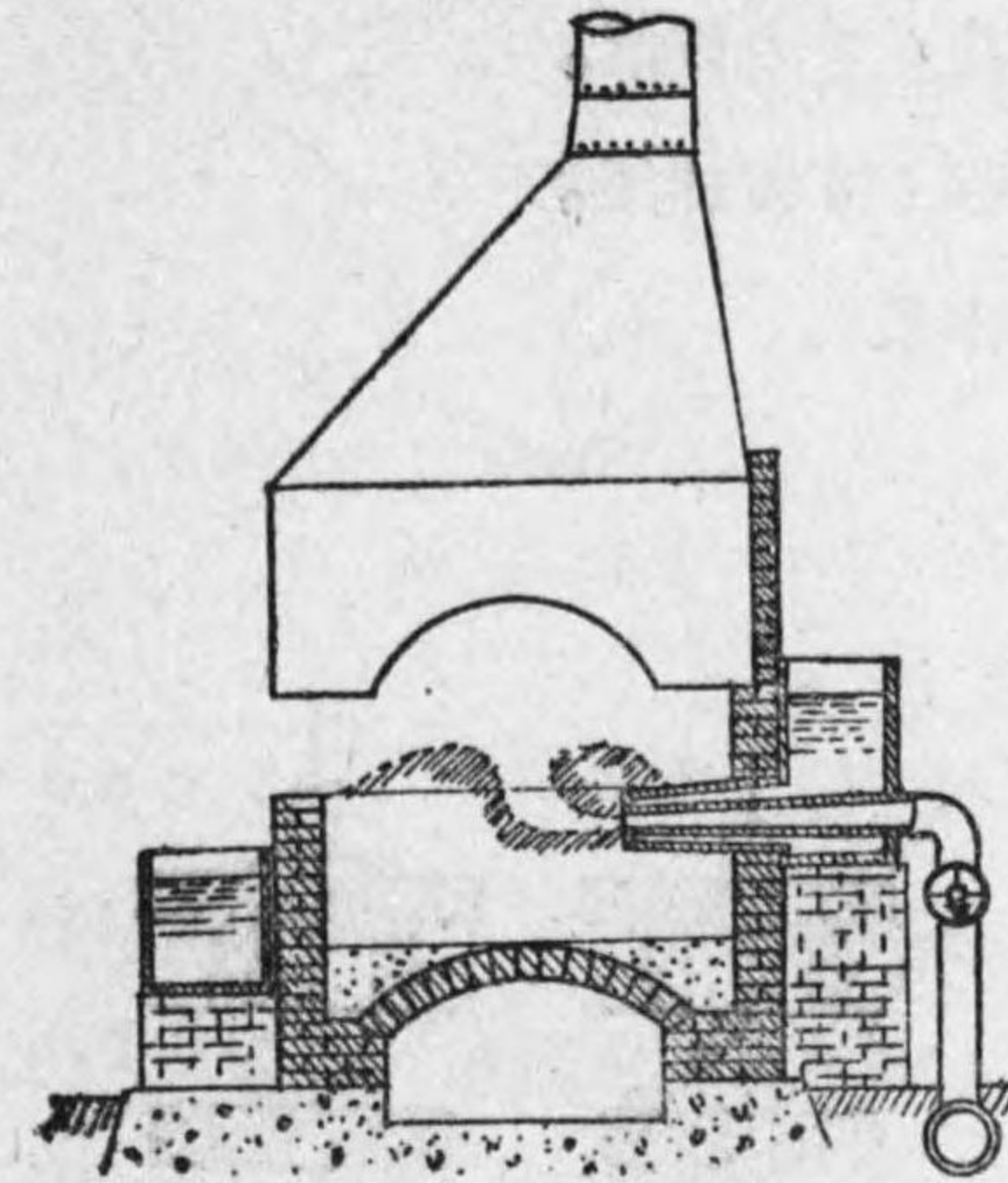


第 10-24 圖 反 射 爐

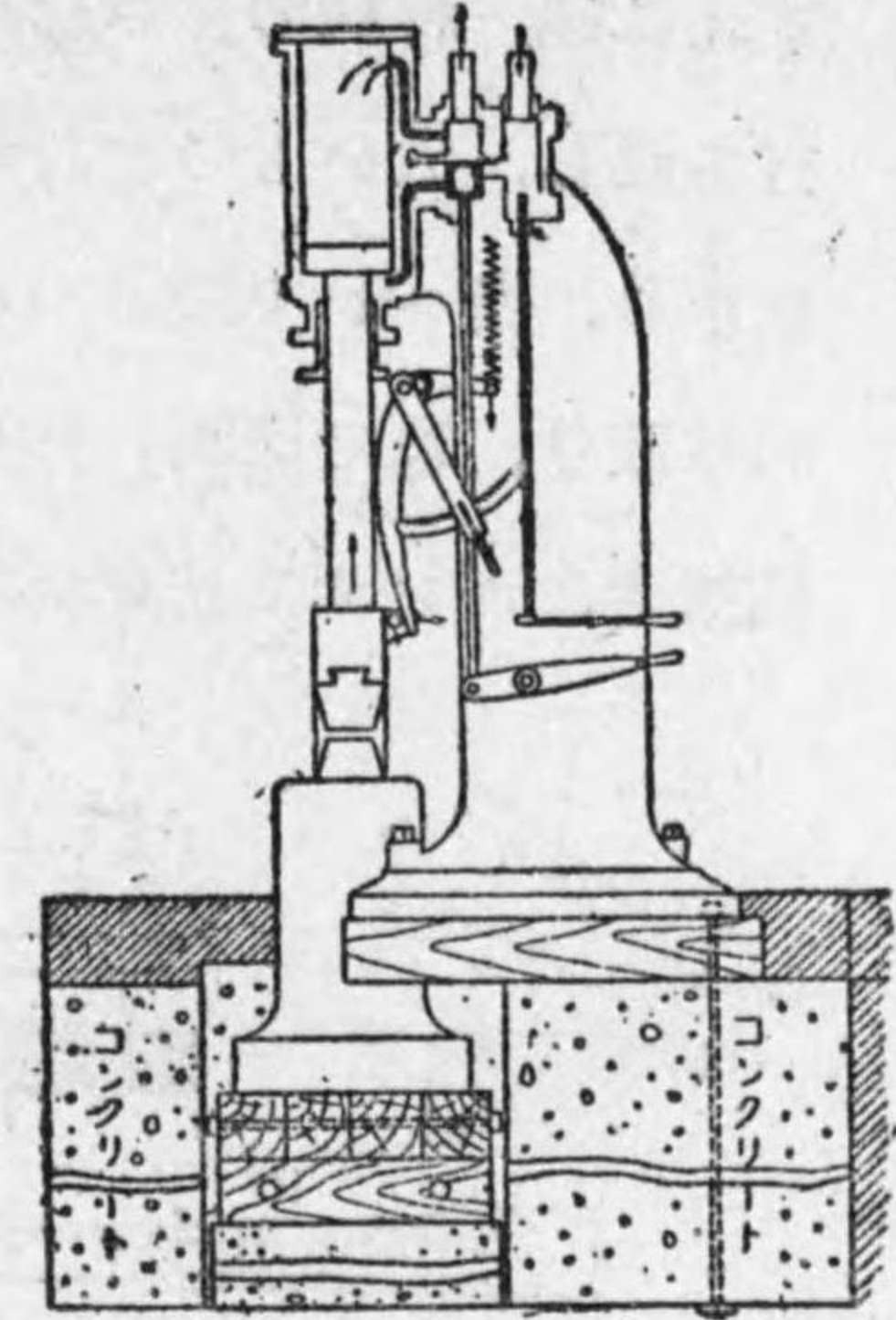
工作材料加熱用の爐として普通用ひられるものは火床で一方より羽口を覗かせて送風する。大物火造りには石炭、瓦斯、重油等を燃料とする反射爐を用ふ。これは加熱が均一で燃料が直接材料と接觸することが少く材質を悪くする様なことは少い。

鑄工用機械としては、落錘 (Drop hammer), 蒸汽錘 (Steam hammer), 空氣錘 (Air hammer), 等種々あり、蒸汽錘は氣筒内に蒸汽を導き錘を上下し、圖の落錘は錘をベルトで引上げその重量で自然落下せしめる。

3. 鍛 治 法

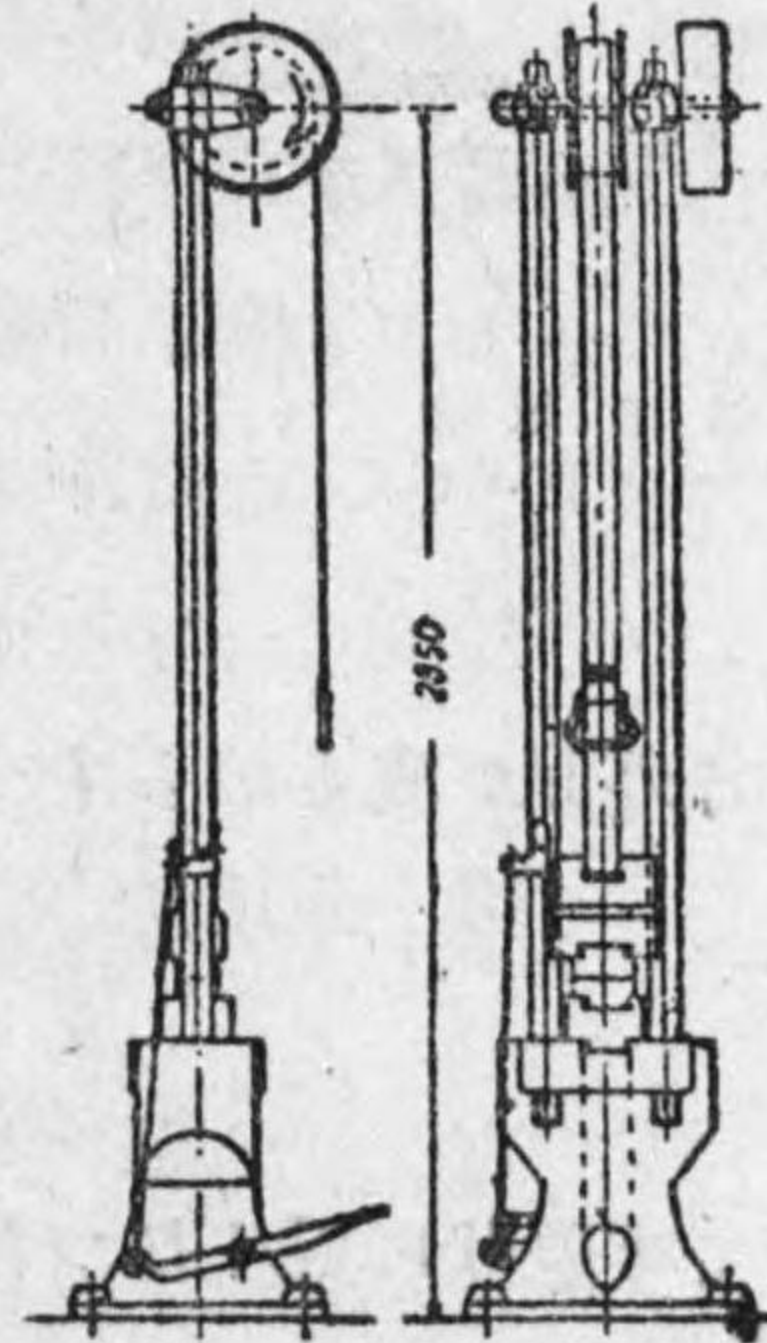


第 10-25 圖 煉瓦積火床

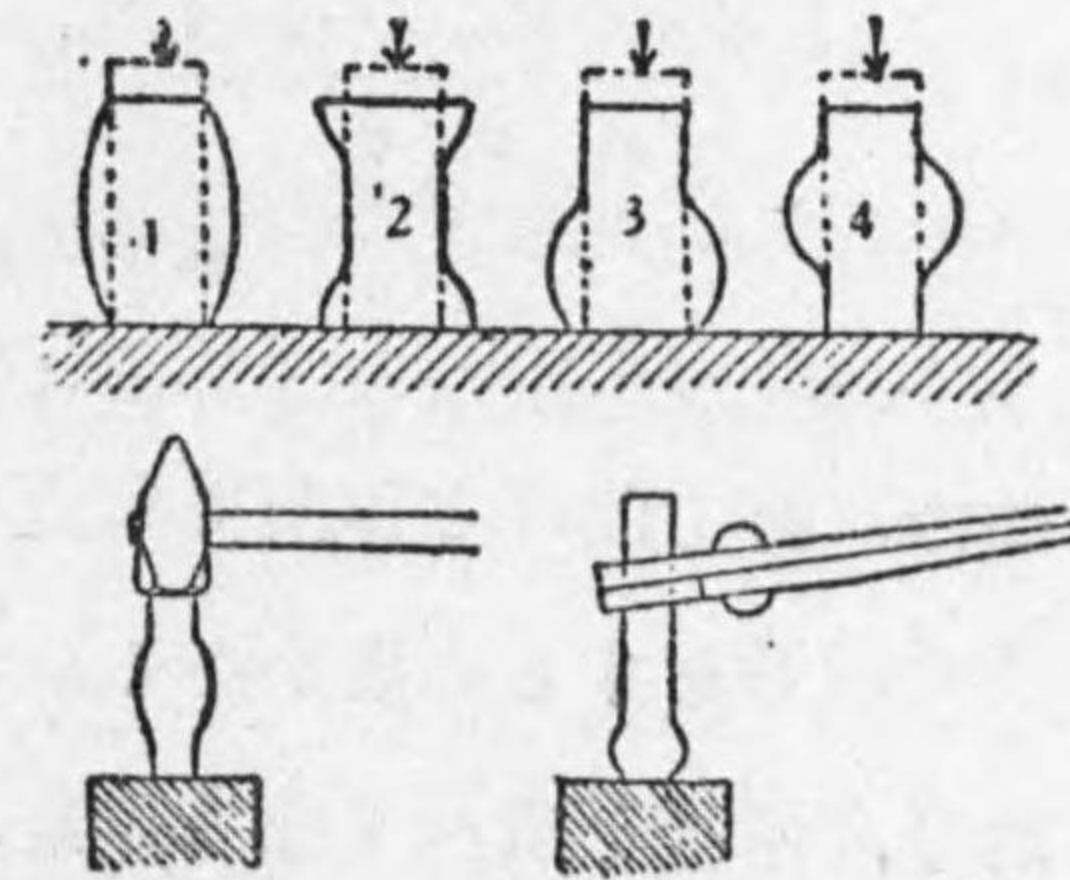


第 10-26 圖 蒸汽錘

先づ工作圖より必要の體積を見積り地金取をなし、次に材料を加熱して次の如き基本鍛治作業を適當に組合はして所要の形狀に作り出す。



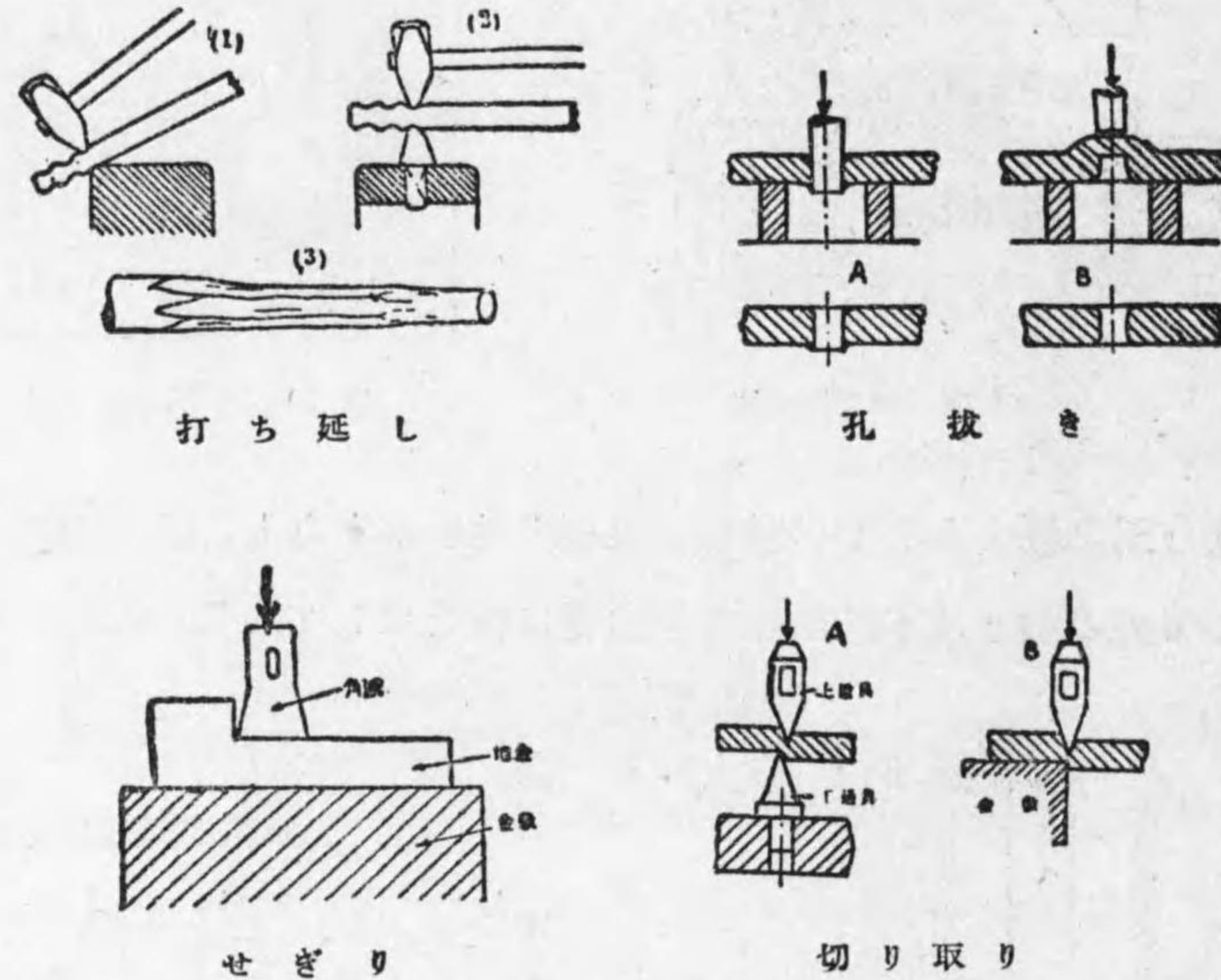
第 10-27 圖 落 錘



第 10-28 圖 すえこみ



すえこみ, 材料の長さを縮めて太くする作業。  
 打ち延し, 太いものを打延ばして長くする作業。  
 せぎり, 角ヘシで段をつけ一部を細くする作業。  
 切り取り, 鑿で切斷し形を整へる作業。  
 孔抜き, ポンチで孔を打抜く。

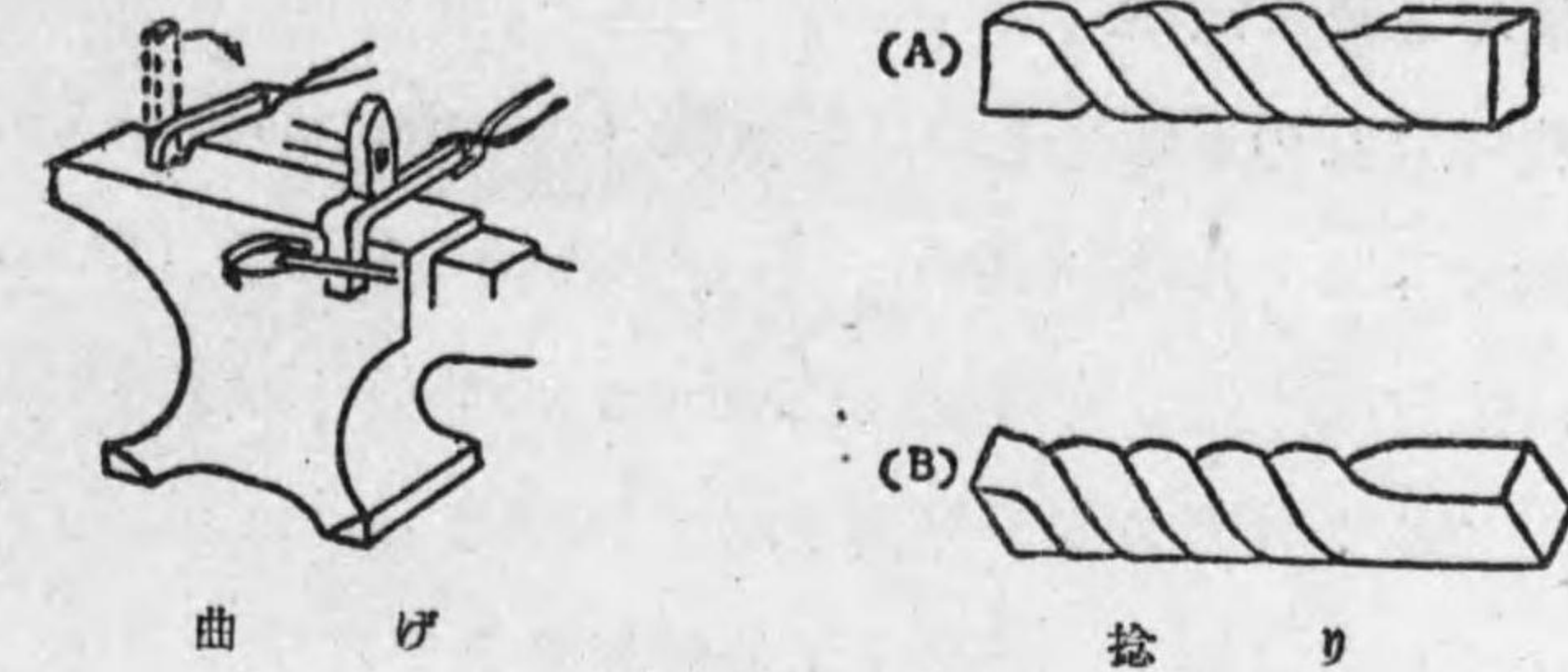


第 10-29 圖

曲げ, 打ち曲げる作業で角立つて曲げると外側が瘦るからすへこんで肉出しをする必要がある。

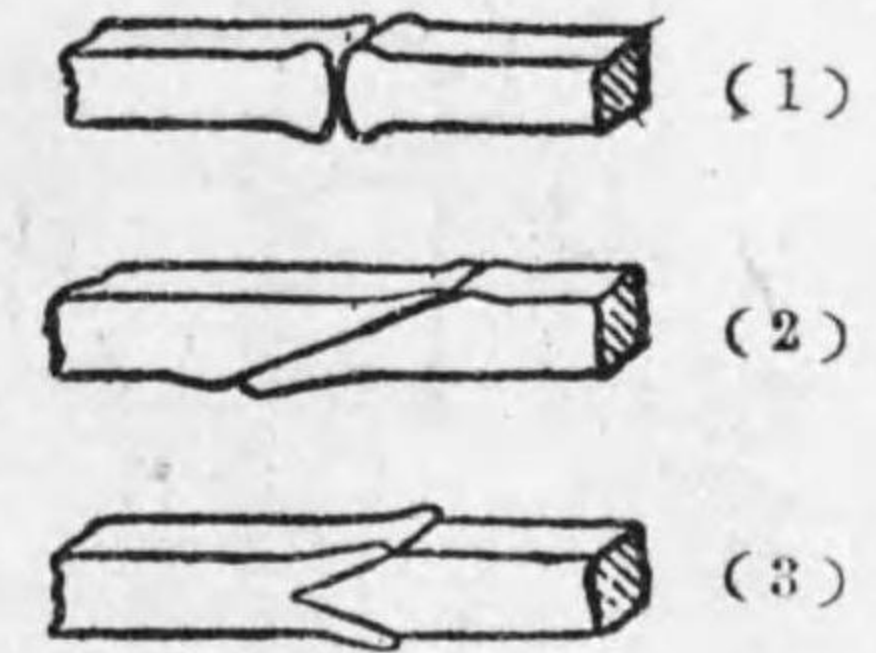
捻り, 両端を喰へて捻る作業。

鍛接, 俗にわかしづけとも言ひ, 赤熱して半融状に近くなつた材料の二片を重ねて一體に癒着させる作業で, 其の方法には次の三通



第 10-30 圖

りがある。(1) 芋接ぎ, (2) 重ね接ぎ, (3) 割り接ぎ, 加熱温度は鍊鐵なれば橙色~淡赤色, 軟鋼なれば赤熱と白熱の中間に熱し接合面には硼砂や燒ソーダ等の鍛接劑 (Welding flux) を與へて淨化する。



第 10-31 圖 鍛接法

### 4. 型打火造り Stamp forge

工具鋼で作つた一對の金型中に加熱材を入れドロツプハンマで一擧に打錠して所要の形状を作出する方法で金型製作には相當の金額と手間を要するが複雑な形のものも容易に迅速に工作せられるから同一形状のものを多數に作る場合には最も適當で航空機, 自動車等の部分品に應用せられクランク軸等は總てこの方法で作られる。

## 第五節 製 罐

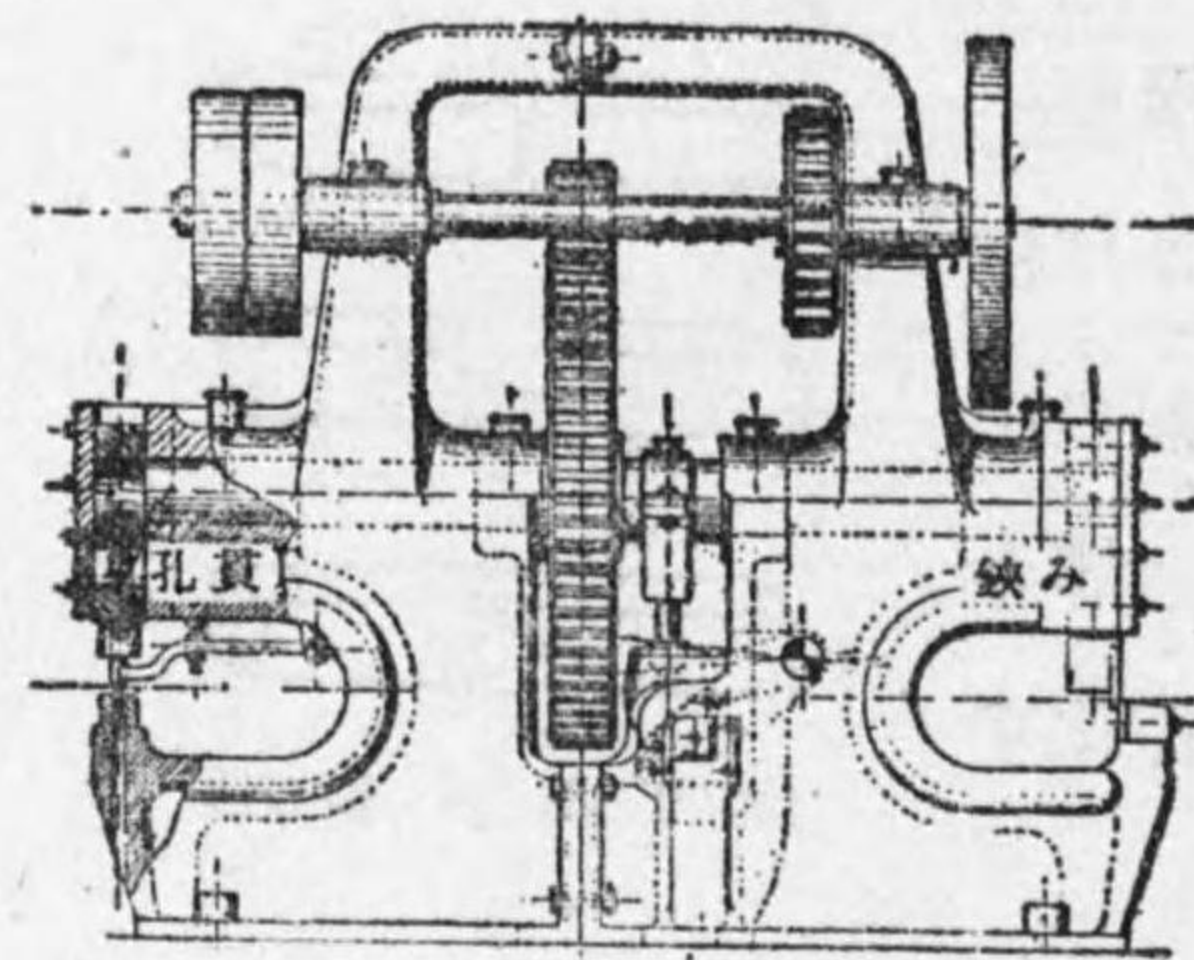
### 1. 製 罐

製罐とは蒸汽罐の製作又は之に類似のタンク, 橋梁等の如く厚板を主材として工作物を作る作業で鋸締, 熔接等の仕事が多い。

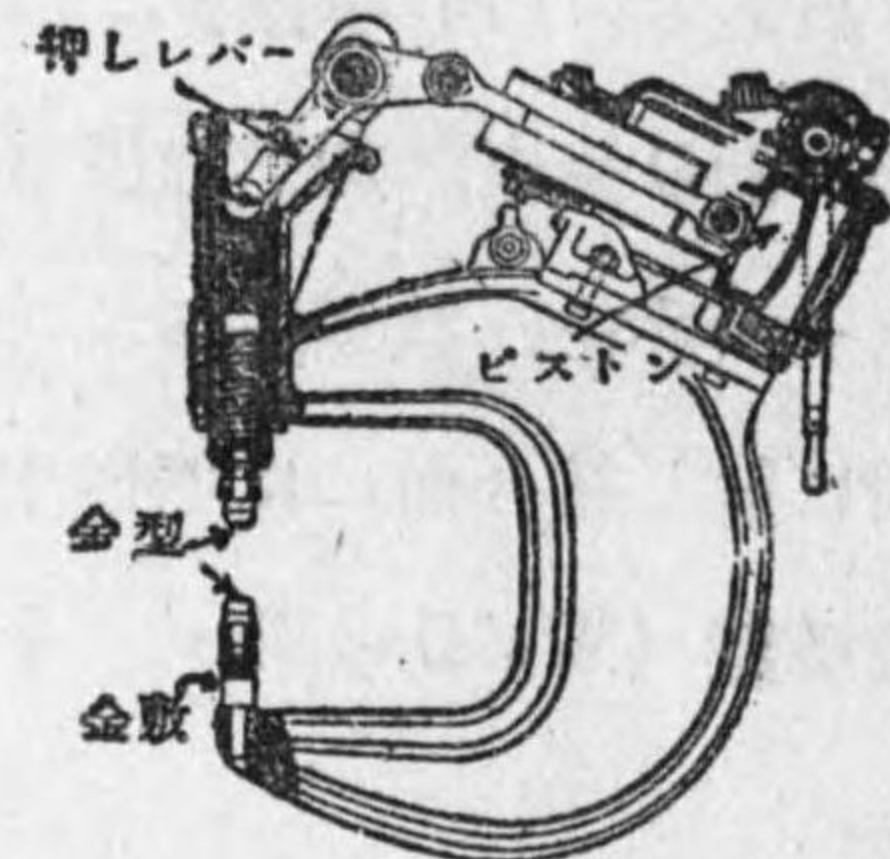


2. 製罐用工具及機械

製罐用機械器具の主なるものは**鋸締機** (Riveting machine), 板を曲げ或は延ばす**ロール機** (Roll), 板を鋏み切る**鋏み盤** (Shearing machine), 抜打孔を作る**孔貫盤** (Punching machine) 及び剪断によつて悪化する板金の耳の部分削り直す**耳削盤** (Edge planer) 等であるがその他仕上, 鍛工, 板金用工具類が必要である。



第 10-32 圖 鋏み孔貫盤

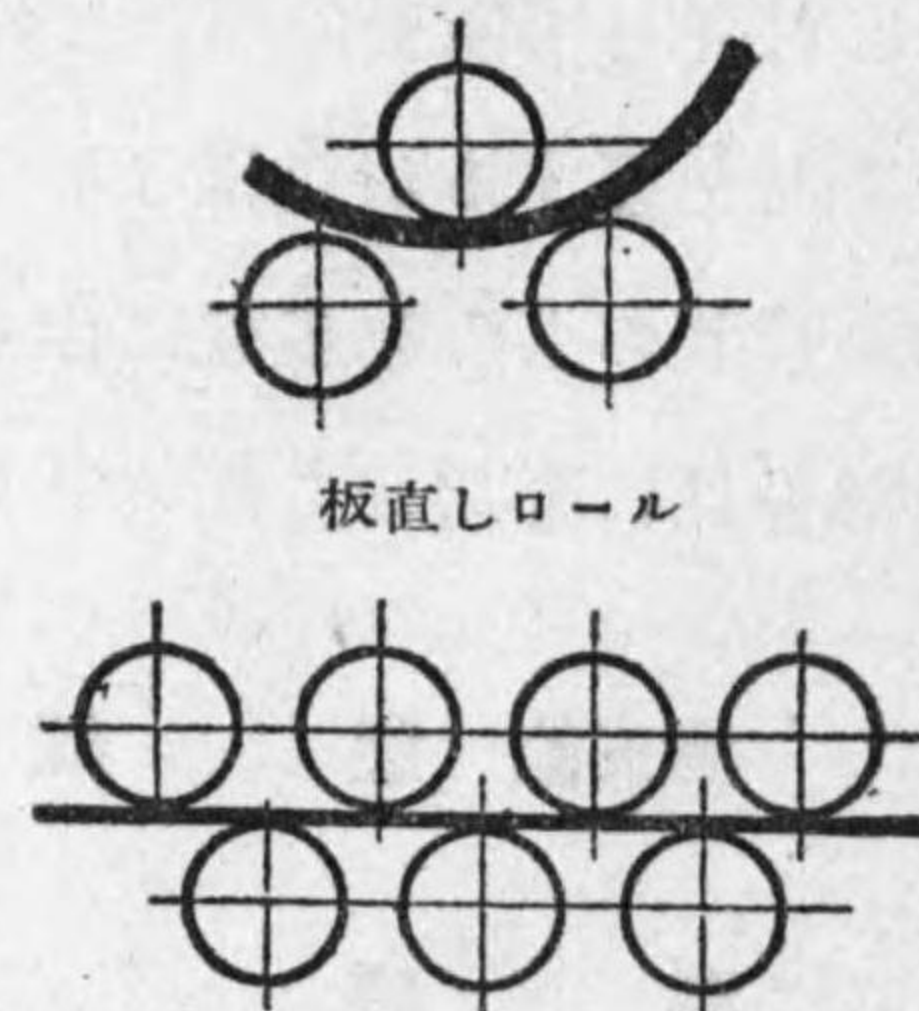


第 10-33 圖 空気鋸締機

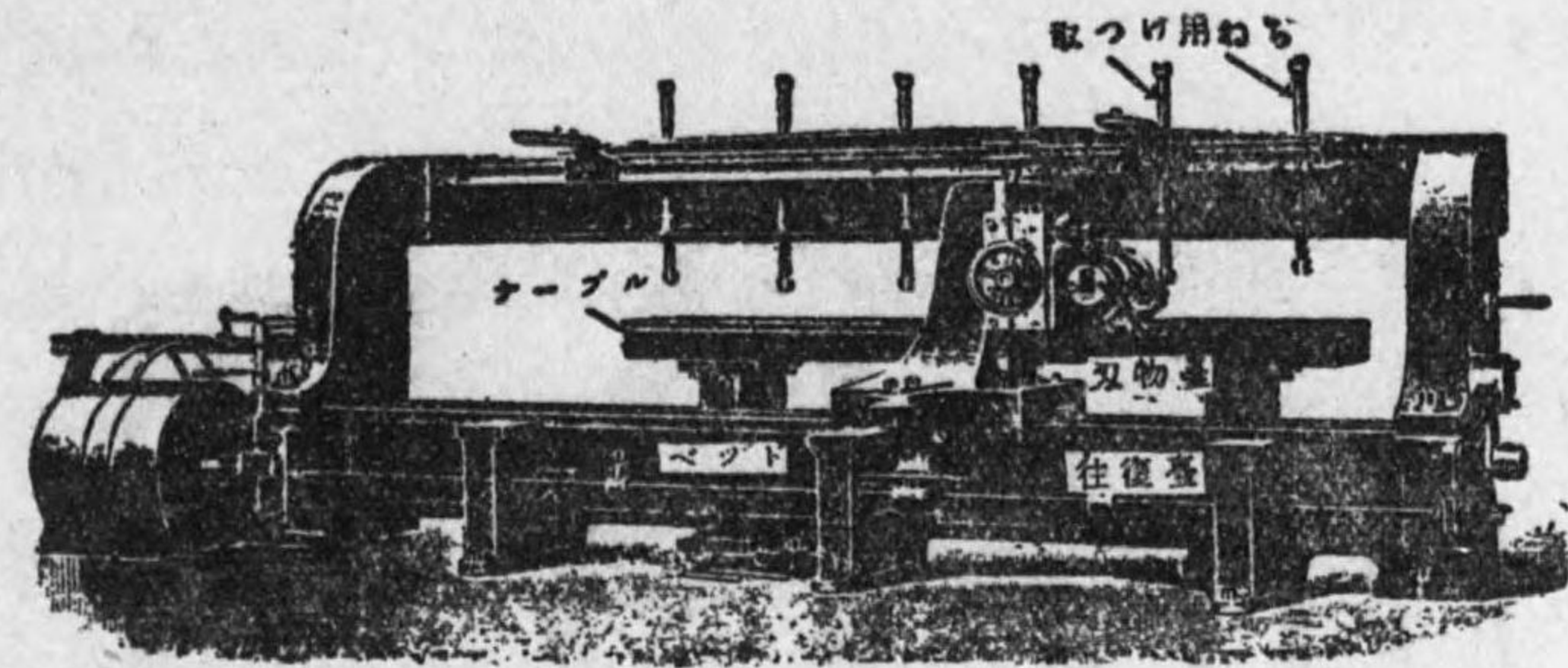
第 10-32 圖は鋏みと打抜きとを一つの機械で行ふことを得る様にしたもので第 10-33 圖は空気鋸締機の種類を示す。鋸締機にはこの他水圧によるものもある。

第 10-35 圖は耳削盤を示しテーブルの上に材料板金を置きネジで固定して刃物臺を送る。

3. 工 作 法



第 10-34 圖 ロール



第 10-35 圖 耳 削 盤

材料板金の上に胡粉と膠とを混じたものを塗つて乾かし, その上に現圖の野畫をして板取りや工作を行ふ。複雑な曲面のものは, 木製の骨組を作り, これに合せた薄板により板取りをし又は工作をする。かくして穿孔, 歪み取り, 曲げ, 鋸締, 仕上, 検査の順序で行ふ。

第六節 鋳 金

1. 鋳金及鋳金用材料

製罐は厚板作業であるが鋳金は主として薄板金を取扱ふ作業である。これに使用する材料の主なるものは薄鐵板及び薄鐵板に亞鉛鍍金を施せる**トタン板**, 錫鍍金をなせる**ブリキ板**, 其の他銅板, 眞鍮板, 針金等である。

2. 鋳金用工具及機械

金切鋏, 鋸類及び撞木, への字, 駒の爪等の金敷類, 折曲臺, 拍子木, ハゼ折り, ハゼ起し, カケ盤等の折曲用具, ハンダ鋳其の他ペンチ, ヤットコ, コンパス, 鍍, 尺等手仕上用工具等總て必要で