

SINTAI 新台通商

壓鑄設備 · 製品 · 連鎖技術服務 · 網路客服系統
Die Casting Equipment · Chain Technical Service · Internet Customer Service

www.sintai-corp.com

壓鑄技術基本概要

(理論, 設備, 技術, 管理)



新台通商股份有限公司

連鎖技術服務處: 台北, 台中, 廣東, 上海, 山東

壓鑄理論

1. 壓鑄機鑄造理論

1-1 壓鑄機壓射部的結構

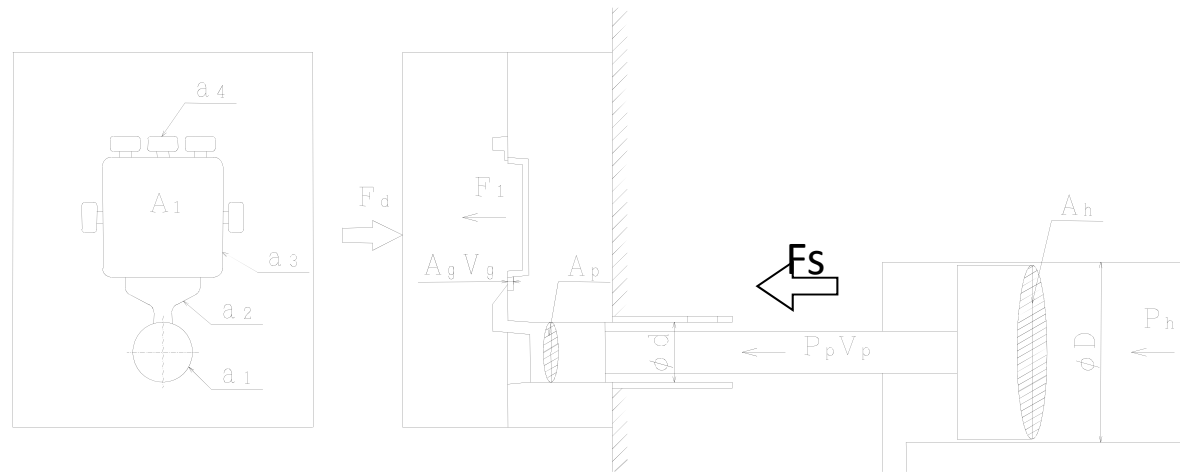


圖1-1-1. 壓鑄機鑄造的過程

壓鑄機的壓射（鑄造）簡單來說正如上圖所示。

通常設定鑄造條件是通過壓鑄機上速度、壓力以及速度的切換位置的調整，其他的在模具上進行調整。

通過以下各項目的計算方法，說明一下壓鑄機的鑄造構成。

φD = 壓射油缸直徑	mm	P_h = 油壓壓力(蓄能器壓力)	MPa
φd = 沖頭直徑	mm	P_p = 鑄造壓力(壓射壓力)	MPa
A_h = 壓射油缸斷層面積	mm^2	F_1 = 開模力	KN
A_p = 沖頭斷層面積	mm^2	F_d = 鎖模力	KN
A_g = 澆口斷層面積	mm^2	V_g = 澆口速度	m/s
A_1 = 鑄造面積	mm^2	V_p = 壓射速度	m/s
F_s = 壓射力	KN		

1-2 壓射力和鑄造壓力

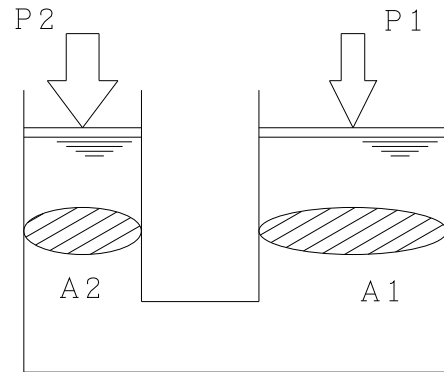


圖1-2-1. 帕斯卡原理

力量 $F = \text{壓力} P \times \text{面積} A$

$$F = P1 \times A1 = P2 \times A2$$

$$\text{壓力} P = \frac{\text{力量} F}{\text{面積} A}$$

(壓力系指作用在每單位面積上的力量)

所以產品上所承受鑄造壓力可以通過壓射力除以沖頭斷層面積計算出來。

壓鑄機的壓射力 F_s (壓射油缸的推動力)

$$F_s = \text{油壓壓力} P_h \times \text{壓射油缸斷層面積} A_h \quad (\text{KN})$$

鑄造壓力 P_p (至產品的壓力)

$$P_p = \text{油壓壓力} P_h \times \frac{\text{壓射油缸斷層面積} A_h}{\text{沖頭斷層面積} A_p} = \frac{\text{壓射力} F_s}{\text{沖頭斷層面積} A_p}$$

1-3 高速壓射速度與澆口速度

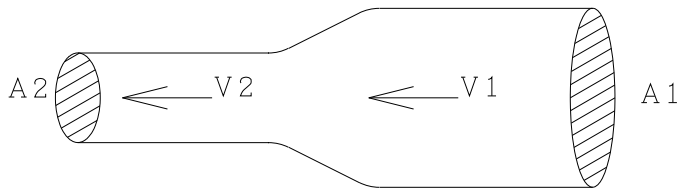


圖1-3-1 伯努利定理

左圖伯努利定理可以表達出壓鑄機的壓射速度與澆口速度的關係。
 也就是說：通過流量 $Q = 流速V \times 斷層面積A$ 的公式計算出來。
 其入口和出口的流量相等。
 $Q = V1A1 = V2A2$

這個時候 $A1$ 是沖頭斷層面積、 $A2$ 是澆口斷層面積、 $V1$ 是壓射速度、 $V2$ 是澆口速度。
 所以

$$壓射速度V_p \times 沖頭斷層面積A_p = 澆口速度V_g \times 澆口斷層面積A_g$$

澆口速度 V_g

$$V_g(V_2) = 壓射速度V_p(V_1) \times \frac{沖頭斷層面積A_p(A_1)}{澆口斷層面積A_g(A_2)} \quad (m/s)$$

壁厚(mm)	澆口速度 (m/s)
- 0.8	46 - 55
1.3 - 1.5	43 - 52
1.7 - 2.3	40 - 49
2.4 - 2.8	37 - 46
2.9 - 3.8	34 - 43
4.6 - 5.1	32 - 40
6.1 -	28 - 35

圖1-3-2 一般澆口速度

鋁合金壓鑄的時候澆口速度為針對模厚可以參考圖1-3-2進行設定。另外，設計模具時一般把高速壓射速度計算為 $2 \sim 2.5 m/s$ 。由此可推算出澆口斷層面積。

※近年來也有超高速鑄造法，那樣的話，高速壓射速度為 $4 \sim 5 m/s$ ，澆口速度設計為 $50 \sim 60 m/s$ 。

另外,根據伯努利定理,由於速度×面積是流量,所以用容積除以流量可以得出實際的充填時間。這樣的話,容積就是充填的產品(加上集渣包)的體積,通過重量除以比重來求得。至於溶湯比重一般鋁用2.64、鎂用1.75 g/cm² 算。

充填時間 t

$$t = \frac{\text{產品體積}}{\text{澆口流量}} = \frac{\text{產品重量} \div \text{比重}}{\text{澆口速度} V_g \times \text{澆口斷層面積} A_g} \quad (\text{sec})$$

產品厚度(mm)	充填時間(sec)
0.6 - 0.8	- 0.015
1.0 - 2.1	0.015 - 0.035
2.2 - 3.2	0.035 - 0.060
3.3 -	0.060 -

圖1-3-3 一般的充填時間

圖1-3-3能說明我們簡單地判斷壓射速度,澆口面積大致是否適當。充填時間過長可能會導致結束前就提前凝固。此外,凝固也會受溶湯溫度、模溫等溫度的影響造成充填不良。

以下是計算從凝固時間到充填時間的簡易公式。

$$\text{充填時間 } t = \alpha \times (\text{鑄造品的平均厚度})^2$$

一般 α 用 鋁: 0.01、鎂: 0.005計算。

1-4 澆口面積和沖頭直徑

以上,從1-2的壓力和1-3的速度關係來到,沖頭直徑和鑄造壓力,沖頭直徑和澆口速度之間的關係,如圖1-3-3的圖表所示。

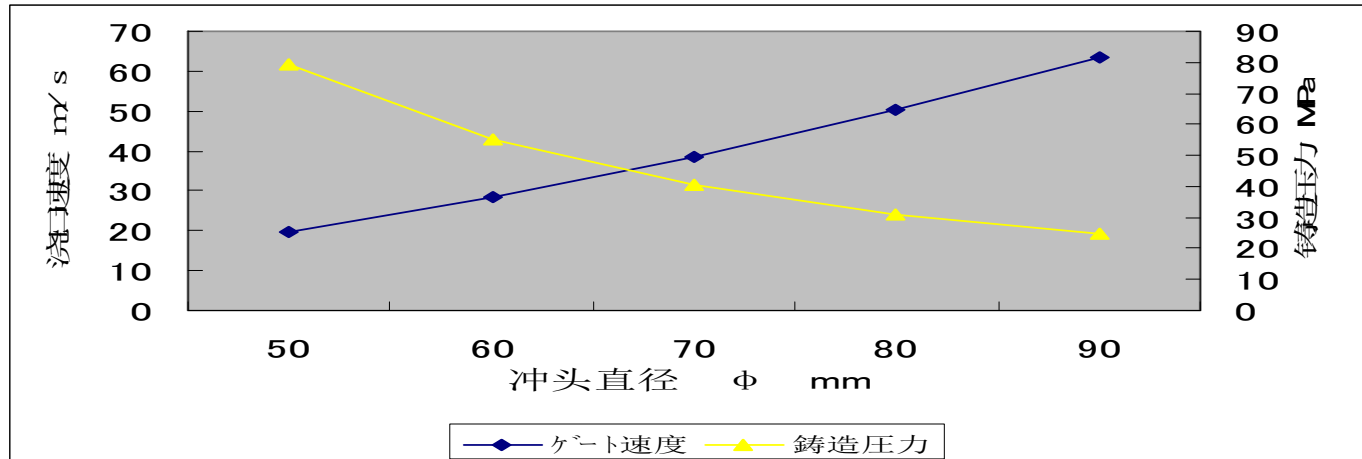


圖1-4-1 沖頭直徑和澆口速度、鑄造壓力的關係

為了確定正確的沖頭直徑,澆口尺寸,除鑄造壓力、澆口速度以外,壓室的充填率、壓室的厚度以及影響澆口處理(切邊)等其他要素也必須充分考慮到,以便於恰當的澆口設計方案。

下表為改變沖頭直徑、澆口面積時,所產生的鑄造影響。

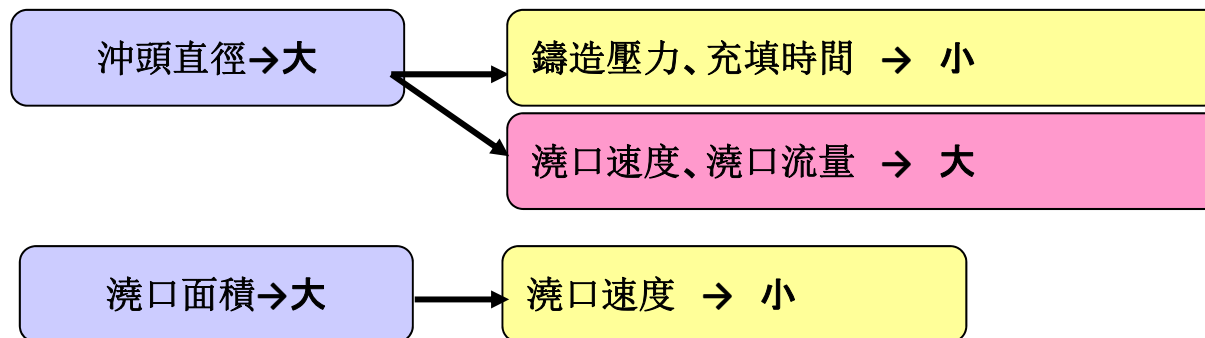


表1-4-1 由於沖頭直徑和澆口速度變化所產生的影響

1-5 低速速度

通常鋁合金鑄造的低速速度為

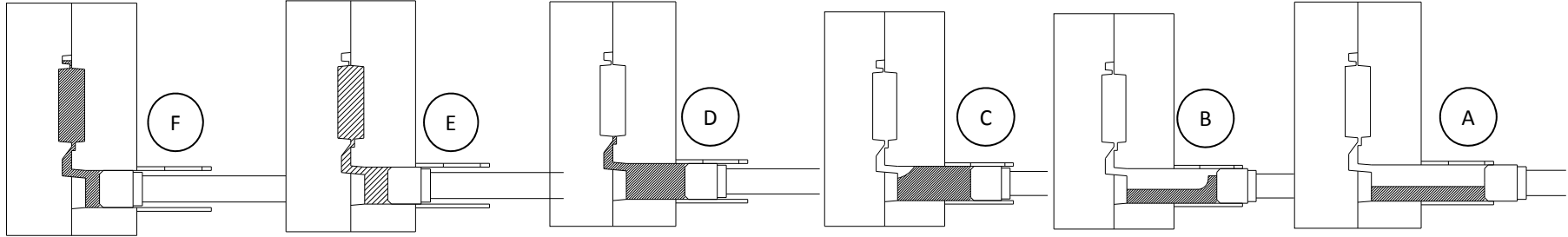
一般情況	0.20m/s ~ 0.25m/s
壓室的充填率小(20%以上), 薄壁產品	0.25m/s ~ 0.30m/s
壓室的充填率大(30%以上), 厚壁產品, 真空D.C	0.15m/s ~ 0.20m/s。

低速壓射的目的是為了防止壓室內捲進空氣,根據澆鑄量進行調整。另外,多段壓射系統可以在0.03m/s ~ 0.7m/s之間,或者勻加速等。最大可以進行9段的調整。因此,壓室充填速度、澆道充填速度、產品充填速度,可分別設定。可慢慢加速調整等,達到條件設定的多樣化。

低速速度的穩定性,對產品品質有很大影響。與高速速度也一樣,需要進行監視管理。另外,壓室、沖頭的卡住等,也是造成實際速度不安定的原因,必須注意。

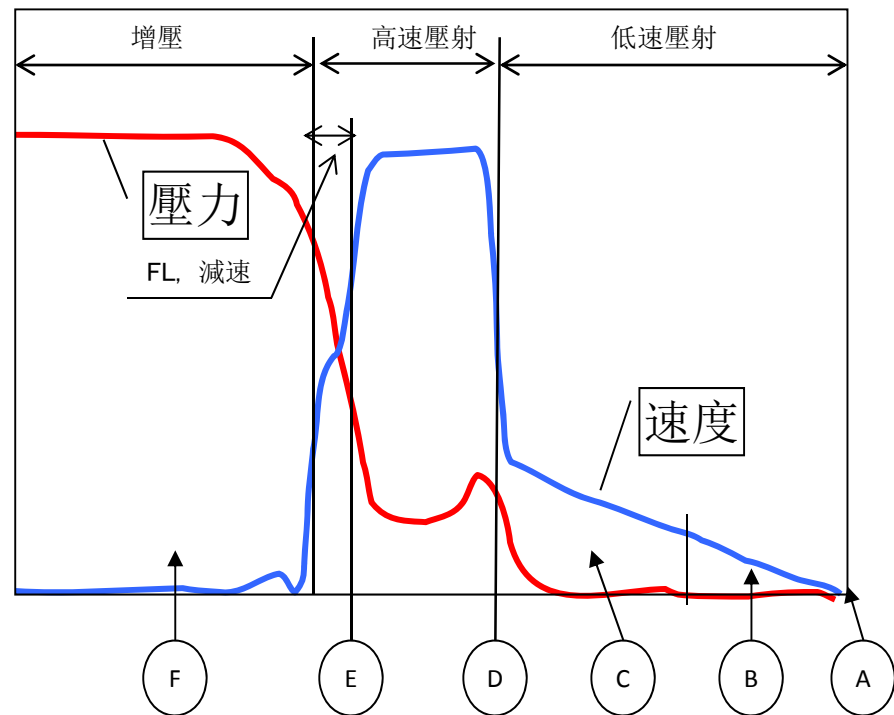
1-6 速度切換位置

以下為壓射速度切換位置和壓射狀態關係, 基本壓射切換位置和其要點如下圖所示, 針對各狀態位置加以進行條件設定。



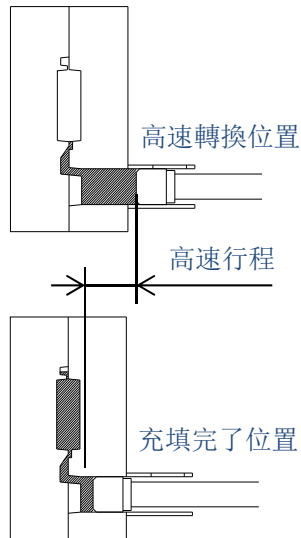
- A. 給湯完了狀態: 壓射時間內, 溶湯安定後, 開始壓射
- B. 低速壓射, 壓室充填: 設定防止空氣捲入的速度, 注意無溶湯飛濺, 沖頭的卡住等的影響。
- C. 低速壓射, 澆道充填: 多段壓射的機器另外可以設定, 一般情況下, 以加速度的勻加速進行設定。
- D. 高速切換位置: 一般來說以溶湯到達澆口的位置為基準進行設定, 根據產品前後調整切換位置來決定最佳的位置。
- E. 減速位置: 確定在製品部充填完成, 並於集渣包(溢流井)充填完成前進行, 設定後對毛邊抑制有效, 但對產品品質也必然會產生影響, 需加以確認。
- F. 增壓位置: 增壓為充填完了開始增壓, 切換位置一般在充填完了的前20mm左右設定。

※不論哪一個切換要點, 都有電腦計算、油電氣工作時間的延遲, 因此採計算值之前的10~15mm左右進行設定。



1-7 高速壓射行程的計算方法

在1-6所做的說明，從溶湯到達澆口位置作為高速切換位置是最基本的。因此，可根據充填品質和壓室（沖頭）的直徑，能夠計算出高速的行程。



從左圖可以知道，高速行程×沖頭斷層面積和充填體積是相等的。因此，從充填重量求得充填體積，用充填體積除以沖頭橫斷層截面積，可以求得高速行程。

充填品質 $W_g = \text{產品} + \text{集渣包填品質}$
(測量澆口部切斷的產品以及集渣包的重量。)

高速行程 = $\frac{W_g}{\text{溶湯比重}} \div \text{沖頭橫斷層截面積}$

※溶湯比重一般來說鋁為2.64、鎂為1.75 g/cm³

例. 充填品質6000g的鋁製品，用70直徑的壓室進行鑄造的時，其高速行程為 $6000 / 2.64 \div (\pi \times 7^2 / 4) = 5.9 \text{ cm} = 59 \text{ mm}$

1-8 增壓時間

增壓為澆口凝固之前必須向產品傳達的壓力，所以其增壓啟動時間和應答性是有一定的要求的。增壓啟動過早，對高速有影響，產生飛邊的原因。過遲則沒有增壓效果。有必要進行根據產品的凝固時間，調整增壓啟動時間。

澆口（湯口）凝固時間的簡單計算方法為

$$\text{澆口凝固時間 } t = B \alpha \times (\text{澆口厚度})^2$$

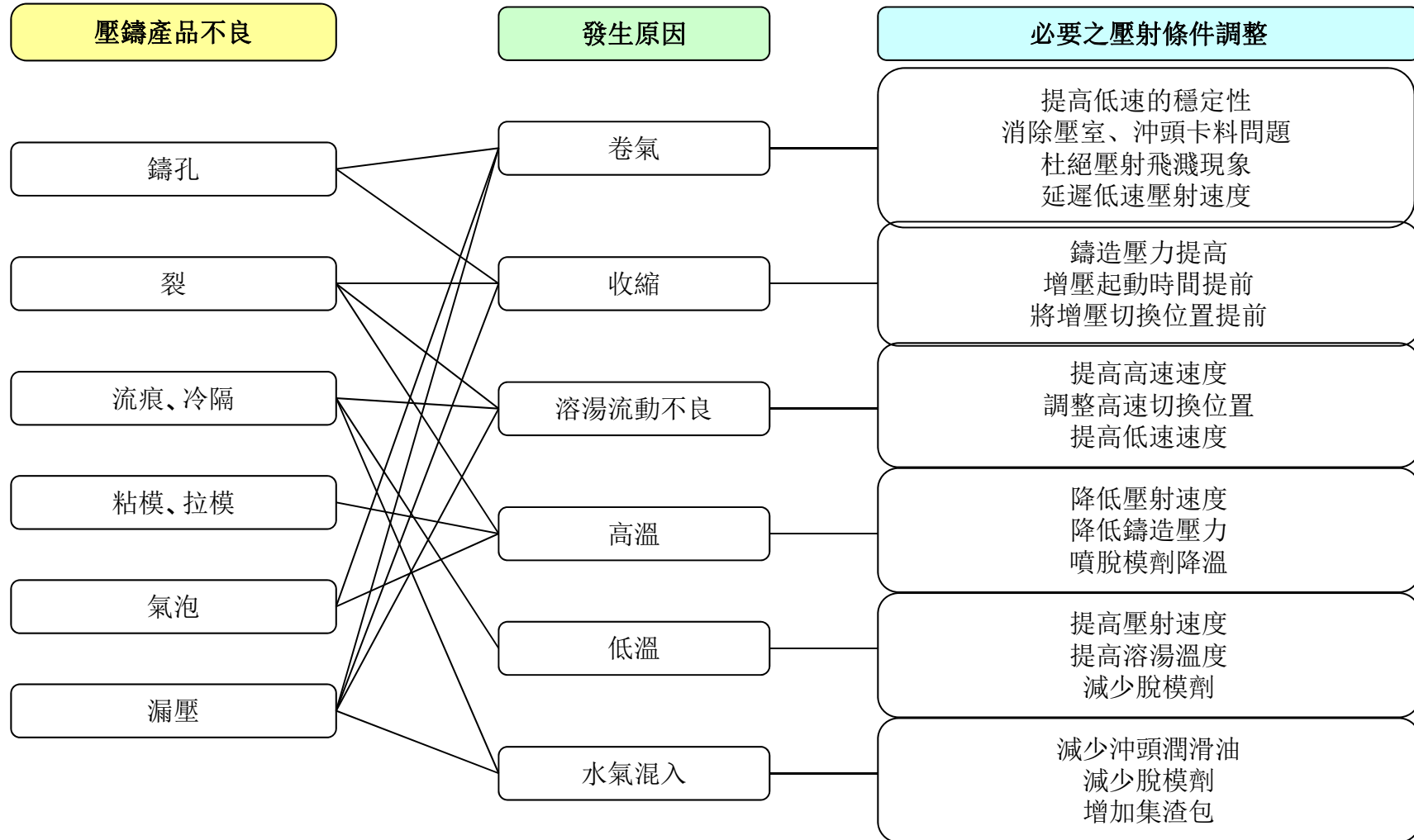
此時 B 是鋁:2.0、鎂:1.5 α 是鋁:0.01、鎂:0.005 。

一般來說以上這些為參考，決定壓射速度、沖頭直徑、澆口尺寸等。還有設計模具也必須以此為參考，對於正在生產的不良模具，以資料、計算為基礎對模具進行改進，從而能夠提高生產性、良品率。

2. 產品不良及其對策

2-1 產品不良及壓射條件

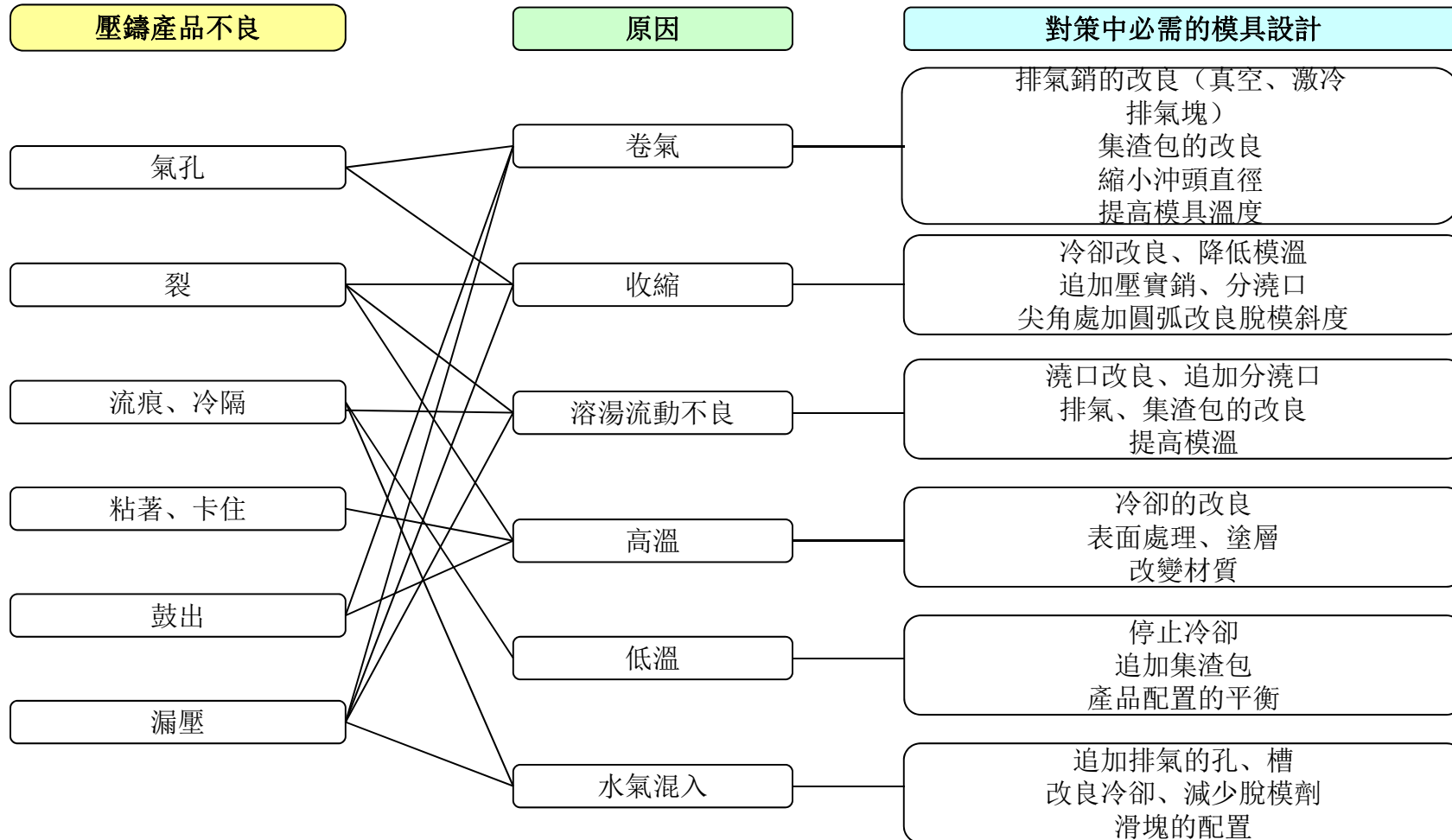
將因壓射條件引起產品不良及其一般的原因和對策方法總結如下：



有許多原因引起產品不良，首先查明原因是很重要的。針對一個原因採取的措施也影響到其他不良因素。所以，採取措施時，一點一點一邊觀察其結果，一邊去實施為好。根據產品的不同，引起不良的原因可有多個。1個對策可能對其他不良有副作用，故必需有綜合的對策。

2-2 產品不良和模具

將因模具引起產品不良及其一般的原因和對策方法總結為如下：



與壓射條件的對策同樣，必須找到真正原因採取對策，另要注意採取對策避免引起其他不良。模具的對策是在模具完成後進行的，多會影響費用、時間及該模具的壽命。因此，希望在設計階段即可預知不良並將其反映在模具的設計、製作上。若不是特別需要冷卻，即停止冷卻就可。在製作模具時，可多加些冷卻，實際不使用的冷卻在做新模具時去掉即可。模具設計首先應考慮品質，其作業性、生產性也應考慮。

3. 微電腦控制設備壓射條件畫面的說明

TOYO的電腦控制機有條件畫面，僅需輸入必要的資料，即可自動計算出壓射條件。

材料選擇 ALUMINUM (Al) ZINC (Zn) MAGNESIUM (Mg)

澆口速度一覽表
油缸直徑一覽表

肉厚 (mm)	澆口速度 (m/s)	機種	射出油缸徑 (mm)
0.8	46 - 55	BD-80	V3-90
1.3 - 1.5	43 - 52	BD-125	V4-90
1.7 - 2.3	40 - 49	BD-200	V3-105
2.5 - 2.8	37 - 46	BD-250	V4-110
2.9 - 3.8	34 - 43	BD-350	V4-120
4.6 - 5.1	32 - 40	BD-500	V4-140
6.4	28 - 35	BD-650	V4-140
		BD-800	V4-150
		BD-900	V4-160

按澆口速度按鈕，可參照一覽表。

A. 輸入設定項目（綠色文字）。

澆口速度：參考澆口速度一覽表輸入適當的澆口速度。

充填質量：澆口以上部分重量(含製品+集渣包(溢流井)+排氣閥)。

澆鑄質量：測定全體的鑄造重量輸入(含流道+料頭+製品+集渣包+排氣閥)。

沖頭直徑：輸入所用沖頭的直徑。

增壓時壓力：如為2次壓方式，輸入增壓ACC的壓力。如為增壓缸方式，則輸入壓射(增壓)ACC×增壓比。

壓射缸直徑：參考油缸直徑一覽表，輸入該機器的壓射缸直徑。

澆口厚度：輸入澆口的厚度（平均厚度）。

澆口橫截面：計算澆口（合計）截面積並輸入。

料柄：輸入設定的料柄厚度。

壓射原點位置：輸入模具空打行程。

輸入上述設定項目後，參考各計算結果（黃色文字）設定壓射條件。另通過輸入高速轉換位置，可看轉換時的產品充填率。

4. 壓鑄機鑄造作業提升產能的重點

為了提升壓鑄機的產能，有 3 項重點：①降低不良品 ②縮短鑄造週期 ③提升機械稼動率

4-1 降低不良品

① 壓鑄孔穴的不良的改善

(a) 肉厚部的縮孔（凝固收縮孔）

- 降低發生縮孔部的模溫（模具設計技術）
- 降低溶湯溫度（鑄造管理）
- 變更進澆方案（模具設計技術）
- 溶湯管理（溶解爐・保持爐）不純物・空氣量
- 安裝抽鑄銷（模具設計技術）
- 採用局部加壓銷（模具設計技術）
- 鑄造條件適當化（高速・增壓射出性能）

(b) 氣孔（空氣捲入）

- 採用大量排氣閥提高排氣量（模具設計技術）
- 模具方案（澆口、流道）適當化（模具設計技術）
- 溶湯管理（溶解爐・保持爐）不純物・空氣量
- 採用真空壓鑄（模具設計技術）
- 鑄造方案適當化（多段、超高速）

② 外觀不良的改善

(a) 模具不良問題（燒付）

- 降低模具溫度（模具設計技術）
- 提高模具的表面硬度（模具的表面處理）
- 製作模具時的表面粗度（模具製作技術）
- 自動噴霧的穩定適當化（採用噴射機器手臂）

(b) 撞痕不良問題

- 通過作業改善與作業分析特定出發生的場所（製造管理）

(c) 澆口切斷時的切入與切斷面縮孔的不良問題

- 澆口的尺寸與形狀（模具技術）
- 修整壓鑄模具的尺寸與形狀（壓鑄模具設計技術）

(d) 湯流紋、冷接紋的不良問題

- 模具方案（模具設計技術）
- 鑄造條件的適當化（多段射出・超高速射出）
- 模具溫度（模具冷卻・模具冷卻鑄造條件）

③ 精度不良的改善

(a) 尺寸問題

- 模具溫度（模具技術）
- 毛邊的發生（模具溫度・鑄造條件）

(b) 歪曲問題

- 模具溫度（模具技術）
- 鑄造條件（鑄造技術）

4-2 降低鑄造週期

降低鑄造週期可從壓鑄機與周邊的自動化裝置的動作分析著手。

① 自動給湯機

- 配合關模動作進行對料管的給湯動作，將關模完畢到射出開始的時間損失調整到最小。（使用微型電腦的給湯快速啟動機能）
- 給湯機從溶解爐汲取鋁液的時間，對給湯溫度的穩定性也很重要。因此、微型電腦機器會自動監視整個設備的週期，自動調整汲湯啟動（使用連動計時器自動調整機能。）

② 取出機與取出機械人

- 東洋的取出機會配合開模的動作自動開始取出。即使取出機與模具因為操作設置錯誤，也會有微型電腦隨時監視彼此的動作位置，不會發生衝撞。（使用微型電腦的取出快速啟動機能。）
- 在使用取出機械人時，由於控制系統彼此獨立，因此無法彼此監視位置（可以使用微型電腦的取出快速啟動機能）
- 與沖壓機(澆口切斷)連動時，使用機械人做取出可以縮短週期時間。

③ 自動壓鑄與噴霧機械人

- 比較平面的製品即使製品留在模具內也不會干涉到噴霧，複合取出動作與噴射動作，因此能縮短週期時間。（使用電腦的噴霧快速啟動功能）
- 從週期性而言，噴霧座方式比機械人噴霧還快。尤其在鑄造較為複雜的肉厚汽車零件時，350 t 有 5 ~ 8 秒的週期時間差。但是機器人噴霧的正確性比較高。鑄造作業，擁有較佳的全自動鑄造管理性。

④ 自動修整

- 修整壓鑄與壓鑄機連動，在350t壓鑄機以上的設備不會發生週期時間拉長的情形。但如為125 t 級，則會發生延遲 4 ~ 5 秒的情形（12~1秒則會變成16~18秒。）
- 與修整連動的系統比較容易作高週期、整個系統的調整，從排列的自由度來看，未來最好還是採用機械人手臂取出機。（上述125 t 的修整為18秒，但可縮短2秒左右成為16秒。此外350 t 級在薄肉製品則可作2~2.2 秒的高週期。）

⑤ 有關電腦壓鑄機超高週期的設定項目（歸納）

1	預先注湯動作	給湯機	合模動作和傾注動作的複合連動
2	湯勺預先傾料動作	給湯機	使湯勺預先傾斜至待注狀態，縮短注入時間
3	湯勺提早歸位	給湯機	給湯機手臂後退動作和湯勺回位動作連動
4	噴霧機預先噴霧準備	噴霧機	產品取出動作和噴霧器下降動作的連動
5	預先取出動作	取出機	開模動作和取件機手臂動作的連動
6	產品預先頂出動作	取出機	產品頂出動作和取件機手臂動作的連動
7	取出機手臂預先待取	取出機	取件機手臂在前行途中待取動作的設定（500噸以上）

4-3 運轉率的提高

提高設備的運轉率是機器管理的主要工作，也就是說如何有效地利用設備和模具通過提高其運轉率，來實現生產效益提高的問題。其中重要的一點就是不能局限一部分設備而要著眼於整個鑄造系統(包括①壓鑄機及一套自動化周邊設備。②溶解及溶湯配送和溶湯處理設備。③壓鑄及後加工裝置)的完好改善，來訂立改善對策追求設備運轉率的提高。

- ① 消除因設備故障造成的間隙停機（充分落實定期維護保養）
- ② 縮短換模時間（平均應在1小時以內，以20~30分鐘為改善目標）
 - 明確模具維護的標準（打磨、更換零件、清洗等）
 - 改進更換模具的準備工作（盡可能讓操作者以及吊車作好更換前的準備工作）
 - 需要安裝到位的零部件要一步安裝到位（省略連接軟管、緊固螺絲的作業）
 - 壓鑄成型條件依據電腦主機實現其資料化管理（模具更換、模式、條件可用資料管理來防止設定錯誤。）
- ③ 溶湯搬運要研究不停機運送系統。
- ④ 編制壓鑄作業時的設備模具的點檢標準(模具, 設備的維護手冊有助於正確地管理壓鑄作業。)