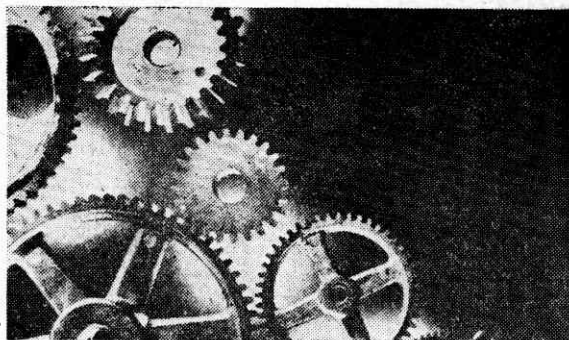


# 新らしい 鑄造法

千々岩健兒(機械)



機械、器具の大部分は、鑄物からできている。したがって、鑄物自身の強さ、美しさ、寸法の正確さ等が、機械の壽命、性能、精度、商品價值等を左右することが多い。機械、器具の部品は一般に鑄造した後、部分的に機械加工を施して用いるが、鑄造しただけで使用する程度に表面が滑かて美しく、寸法が正確であるならば、機械加工が少なくてすみ手数もはぶけ、價格も廉くてくるわけである。この目的のためには、わが國では纖維機械部品、ミシン等に對して戰後特に努力が拂われたが、米國、英國、ソ聯等の諸國では色々な考案のもとに、航空機部品、自動車部品等に對して、面白い鑄造法が試みられ、成功を納めている。普通の鑄造法に多くの研究がなされていることはいうまでもないが、こゝには特殊な鑄造法のみについて、最近の研究を紹介しよう。

## I. 精密鑄造法

ガスタービン翼材等の耐熱合金たとえばコバルト合金、タンダステン合金は、鍛造すれば加工硬化をおこし脆くなつてわれやすい。このため、鍛造、壓延等の加工は困難である。このようなものは鑄造によつて作れば、そんな心配はない。また、飛行機の脚金具、翼取付金具、プロペラボス等の複雑な精度を要求するものは、特殊な鑄造法を用いて、機械加工の少ない鑄物を作りたい。これらの要求に適合するのが精密鑄造法である。

この方法は戰時中、米國で研究され、現在では國內のみならず、諸外國でも盛に行われている。原理は、エジプト人が石膏像を作り、中國人が寶石、美術品を製作し、米國人が義齒を作つた方法である。この方法が工業に利用されるにいたつたのは、精度が高く、表面の滑らかな義齒製作の技術と、一個の模型から同一の製品を多數作る寶石商の技術とによるところが大である。

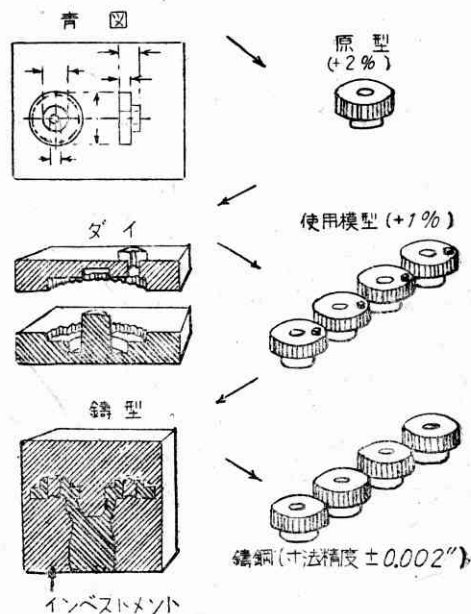
製造工程は大體次の10工程にわけることができる。

1. 原型を作る。
2. 原型によつて雌型を作る。
3. 蠟、合成樹脂等を用いて使用模型を作る。
4. 使用模型に湯口、湯道等を取付ける。
5. 使用模型に耐火物の上塗りをする。
6. 使用模型を枠内に入れ、その兩者の空隙を Investment (耐火物と粘結劑の混合物で、どろどろした液状のもの) で充たす。
7. 低温で乾燥し、使用模型を溶かし除去す。
8. 鑄型を高温で加熱す。

## 9. 鑄込作業。

## 10. 鑄物處理作業。

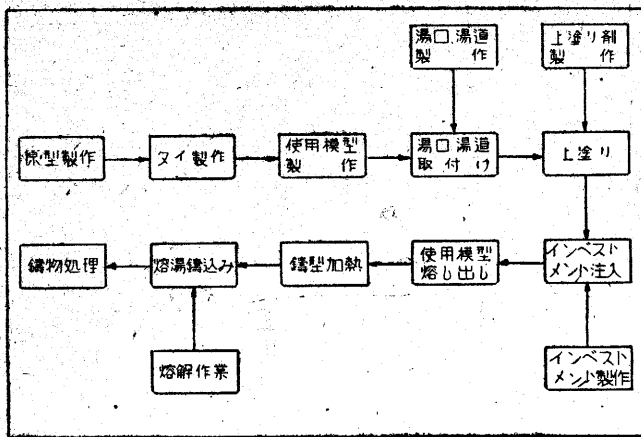
第1圖、第2圖はこの概要を示したものである。次に各工程について要點を述べよう。



第1圖

## 原型製作、雌型製作

原型製作は必ずしも必要ではない。圖面から直ちに雌型(ダイ)を彫る場合もある。いずれにするかは、機械の設備、工具、製品の形、製作數を考慮に入れてきめ

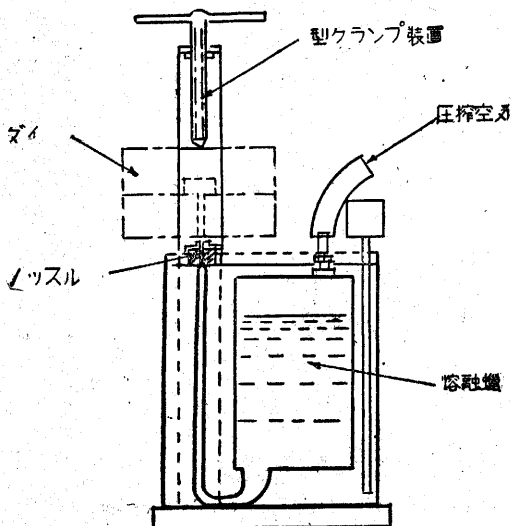


第2圖

る。ダイを彫るには比較的充實した施設と時間を要するので、数の少い急ぐ品物にはむかないが、数の多い時には寿命の長い特殊鋼のダイを彫つた方が経済的である。原型を作つた場合は、それによつてダイを作る。その方法は、まず分割面をきめ、その片面を石膏中に埋め125°Cで数時間乾燥する。石膏が固まつたら枠をこの上におき、枠と原型の隙間に金属を注ぎ込んで上型を作りつぎに石膏中に埋めてあつた部分を取り出し、上下顛倒して分割面に「分れ粉」を散布し、まゑと同様に枠をおき金属を注いで下型を作る。「分れ粉」のため上型下型はきれいにわかれ、原型をとりさえればダイができる。この場合は、彫るのにくらべて割合樂に作ることができる。原型は黄銅、軽合金、木、鑄鐵等の加工しやすい材料で作り、ダイには黄銅、活字合金、鑄鐵その他を用いる。

#### 使用模型の製作

実際に使用する模型は易溶性の蠟または合成樹脂で作る、これを Investment 内に埋め込み、後で溶かし出す。したがつて蠟型の良否が直ちに製品に影響するわけで、



第3圖

色々の工夫をこらして、寸法精度の高い蠟型を作ることに努力している。第3圖は蠟型製作用の空気壓式射出成型機の一例である。空気壓の他、油壓、水壓、遠心力等を利用することもあり、手動による場合もある。圖から明らかなように、溶けた蠟をノズルからダイ内へ射出して蠟型を作るのである。品物の大きさに比らべて射出壓力が低いと、蠟は末端迄とどかず、角のまるまつた細部の缺けた模型ができる。したがつて精度を必要とする薄肉の大物には、7,000 kg/cm<sup>2</sup> 程度の高壓が必要となり精度を要しない小物では壓力射入は不必要で重力だけでも差支えない。蠟のかわりに合成樹脂を用いる方法は、米國で盛んであるが、蠟に比べて値段が廉

く、精度も高い。さらに水銀を用いる試みもある。水銀は-39°C以下では固體となるので、これを利用し、低温度のダイ内へ水銀を射入する。收縮率、表面の美しさ等からいつて前二者に勝るが、取扱いは厄介である。

#### 湯口、湯道の取付け

使用模型に、蠟または合成樹脂で作つた湯口、湯道を取付ける。二個以上の模型を一つの湯口に結ぐ場合には金属を注いだ時よく湯がまわるように、配置を考えねばならない。

#### 造型作業

湯口、湯道を取付けた使用模型を枠内におき、枠と模型の空隙を Investment で充たす。液状の Investment は大氣中に1~2日放置すれば固まる。つぎのような3方法が一般に行われている。

##### 1. 上塗り法

まづ極く細かい(200メッシュ以上)耐火物と粘結劑を水にといた液中に、使用模型を吊り下げ、熔接棒の被覆をやるように、薄く上塗りをして大氣中で乾燥させる。つぎに、これを枠に入れて Investment をそのまわりに充たす。この方法は上塗り劑のみ耐火度の高いものを用いればよく、安價な Investment を使用することができるが、ときには上塗りがはげて、汚ない面がところどころに現われることがある。

##### 2. 眞空法

氣泡をまきこまぬように、Investment をゆつくり攪伴し、すんだらすぐに眞空容器中で眞空ポンプで引き、Investment 内の空氣を抜きとり、これを使用模型のまわりに注入する。必要ならば枠に入れた後に、ふたたび眞空ポンプで空氣を抜く、模型表面に空氣の泡がくつきくことのないように、表面の滑らかなものを用い、また操作には充分な注意を拂わねばならない。

##### 3. デョルト法

Investment を枠に入れ、これをデョルト機の上におき、上下揺動を與えることにより、隅々までゆきわたる。

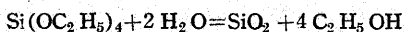
ようにする。1 および 2 と併用される。

Investment の耐火物、粘結劑は鑄肌を左右するものであるから、多くの研究の結果、色々のものが使用されている。第 1 表は二三の例を示したものである。

第 1 表

	耐 火 物 %	粘 結 劑 %
①	珪砂.....70	石膏.....30
②	クリストパル石.....50 珪砂.....20	石膏.....30
③	アスベスト ファイバー.....20	焼石膏.....80
④	珪砂.....67	四エチル シリケート...23~26 水.....3~4 アルコール.....3~5 鹽酸.....数滴

石膏を用いるものは金、銀、錫等 900°C 以下の金屬に適し、鐵合金等 1,300~1,400°C の高温熔融金屬にはエチルシリケートを粘結劑に用いる。エチルシリケートは次式のように加水分解により、コロイド狀の珪砂が耐火物の粒子間に析出し、粘結作用をするのである。



觸媒としては鹽基性酸化物を用いる。耐火物は珪砂が主であるが、アルミナ、マグネシヤ等も併用される場合がある。

Investment は加える水の量によつて固結後の強度にひどい差を生ずるので、注意をせねばならない。

#### 使用模型の除去

鑄型ができ上つたら、100°C よりやゝ高い温度で加熱して蠟を溶かし、流し出す。合成樹脂、水銀の場合にはそれ相應の温度にする。蠟の回収率は蠟型の場合で 85% くらいである。

#### 鑄型の高溫加熱

型内に残つた蠟、合成樹脂等の痕跡を除かないと、金屬を注入したとき、ガスを發生し巢の原因となるので、1,000°C に 2~4 時間加熱する。温度は徐々に上げてやらないと龜裂が入りやすい。

#### 鑄込み作業

型の温度が相當に高い間に鑄込み作業を行う。型温度は型の收縮、金屬の收縮等を考慮してきめる。鑄造は普通鑄造の他真空鑄造、壓搾空氣または遠心力による壓力鑄造を行つたりする。このさい壓力は型強度以下にすることはもちろんである。

#### 表面清掃

鑄造した品物を枠から取りだし、湯口、押湯等を取り除き、サンドブラスト、タンブラー、ホイラボレーター等によつて表面清掃を行う。

#### 設計上の注意

一般の鑄物に必要な諸注意は、この場合にもまた當然必要である。要は品物が先端から凝固を初め、湯口の所が最後に固まるような設計ならびに鑄造法の立案をせねばならない。鑄物として作り易い寸法は第 2 表のとほりだが、最大長さ 120

第 2 表

厚さ mm × 巾 × 長さ
0.125 × 3.0 × 6.5
0.60 × 25 × 25
1.0 × 枠の大きさ迄作り得る

重さ 2.5 kg, 厚さ 12~0.9 位である。精度は短い寸法のところでは 1 mm につき非鐵合金で ±0.002, 鐵合金で ±0.004 が可能であるが、長い寸法のところではむづかしい。また特殊

第 3 表

	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	伸び %
鑄造品	57	17
鍛造品	65	22

な金屬では ±0.0005 まで可能である。ねちも作りうるが非鐵合金で 1" に 20 山以下、鐵合金では 12 山以下の細かいものは作りがたい。クロムモリブデン鋼で精密鑄造したものと鍛造したものの比較を第 3 表に示しておこう。

#### II. Bacco 法

鑄造と型打ち鍛造とを一緒に行うことができれば、一回の操作で強度の大きい、精密な、肌の美しい品物がえられるはずである。この考案は大分前にドイツでなされたのであるが、實際に行つたのは Budds 航空部品鑄造會社の社長 Harold H. Budds 氏である。その工程はだいたい次のようにわけることができる。

1. 設計圖によつてベンチとダイを作る。
2. これをプレスに取付ける。
3. 熔融金屬をダイに注入する。
4. ベンチを所定の位置まで押込む。
5. 金屬が凝固するまで待つ。
6. 凝固した金屬をベンチで壓縮する。
7. 製品を取り出す。
8. 鑄物の處理作業を行う。

この 3~7 を繰り返して鑄物を作るわけである。

#### ベンチ、ダイの製作

ベンチとダイが通常の鑄物の上型、下型にあたる。この型が鍛造の型と異なる點は、ダイが單獨の型ではなく二つまたは數個の割れ型からなり、これらが關節によつて接がれていて、ベンチを押込んだ際側面からも壓力が加わるようにしてある點である。

#### 鑄込み作業

ベンチとダイをプレスのラムとベッドに取付ける。ダイに必要な量の熔湯を注入し、ベンチを押しこむ。このさいラムに取付けてあるカムはダイを側面より壓縮し、

熔湯に壓力を側方から加える。所定の位置まで押し込んだらしばらく停止し金属が凝固するのを待つ。金属が相當高温の間に強壓を加え、一種のコイニングを行なわせると、金属は塑性變形により、型の隅々までゆきわたり表面のきれいな精度の高い品物がえられる。最初に型に入れる熔湯は品物の容積よりもやム多くしておく。これは餘分の湯が溢れでる際、湯の中に含まれているガス、不純物をもち去るからである。

タイおよびポンチは鑄込み作業を行う前に加熱しておくことが大切で、加熱には埋込みの電熱器を用いる。その温度は金属の種類によつて異なり、適當な温度範囲に正確に保つ。いままでの金型鑄造のデータを参考にし、て實驗的に定めているようだ。

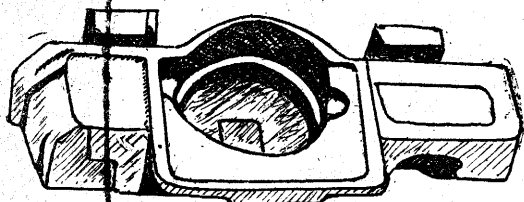
### 製品の特長

型打ち鍛造を同時に行つたことになるので、製品の抗張力は 10~40% 向上し (第4表) 機械加工の工数は一般に 60% 以下に減少する。

第 4 表

346 合 金	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	伸 び %
普通 鑄 造 品	23	3
Bacco 法鑄造品	29	4.7~9.4

特殊な場合には第4圖のカメラ部品の製造において23工程から3工程に減つた例もある。現在までに作られた



第4圖

品物では最大 2.5 kg, 3,000 cm<sup>3</sup> であるが、將來はさらに大きい物が作られるようになるであろう。この場合、プレス容量によつて制限を受けることになる。精度は 1 mm につき 0.002 mm まで可能である。

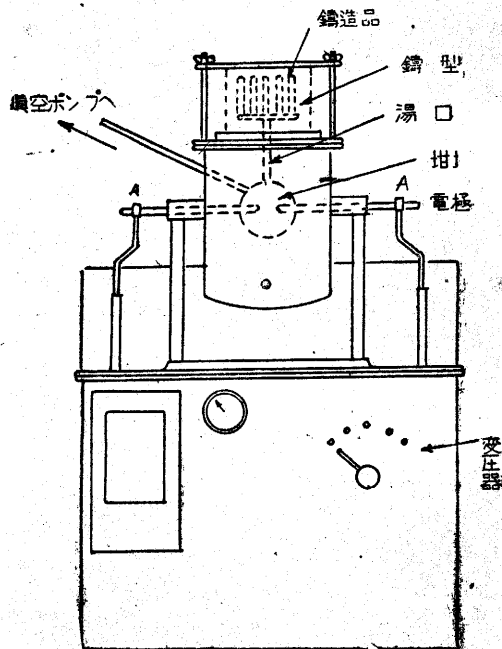
### III. 冷型鑄造法

鑄造と熱處理を同時に行ない、鑄物の性質を改善することも考えられる。この試みは大分前からソ聯で行なわれているそうだが、米國での試験でも相當の効果を納めている。鑄型は加熱して乾燥するのが普通であるが、この場合は低温 (零下數十度) で乾燥させる。もし砂の中に多量の水分を含むならば、零度以下に下げると凍つてしまう。しかし砂中の水分は一般に 6~7% 程度であるので凍ることはない。温度が下ると空氣中の水蒸氣の分壓が下り、水分は蒸發し砂は乾燥するのである。一例としてアルミニウム合金の場合についてみてみよう。-45°C

のドライアイスの冷藏室内で一晩型乾燥を行い、取出しすぐ鑄込み作業を行う。アルミニウム合金は凝固の潜熱が大きいので、一般の鑄造法では冷却速度が遅く、品物全體がほぼ均一温度となり、凝固もほぼ一緒におこしたが、熔湯中の含有ガスは逃げにくく、金属中に残つて巢を生じやすい。だが型が冷却されていると壁面から内部へと凝固は進み、ガスは次第にまだ熔けている中心部に集まつてくるので、これをうまく逃がすように工夫すればよい。そのため巢の少ない良質な鑄物を作りうる。型の温度、鑄込み後取出しまでの時間を適當に調節すれば熱處理効果も期待できる。このようにして作つた鑄物は普通のものに比べて約2倍の強度をもつといわれている。

### VI. 眞空鑄造法

熔解の際ガス、とくに水素ガスを吸収し、熔湯が型内で冷却されるにともない放出すること、ならびに鑄込みの際空氣をまきこむことは、巢發生の重要な原因である。したがつて眞空中または不活潑性ガス中での熔解や眞空にした鑄型または不活潑性ガスを充たした鑄型への鑄込み作業は、誰しも考えることである。またガスを巻きこむを防ぐためには、熔湯を定常的に流し込めばよい筈である。眞空鑄造法はこれ等の點に着目した鑄造法である。しかし技術的な困難も多いし、設備に多額の費用を要するので、製品は非常に高價になる。そのため一般の製品の鑄造にはむかないが、ニッケル合金、コバルト合金等のように材料自身高價であつて、しかも鑄造困難な材料には有效な方法といえる。



第5圖

## 鑄込み作業

鑄型全體または湯口の部分を残して密閉室内におき、真空ポンプで空気を抜いて、この中に不活性ガスを圧入する。一方金属は真空または不活性ガスを満たした爐内で熔解し、酸化、水素ガスの吸収を防いでいる。

第5圖について鑄込み作業を説明すると、湯口と熔湯取出口を外部から空気が入らぬように結合し、A-Aを軸として逆にする。型内の壓力を次第に真空にし、熔湯の後方から壓力を加えてゆけば、湯は靜かに型内にはいり、定常流で型の隅々までゆきわたる。鑄型の湯口、湯道の大きさ、形および真空度によつて湯流れ狀況が變つてくるし、湯が亂れてくるから、深く注意を拂わねばならない。真空爐は高周波加熱爐が多く用いられている。精密鑄造における鑄込み作業に利用して效果をおさめているようだ。

以上に述べた新しい鑄造法は、從來鑄造技術者の空想であり、いざ行なおうとするといろいろな點でゆきづまつた方法であつた。それが最近、金属加工法の最新の法、すなわち鍛造、機械加工を要しない鑄物の製造法

としてデビューするようになったのは、時代の要求により、冶金學上の研究はもちろん、型込み機械、ダイ製作技術、耐火物の研究、真空技術の進歩等に負うところが多く、これらの綜合技術の成果というべきである。わが國の鑄造技術もまた各方面の共同研究が必要であり、これなくして進歩は望みえない状態にある。先に鑄工業技術白書においても材料部門の脆弱性を強調しているとき、われわれはこの方面に大いに深い關心をよすべきであらう。

## 文 献

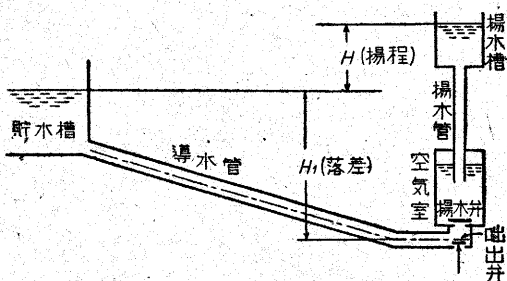
- (1) Kenneth Geist & Robert M. Kerr: Principles of Precision Investment Casting. (Foundry Trade Journal. July 17, 24, 31, 1947).
- (2) H. Evans: Precision Casting of High Melting Point Alloys Containing Nickel. (F. T. J. July 3, 10, 1947.)
- (3) J. S. Turnbull: The Lost Wax Process of Precision Casting (Engg. Jan. 27, 1950).
- (4) Investment Casting. (Machine Design Jan. 1950).
- (5) Precision Investment Casting. (Metal Progress July, 1949).
- (6) Bacco Process. (Business Week Oct. 22, 1949).
- (7) E. L. Cady: Sci. Am. Aug. 1947).

## 速報 36

## 水槌ポンプの特性

石原 智男 (機械)

水槌ポンプ (Hydraulic Ram) は、流水の力によつて自動的に開閉する二種の弁以外に可動機構をもたない、簡単な揚水装置である (第1圖)。すなわち、導水

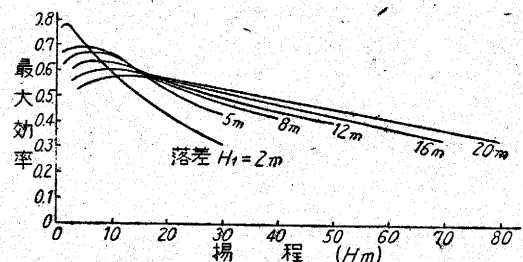


第1圖

管内の流水のもつ慣性と壓縮性によつて、吐出弁と揚水弁とが交互に開閉されつゝ、水の吐出 (吐出弁よりすてられる) および揚水 (揚水弁・空気室を経て揚水

槽に汲上げられる) がおこなわれる。

これまでに發表された理論的研究は、假定が不完全であつたり、複雑すぎたために、特性を一般的に説明することができなかつた。筆者は、流水の壓縮性を吐出弁閉鎖時においてのみ考慮した理論を求め、一例につき數値計算をおこなつた (第2圖)。比較的簡単な理



第2圖

論結果にも拘らず、實驗値を定性的によく説明することができた。また、本ポンプの使用されうる限界についても資料が求められた。(1950・5・1)

## 次號豫告 (8月號)

## “冷凍機とその應用特集號”

口 緒 冷凍機の發達

論 説 題 未 定.....福田 義民

特 集 冷凍機の發達.....長野 悌介

船舶の冷房及び冷凍設備.....田 宮 眞

反射斷熱法について.....長野 悌介

外 2 篇.....

その他 隨筆、技術史ノート、實驗ノート、

速報、生研ニュース等、.....