

離心澆鑄法介紹

· 劉 亞 夫 ·

離心澆鑄是將熔化了的金屬液澆入旋轉的鑄模內，用離心力的作用，使金屬熔液擠向於鑄模壁，冷卻凝固成型。這是一項新的鑄造技術。採用這種鑄造方法可以減少造型面積，個別鑄型可不用泥芯；生產效率高；澆出的鑄件可以消除縮孔和氣孔，質地緻密能保證質量；機械和物理性能比用一般方法鑄出的鑄件（如砂模、金屬靜模、壓力鑄造等）都高；特別是這種方法可以節約金屬材料的用量（省去設置澆口和冒口）；一般鑄造成品率可以達到90~95%。

在鑄造上，應用離心澆鑄的範圍是很廣的。只要鑄件的幾何形狀對稱（中空或實體），不論大小均可採用。如柴油機的汽缸套和漲圈；水泵的缸套、閥、閥座和十字頭滑板；各種軸套和軸瓦等；其他如齒輪、銑刀以及壓延鋼板用的管坯，也都可以採用這種方法鑄造。

為了研究和正確的掌握這一技術，筆者就離心澆鑄的一些有關基本理論和某修配廠離心澆鑄鑽機橫軸銅套的實例，分別作一介紹，供各修配廠推行這項技術的參考。

按照鑄件不同形狀，離心澆鑄的澆鑄方法，基本上可分為兩類：（1）鑄件和鑄模圍繞同一中心軸進行迴轉（即是鑄件迴轉軸中心和鑄模迴轉軸中心相重合在一起），若以其位置區別，則又可分為垂直軸、傾斜軸和水平軸三種不同位置的離心澆鑄，像通孔心的鑄件使用這類方法澆鑄；（2）鑄件佈置在鑄模中心的四周，以鑄模中心為中心隨同鑄模一起迴轉，像一些中小型不通孔心的鑄件採用這類方法。

決定離心澆鑄的主要條件，有以下幾方面：

1. 離心力：離心澆鑄時金屬液所受的離心力大小可用下式表示：

$$G = \frac{G}{g} \cdot \omega^2 \cdot r$$

式中：G——離心力（公斤）；

G——金屬重量（公斤）；

g——重力加速度（公尺/秒平方）；

ω ——角速度（弧度/秒）；

r——迴轉半徑（公尺）。

若以 $m = \frac{G}{g}$ ， $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ 代入上式

則離心力便可等於：

$$G = \frac{m \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot r}{900}$$

式中 m——金屬液的質量；

n——鑄模迴轉速度（轉/分）。

從上式中可以看出，離心力的大小是與金屬液的質量（m），鑄模迴轉速度的平方（ n^2 或角速度平方 ω^2 ）以及其半徑（r）成正比例。

以物理學的等價定理來理解，可以知道，金屬液在迴轉鑄模內所受離心力的作用，與其在靜模內受重力的作用，在性質上是完全一樣的。所不同的祇是前者可隨鑄模迴轉速度不同而改變。若我們從物理意義上來區分，則可以用 $G = mg$ 表示平常重力，用 $Q = m\omega^2 r$ 表示有效重力。換成比重表示為：

$\gamma = \rho g$ 平常比重；

$\delta = \rho\omega^2 r$ 有效比重，（式中 ρ 表示密度）。

從上式可以看出，有效比重是隨鑄模迴轉角速度的平方（ ω^2 ）和半徑（r）成正比例的關係而變化，而金屬的比重，是決定其結晶過程可否獲得質地密實的唯一因素。因此，可以證明，離心澆鑄比一般方法優越就在於它能改變有效比重，而獲得質地密實的鑄件。

2. 鑄件自由表面形狀：鑄模在圍繞垂直軸、傾斜軸和水平軸三種不同位置進行迴轉時，金屬液所形成的自由表面形狀亦不相同，下面就從理論上來分析與介紹一下在上述三種情況下所形成的自由表面形狀：

（1）鑄模在垂直軸位置迴轉時（見圖一實綫）M為自由表面上的一任意點，所受各作用力為：

在 x 軸方向之力為 $m\omega^2 r$ （離心力）；

y 軸方向之力為 $-mg$ （重力）；

z 軸方向（即垂直於紙面方向）不受任何力作用。

在靜平衡狀態下，等壓液體表面微分方程式為：

$x dx + y dy + z dz = 0$ 。將以上值代入

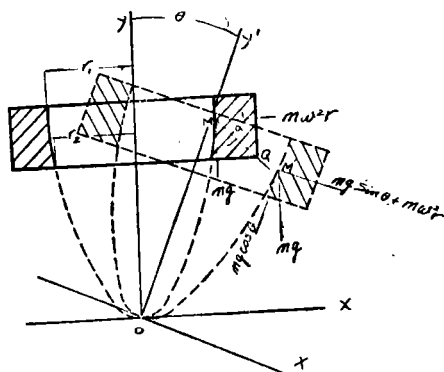


圖 1

即得： $m\omega^2 x dx - mg dy = 0$ $\because (m\omega^2 x = m\omega^2 r)$

簡化： $\omega^2 x dx - g dy = 0$

積分： $\int \omega^2 x dx - \int g dy = 0$

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - gy + c = 0$$

$$\therefore x^2 = 2 \left(\frac{g}{\omega^2} \right) y + c$$

上式為拋物綫方程式，證明自由表面形狀為拋物綫（參看圖 1）。

（2）鑄模在傾斜軸位置迴轉時（見圖一虛綫）

以同樣方法分析： M' 為自由表面上任意一點，所受各作用力為：

在 x 軸方向之力為 $m\omega^2 r + mg \sin \theta$ ，但 $mg \sin \theta$

值可以忽略不計（詳後）*；

y 軸方向之力為 $-mg \cos \theta$ 。

z 軸方向不受任何力作用。

$\therefore x dx + y dy + z dz = 0$

$\therefore m\omega^2 x dx - mg \cos \theta dy = 0$

簡化： $\omega^2 x dx - g \cos \theta dy = 0$

積分： $\int \omega^2 x dx - \int g \cos \theta dy = 0$

$$\omega^2 \frac{x^2}{2} - g \cos \theta y + c = 0$$

$$\text{即 } x^2 = 2 \left(\frac{g \cos \theta}{\omega^2} \right) y + c$$

上式為拋物綫方程式，證明自由表面形狀為拋物綫（參看圖 1 虛綫）。

（3）鑄模在水平軸位置迴轉時（見圖二）。

M 為自由表面上任意一點，所受離心作用力為

$m\omega^2 r$ ，其在 x 軸方向之分力為 $m\omega^2 r \cos \theta$ ，在 y 軸方向之分力為 $m\omega^2 r \sin \theta$ ，

y 軸方向之作用力 mg 可以不計（詳後）*

z 軸方向不受任何作用力。

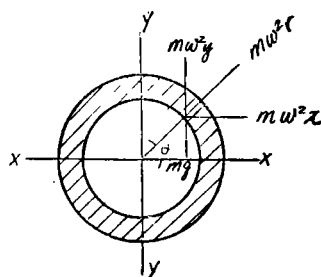


圖 2

$$\therefore \begin{aligned} r \cos \theta &= x \\ r \sin \theta &= y \end{aligned}$$

所以方程式為：

$$m\omega^2 x dx + m\omega^2 y dy = 0$$

簡化： $x dx + y dy = 0$

積分： $\int x dx + \int y dy = 0$

$$\frac{x^2}{2} + \frac{y^2}{2} = 0$$

$$x^2 + y^2 = 0$$

* 在旋轉鑄模中，作用於金屬液上之重力可以忽略不計，這是近年來蘇聯學者 Л. С. 康斯坦丁諾夫研究所得的結論。

當鑄模繞水平軸迴轉時，則作用於金屬液上某點之重力 (mg)，將隨同迴轉位置的改變，而與離心力之垂直分力之代數和，時增時減，在鑄模迴轉一週後，該點合力之平均值便等於離心力 $m\omega^2 r$ ，所以在計算時此力可不考慮。

當鑄模在垂直軸位置迴轉時，其重力 (mg) 與離心力 ($m\omega^2 r$) 所成之合力值，較在傾斜軸位置迴轉的情況下為最大，因為這是重力在 y 軸方向的值最大。

由（圖一）中，我們可求證出此合力值 Q 的大小：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{mg}{m\omega^2 r}$$

$$= \tan^{-1} \frac{\rho g}{\rho \omega^2 r}$$

$$= \tan^{-1} \frac{r}{\delta}$$

實際經驗證明在鑄件自由表面上的金屬液的有效

此重 δ 保持在 340 克/立方公分時，離心澆鑄所得的鑄件質量最好。同時，我們知道一般用在鑄造上的金屬如生鐵、鑄鋼，以及銅合金等的正常比重 γ ，都不超過 10 克/立方公分，將此二值代入式中，即可得 α 值：

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{r}{\delta} = \tan^{-1} \frac{10}{340} = \tan^{-1} 0.0294$$

所以

$$\alpha \approx 1^{\circ}40'$$

因

$$Q = \frac{C}{\cos \alpha}, \cos 1^{\circ}40' = 0.9996.$$

所以

$$Q \approx 1.0004C,$$

Q 與 C 兩力只差 0.0004，這樣小的數值，可以不計。

3. 鑄模迴轉速度：

選取鑄模一定的迴轉速度，主要是為了使金屬液獲得相宜的離心力，但是有些資料中曾這樣介紹質地密實而優良的鑄件，主要決定在，使金屬液保持有足夠大的離心力。也即是說，必須保證鑄模有相當大的迴轉速度。這樣的解釋，無疑意味着只要加大鑄模迴轉速度，就可以提高鑄件的密度，可是要從概念上來理解，我們便會發現，這樣的論點是不全面的。因為這種提法只適合於這樣的金屬：即初析出結晶的比重大大於母液金屬的比重，例如青銅、黃銅和鎳基合金便是；而對於另種金屬，即初析出結晶的比重小於母液金屬的比重，例如鋁鎂合金、鋁合金和鑄鐵等，便不適合了。因為這類金屬在澆鑄過程中，初析出的結晶因體積膨脹，所以較之母液金屬比重減輕，在離心力作用下，此結晶不是趨向於鑄模壁而是向鑄模中心聚集，這時金屬液的結晶過程，是裡（鑄件的內心）、外（緊挨鑄模壁的金屬液，冷卻速度快）同時進行，結晶的結果，在鑄件的中部便造成了許多縮孔不可能獲得質地完全緻密。由此我們可以知道單獨控制離心力的大小，是不能決定鑄件的全部質量的，但是，離心力的大小，對鑄件的自由表面形狀的正確與否，却起着決定性的作用。

計算鑄模迴轉速度，經常所用的公式有以下三個：

$$(1) \quad n = 423 \sqrt{\frac{H}{r_1^2 - r_2^2}}$$

這是當鑄模在垂直軸位置迴轉時選取速度用的一個公式。

式中： n ——鑄模迴轉速度（轉/分鐘）；

H ——鑄件垂直高度（公厘）；

r_1, r_2 ——鑄件上下內徑（公厘）。（見圖 1）

從式中，可以看出，當鑄件高度（ H ）一定時，鑄模的迴轉速度，是依據鑄件上下內徑平方之差（ $r_1^2 - r_2^2$ ）的大小來改變，所以我們在使用這一公式之前，先須確定出鑄件上下內徑最大容許之差值，可參考（圖三）來選擇。過分的要求縮小這個差值甚至使它們等於零，對整個生產過程來講是很不經濟的。事實上也難以達到這樣的要求。因為當 $r_1^2 - r_2^2 = 0$ 時， $n = \infty$ 。

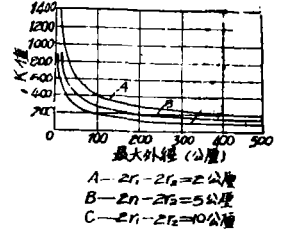


圖 3

(2) 康民 (Кам-мон) 公式：

$$n = \frac{K}{\sqrt{r_1}}$$

這個公式是適用於鑄模在以水平軸位置迴轉的情況下。

式中： n ——鑄模迴轉速度（轉/分）

K ——金屬係數（參看圖 3）

r_1 ——鑄件外徑（英吋）

據康民實驗中證明，祇有保證鑄件外徑（ r_1 ）和內徑（ r_2 ）之比，在 1.11~1.15 時，這一公式才為有效，超出 1.15 時便不再適用了。

關於澆鑄中經常應用的幾種金屬材料的 K 值為：

鋼 —— 1350, 青銅 —— 1675,

生鐵 —— 1550, 鉛 —— 2250,

(3) Л. Г. 康斯坦丁諾夫公式

$$n = \frac{5520}{\sqrt{R \cdot r}}$$

此公式可適用於鑄模在各種位置迴轉時的情況下，用這一公式可以保證鑄件獲得正確的自由表面形狀。式中

n ——鑄模迴轉速度（轉/分）

r ——合金比重

R ——鑄件內圓半徑（垂直軸位置時可取其平均半徑計之）

經驗證明：當鑄件外徑和內徑之比保持在 1~3 範圍內時使用上式最適宜。若以此公式計算鑄模在垂直軸位置迴轉時的速度，而當其鑄件厚度之差超出上述範圍，則可利用公式（1）再行校正。

4. 對澆鑄過程中金屬液結晶的要求：

正確的研究與認識離心澆鑄過程中金屬液結晶的

特點，對有效地掌握離心澆鑄技術是一個非常重要的問題。在這方面的理論有些人認為，離心澆鑄的鑄件質地緻密的原因主要是依靠增加鑄模轉速，提高金屬液的離心力而獲得的，但是巴依柯夫在研究這一問題時所獲得的論說，對這種說法認為是不全面的，應用在所有金屬澆鑄是錯誤的。巴依柯夫認為：保證離心澆鑄的鑄件質地密實的最根本辦法是在於創造條件，以保證金屬液能以順序結晶的形式進行結晶，使金屬液的結晶過程，不論在任何情況下始終都是由外向內進行；為此，必須考慮使鑄模壁的散熱速度大於隨着金屬液進入鑄模中熱的速度。同時亦可藉助改變澆鑄速度，鑄模和金屬液的溫度等辦法，來實現順序結晶的條件。如對壁厚的鑄件，應用小的速度，金屬液和鑄模的溫度亦應盡可能低些。在澆鑄初析出結晶比重小於母液金屬比重的金屬時，為了延緩自由表面上金屬液結晶的滋長，可以採用在自由表面上撒絕熱材料，或在金屬液澆入鑄模後立即用石棉板與外界隔絕等方法。

根據上述我們可以瞭解到，影響離心澆鑄的技術條件，除了鑄模迴轉速度，鑄模和金屬液的溫度外，更重要是金屬液的順序結晶特性。只有全面的兼顧到這些因素，在離心澆鑄上才可以得到滿意的結果。

基於這個理論，我們還可以再研究關於防止澆鑄過程中發生偏析的問題。鑄件中偏析，就是鑄件中各部份的組織成份和比重，呈現有很大差別的現象。這種偏析情況在離心澆鑄中是常見的（多是屬於比重偏析），但是要能很好的掌握即是增大冷卻速度；縮短凝固時間（金屬液的結晶過程）；選取適當的鑄模迴轉速度等。都可以防止偏析的現象產生。

爲了很好的推行這一方法下面將其修配廠，關於離心澆鑄鑽機橫軸銅套的一個實例加以介紹，作爲實際參考的依據：

這個廠在用離心澆鑄的方法製造銅套時，曾採用了兩種方法一是使用鋼殼銅套的方法即將銅鑄在鋼管壁上，連同鋼管一起裝上使用（由於當時有 $\phi 73$ 規格的套管不能使用而就利用了），把銅澆鑄在套管的內壁上加工成橫軸銅套的規格即成成品，後因套管缺乏就使用鋼殼硬模的方法來進行澆鑄，這樣比前方法就耗用銅量較多，但比砂模還是優越的多。

下面將該廠澆鑄的設備和工藝作一介紹：

該廠使用的鑄模以水平軸位置迴轉方法，離心澆鑄機是用一台 6 呎車床改裝而成的。配有專用馬達（如圖 4）。車床床頭（1）上裝有主動卡盤（2），

工件（鋼殼或鋼殼硬模）（3），被夾持在主動卡盤和從動卡盤（4）之間，從動卡盤是座合在卡盤座（5）上，主，從動卡盤上凹座是根據工件外徑大小

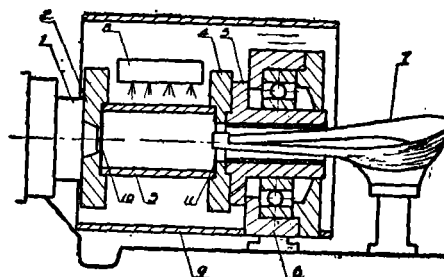


圖 4

不同來加工的。因鋼殼受熱後會漲大，所以凹座的直徑應較工件外徑稍大方可。卡盤座體（6），澆鑄器（7）分別裝置在床面上，可以前後推動，爲了保證金屬液流的順暢，防止本體過熱，所以在它們的內壁上塗有耐火泥（見圖 5）。（8）爲冷卻用水噴嘴，

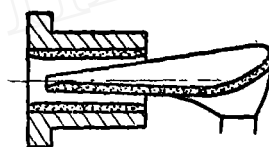


圖 5

（9）爲安全防護罩，用鐵板作成，將澆鑄機嚴密的罩起來。在操作的一方，設置有一個可以拉動開閉的蓋。

工作時：首先按照工件外徑尺寸，選取規定的主，從動卡盤，在卡盤凹座（圖 4 之（10），（11））處墊放石棉紙，然後把工件夾在主，從動卡盤之間。其以將澆鑄器推入卡盤座內，拉合防護罩鐵蓋，開動馬達，進行澆鑄，當金屬液在鋼殼內迴轉 2~3 秒鐘以後，便可急速冷卻。爲了使澆入的銅量適合，可以藉在坩鍋上切割一定大小的缺口來控制（見圖 6）該廠熔化銅用的坩鍋有 50# 60# 100# 三種。



圖 6

澆鑄工藝

（一）鋼殼銅套的澆鑄工藝

（1）將鋼管內表面車光，不得顯露粗糙切痕，因爲粗糙會使焊劑不易塗勻，表面冷卻速度也不一致，影響黏合質量。

（2）浸入溫度在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 含苛性鈉爲 3~5% 的溶液中清洗，以除去油脂，需時 2~3 分鐘即可。

（3）繼浸入 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 含純碱爲 3~5% 的溶液中清洗，需要 1.5~2 分鐘即可。

（4）於清潔的開水內沸煮 1~2 分鐘，以除去

碱質。經處理後的工作，不得以手撫摸壁內。

(5) 塗(或蘸)焊劑(焊劑是20%的硼砂溶液)要求均勻一致而後以 100~120°C 溫度烘乾。

(6) 澆鑄前可先將鋼殼預熱至 200°C。澆鑄用的銅液的溫度為1200°C，床頭轉速為 1500 轉/分，冷卻速度，要求在10~20秒即行全部冷卻。

(二) 鋼殼硬模銅套的澆鑄工藝：

(1) 按照澆鑄銅套的規格，製做鋼殼硬模，硬模的內徑應該車成錐形，以便鑄件易於取出，(該廠用的硬模內徑不是這樣，所以發生鑄件咬死難取的現象)。

(2) 仿照上述方法，進行除油污清理。

(3) 噴刷塗料。(塗料對於鑄件表面光潔度，調整鑄件的冷卻速度，和延長硬模的使用壽命都有很大的作用)

(4) 澆鑄前需將硬模預熱至 150~200°C，在每次澆鑄後，須再薰一層乙炔焰，(但該廠沒有這樣作)。

(5) 開始澆鑄工作，其他技術條件同前。

該廠使用的塗料是與一般砂模上使用的相同，但是曾發現有鑄件表面不光滑，局部有豆形斑點，這裡介紹幾種塗料，備試驗時參考：

i. 用於澆鑄鉛合金的塗料有三種

(1) 白堊粉——15~17%

水玻璃——0.6~1.0%

水 ——其餘

(2) 氧化鋅——4~6%

水玻璃——1.5~1.0%

水 ——其餘

(3) 氧化鋅——4~5%

膠體石墨——0.8~1.5%

水玻璃——1.2~1.5%

水 ——其餘

ii. 用於澆鑄銅合金的塗料有二種：

(1) 熟油——96%

石墨——4%

(2) 藥皂——50%

植物油——其餘。

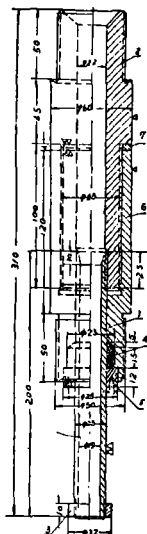
介紹反事故接手的改進方法

朱吉昌編

帶有逆齒形的反事故接手曾在我局有些隊使用過，但這種反事故接手容易發生脫扣現象，所以目前尚未普遍應用。

現在，蘇聯對這種反事故接手已經有了進一步改進，茲將其構造介紹如下：

在反事故接手的接頭(2)的內孔下端連接一根細管(1)，使用時，將反事故接手連接於岩心管接頭上以後，再於細管(1)下端擰上一個螺帽(3)，這是為了防備反事故接手於孔內脫扣時，由於有細管和螺帽連接，不致脫落岩心管於孔內。但是，如果孔內發生埋鑽事故時，將反事故接手絲扣退出以後，還可以用強力將細管(1)或薄螺帽(3)拉斷，以便提出全部孔內鑽桿。



反事故接手的絲扣部分很長並且是採用雙頭、每吋2扣的方螺紋；另外，在上部接頭(2)和下部接頭(6)的接觸面上，不是採用逆齒來防止絲扣擰緊，而是在二者之間墊一個青銅墊圈(7)這是利用鋼與青銅的磨擦係數小於鋼與鋼的磨擦係數的原理，來達到容易由此處卸開的目的。在接頭(6)的下端，應填以塞綫(4)，並用塞綫壓蓋(5)將其壓緊，以防漏入泥沙。

應該特別注意，在使用時，如果孔內發生夾鑽事故，經過吊錘提打或振動處理後，因而鑽桿各連接絲扣將會發生鬆動，不能直接進行反扣，應首先將鑽桿各部絲扣在不緊張的狀態下進行一次擰緊，然後，將鑽桿再提引成伸張狀態，使着力中和點盡量接近於反事故接手處，再進行反絲。

據蘇聯有關資料介紹，改進後的反事故接手，工作效果良好，並且在加工製造上也較容易，因此值得採用。