

23754

中小型电机电器制造 經驗 汇编

第三集

轉子鑄鋁經驗

第一机械工业部北京电器科学研究院技术报导室編



机械工业出版社

目 次

引言	2
采用那一种鑄鋁方法較好?	2
轉子鑄鋁首先要注意什么問題?	3
重力鑄造	12
离心鑄造	15
震动鑄造	18
常見的鑄鋁毛病	20
介紹几个好經驗	22
1 轉子鑄鋁断排檢查器	22
2 用磷化处理解决鑄鋁脫模困難的問題	24
3 轉子鑄鋁热套的經驗	27

江南大学图书馆



91192767

引 言

鼠籠型感應電動機轉子的籠形綫圈，採用鑄鋁的方法來製造，是一項先進的製造工藝。我國電機製造工廠，早在1952年初即已開始試制鑄鋁轉子，並於當年五一節前在瀋陽製造成功。從此，這一先進工藝便開始在我國普遍推廣，並為許多工廠所掌握。

今年，在全國工農業大躍進中，我國電機製造工人和其他工農業戰綫上的工人、農民一樣，發揮了無比的幹勁，創造了許多奇蹟。在鑄鋁工藝方面，也冲破了一般常規，被應用到製造更大的電機：今年十一月初，上海電機廠成功地大批製造了鑄鋁的630瓩高速感應電動機，打破了世界上一向認為鑄鋁只能用於製造200瓩以下電動機的界限。

明年，我國電機製造工業將用更高的速度躍進，電機製造工廠將在全國遍地開花。轉子鑄鋁將是一項普遍採用的工藝，各地新建的電機工廠都迫切希望了解兄弟工廠鑄鋁的情況。這裡只收集些比較適於地方工廠採用的經驗，以供大家參考。

採用那一種鑄鋁方法較好？

轉子鑄鋁的方法，可以分為重力鑄造、離心鑄造、震動鑄造、壓力鑄造等四種。

一、重力鑄造：這種方法是把熔化好的鋁水直接澆鑄到轉子鐵心裡，利用鋁水本身的重力充滿轉子各個部分。重力鑄造法的設備和操作都很簡單，但由於澆鑄時鋁水只受本身重力的作用，不易流動，只能用於槽形較大、鐵心較短的轉子。此法生產效率

比較低，一般是在小批生產中採用。

二、离心鑄造：這種方法是在轉子旋轉的情況下，把熔化好的鋁水澆鑄到轉子鉄心中去，利用离心力的作用，使鋁水充滿轉子的各個部分。所得到的鑄件，金屬組織比較緊密，質量比重力鑄造好。採用的設備不太複雜。適宜於成批生產中採用。

三、震動鑄造：這種方法是在轉子被震動的情況下，把熔化好的鋁水澆鑄到轉子鉄心中去，利用震動使鋁水產生內部壓力，從而保證鋁水充滿轉子的各個部分。所用設備很簡單，一般工廠都能自己製造，鑄件質量也較好。適宜於成批生產中採用。

四、壓力鑄造：這種方法是利用專門的壓鑄設備，將熔化好的鋁水，在受壓力的情況下，被注射到轉子鉄心中去。這種方法對鋁水充滿轉子各個部分時所施的壓力，比以上幾種方法都要大。所得到的鑄件，其組織很緊密，質量較好，生產效率也比較高，適宜於大量生產中採用。

以上四種方法，在我國各電機工廠都已採用。比較起來，重力鑄造最簡便，但質量不易控制；震動和离心鑄造，設備都不複雜，鑄件質量也較好，適宜於向各地方工廠推薦；壓力鑄造，雖然質量最好，但需要專門的壓鑄機，操作技術也要求較高，所以在當前不能普遍採用。

轉子鑄鋁首先要注意什麼問題？

根據各廠報導的經驗，轉子鑄鋁製造中，首先應該注意的問題有三個：

- 一、鋁的成分和鋁水的溫度；
- 二、鑄鋁模子和模子預熱的溫度；

三、轉子鉄心預热的溫度。

一 鋁的成分和鋁水的溫度

鋁是一種僅次於銅的導電材料，在電機製造工業中，鋁是銅的良好代用品。鋁材中如果含有雜質，就會使電阻急劇增加，所以電工方面用的鋁，一般要求純度在 99.5% 以上，其主要性能如下：

密度..... 2.7克/厘米³；

熔點..... 659°C；

20°C時的電阻係數..... 0.0283歐-毫米²/米。

鋁中含有雜質時，對導電系數的影響如圖 1。從這些曲線當中可以看出：不同的雜質，影響亦是不一樣的。通常在鋁中以硅和鉄為最多，兼有少量的銅和鈦，其中鈦對導電系數的影響最大；此外鎂、錳、鈳等對導電系數的影響也很嚴重，必須注意。

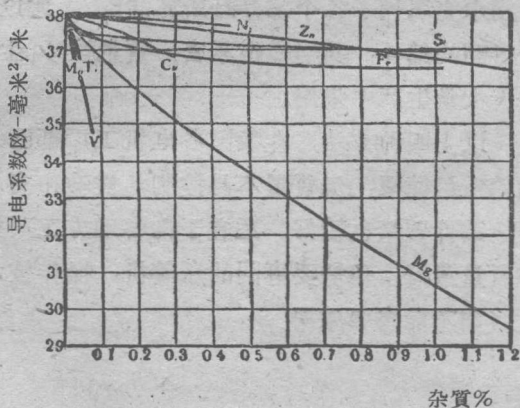


圖 1 各種雜質含量對鋁的導電系數的影響。

鋁在熔化以後，在 700°C 時，即開始吸收大氣中的氫氣和碳氫化合物的氣體。這些氣體滲入到鋁水中去的數量是隨鋁水的溫度成比例的。當溫度在 800°C 以上時，這種滲入氣體的活動就進行得更為劇烈。特別是熾熱的鋁水和水蒸汽接觸時，能發生化合反

应，一方面生成氧化鋁渣滓，一方面分解出氫气滲在鋁水里。含有气体的鋁水澆鑄出来的鑄件，会产生大量气孔，因为鋁水在凝結的时候，气体被分离出来，但又跑不出去，留在鑄件中便造成气孔。这种气孔对鋁鑄件的質量是很有害的。所以一般熔鋁溫度最好不要超过 800°C 。

鋁很容易氧化，在表面生成一种坚硬的薄膜(Al_2O_3)，具有很好的保护作用，能够防止氧化的繼續进行和气体滲入鋁內；但在鋁已熔化的情况下，当我们用鉄勺盛取鋁水时，氧化膜很容易集結成塊混到鋁水里去，而露出的鋁水表面会馬上又生成一層氧化膜。由于氧化鋁的比重比純鋁稍大，熔点高达 2050°C ，所以氧化鋁一旦混入鋁水中以后，就不再浮上来，同时也不溶解在鋁水中。少量的氧化鋁是呈顆粒状浮游在鋁水中，它不仅降低鋁水的流动性，而且增加鋁导体的电阻，危害鑄鋁的質量。如果有大量的氧化鋁沉在鋁水中，就会直接影响澆鑄不能进行。所以在鋁已熔化后，在澆鑄以前，不能随便破坏熔鋁的表面，在取鋁水时，也要注意勿把氧化膜打进鋁水內。

熔化鋁材用的爐子，可以采用石墨坩堝或鑄鉄的坩堝。石墨不会溶在鋁水中，所以用石墨坩堝熔化的鋁水比較純淨，但石墨坩堝不够坚固，容易碰坏，使用时比較麻煩。上海电机厂过去采用这种坩堝时，对新坩堝要作如下处理：先在 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的烘房內低溫处理 $14\sim 20$ 天，然后在 500°C 的烘房內烘 6 小时，經冷却再将鍋子燒紅，然后才能放入鋁塊熔化。澆鑄完畢后，要倒掉剩余的鋁水，均匀冷却。由于往复处理，所以上海电机厂已不采用这种坩堝。鑄鉄坩堝則較为坚固不易破裂。坩堝材料可以采用灰口鑄鉄，厚度約为 30 毫米，寿命大約为 3 个星期。鉄在高溫下会溶解在鋁水中，增加鋁的雜質，所以熔鋁时須在坩堝表面塗一層塗

料。塗料的配方，各厂經驗不一样。

佳木斯电机厂采用的是：水玻璃 200 克，石墨 100 克，加水 2 公升。鉄鍋須先用銅絲刷刷淨，除去鍋上附有的氧化鋁、鉄銹等，加热到 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，刷好塗料，冷却到室温，然后应用。每熔一次都必須这样做一次。

大連电机厂采用的是：磁土30%，水70%，混合好后加热到 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，鉄鍋加热到 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，在坩堝里面刷4~5次塗料，厚度約0.5~1.5毫米。

熔鋁时，鋁的配料，各厂經驗也并不完全相同。一般的配方如下：

1. 普通鑄鋁轉子的鋁合金成分：

机座	小于3#	3~4#	5#	6~7#
含硅量%	0.5	1	1.5	2
含鋁量%	99.5	99	98.5	98

2. 高起动轉矩轉子鑄鋁用的鋁合金成分：

硅.....	10~13%
銅.....	0.8%
鋁.....	89.2~86.2%

鋁的熔化过程是这样进行的：配好的材料要先进行預热，使干燥后才能放进坩堝熔化。先取一条鋁塊和硅鉄塊一道放进坩堝，先行熔化（硅鉄必須是塊狀的，粉末狀的不能用），再用塗了塗料并烤干的鉄棒进行攪拌，大約2分鐘見鋁水沒有魚子形的小珠后，即可加入全部配料，鼓風加溫进行熔化。达到所需的溫度时，即进行清化，以除去鋁水中的氧化物和气体。清化剂各厂用的不一样，上海电机厂用食盐（ NaCl ，用鋁水重量的0.1~0.5%），大連电机厂用氯化銨（ NH_4Cl ，用量为0.01~0.03%）；此外用氯化鋅、氟化鈣或它們的混合物也行（用量为

0.1~0.2%)。使用时，預先将清化剂充分干燥，再用紙包好，用沉下工具（圖2）把清化剂送到鉛水下面，这时可以看到气泡沸出，約5分鐘后，气泡全部跑光，鉛水內的渣滓大部都被排出来，輕輕用勺除去，即可准备澆鑄。

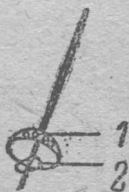


圖2 沉下工具：
1—鑽孔小盖子；2—清化剂小包。

澆鑄时鉛水的溫度为：

重力鑄造：	750~780°C	（上海华成电机厂）
离心鑄造：	720~760°C	（上海华成电机厂）
	780~800°C	（大連电机厂）
震动鑄造：	750~800°C	（佳木斯电机厂）
压力鑄造：	720~730°C	（上海电机厂）

一般說来，鉛水溫度过高会因为吸收气体造成气孔，因为收縮太大而造成縮孔，因为流动性大而造成漏鉛；鉛水溫度如太低，則因为流动性小凝固快而造成澆不滿。

二 鑄鉛模和模子預热的溫度

鑄鉛模一般分为上模、中模、下模、假軸、上下压板等五个部分，如圖3。

上下模包括組成轉子端环和風叶的模型，上模的中間部分同时还和假軸端部組成澆鑄鉛水的澆口；中模主要起包住鉄心防止漏鉛的作用；上下压板主要用于夹紧整套模子；假軸則主要是用以压紧鉄心。

鑄鉛模在工作中，要承受以下几种影响：

1. 熾热鉛水对模子产生的侵蝕作用；
2. 操作中反复受热，溫度变化所造成的应力；

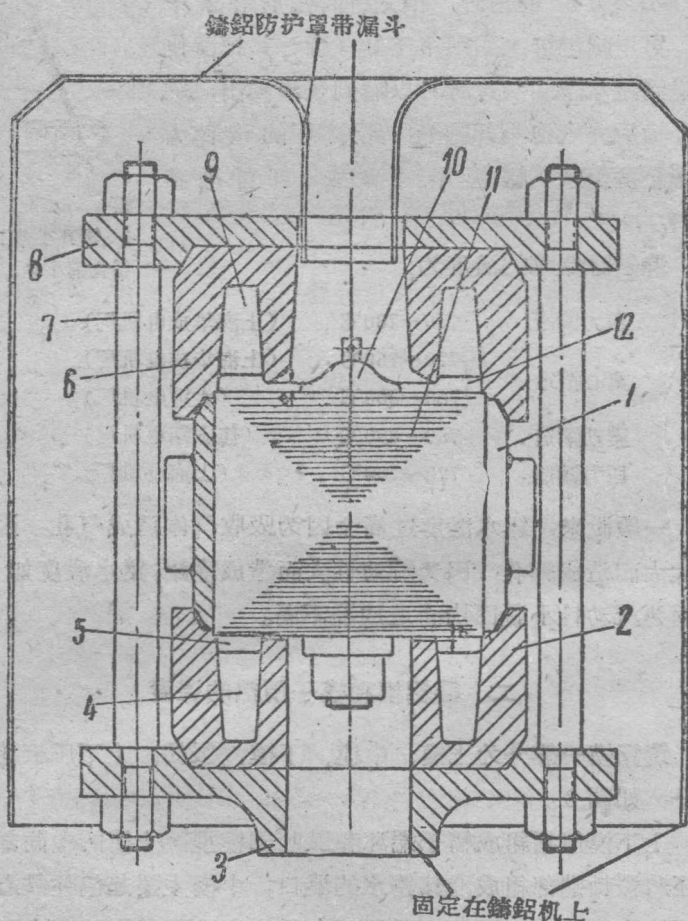


圖 3 鑄模示意圖：

1—中模；2—下模；3—下壓板；4—下風叶；5—下端環；6—上模；7—螺
杆；8—上壓板；9—上風叶；10—假軸；11—轉子鉄心；12—上端環。

3. 在离心鑄造中，模子及鑄件在旋轉時所产生的应力。

为此，对于模子的設計要求具有相当的强度；在制造上則要

求表面光滑。

博山电机厂对4~6号机座用的上下鑄模，采用球墨鑄鐵鑄成，而且風扇、端环等部分都一道鑄出，經過加工弄光，質量很好，亦很耐用。上海电机厂对9号机座的离心鑄模，采用普通鋼料做，質量也很好。

中模可以用軟鋼或鉄板圍成，为便于脫模，可以做成两块或三块拼合的形式。拼合对口处，应做成雌雄口（圖4），以防止漏鋁。中模的直徑比轉子外徑約大0.2毫米左右。为加强中模，外圍可焊上一些加强筋。

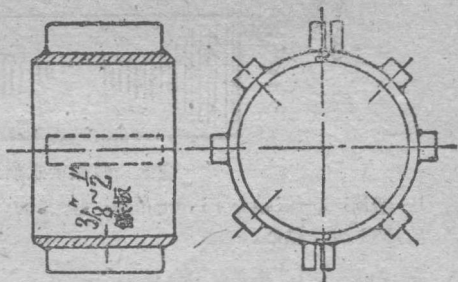


圖4 中模示意圖。

上中下模装在一起时，主要是靠上下模的止口平面将中模压住，而中模又是保証上下模对准用的定位标准，所以模具各个接合面，必須互相紧密吻合。

为使澆鑄时保証充分順利地排出气体，防止产生气孔，在下模端环內緣，必須开一些通風道。一般在不产生漏鋁的条件下，可以多开一点。昆明电机厂的經驗是开4个2毫米深10~20毫米寬的通風道。湘潭、上海等电机厂都有相同的經驗。

假軸主要在7号机座以下采用，它的結構如圖5。这是博山电机厂在54年采用的設計，它的优点是澆鑄完后，容易脫出。圖中1为对拼套筒（用鑄鉄做成），它的外圓和轉子鉄心的內圓相配合，而套筒的內圓則借A、B两个面和假軸心子相配合，AB的寬度为10~15毫米。套筒上刨有斜槽，鉚上了一根斜銷，以便鉄心套上后，使轉子槽有一定的斜度。假軸装上轉子鉄心后，下端用

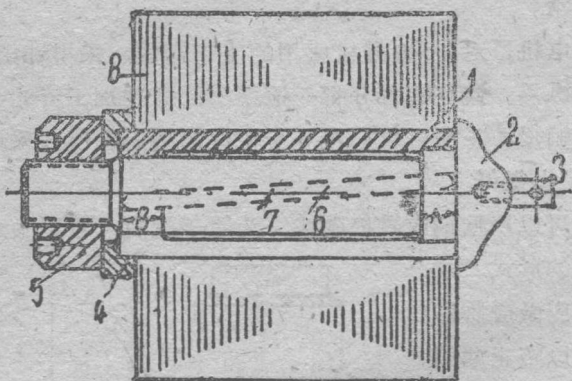


圖 5 假軸示意圖：

1—套筒；2—假軸心子；3—吊攀；4—墊圈；5—螺帽；6—平銷；7—鉗釘；8—轉子鉄心。

螺帽將鉄心壓緊。假軸上端還裝了一個吊攀，便于從預熱爐中取出轉子，避免了抱鉗之類夾壞鉄心。在成批生產中，這種假軸要多準備一批。

在澆鑄時，鑄模必須預熱，一般書上規定是 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。實際上，各廠經驗並不一致：佳木斯電機廠在震動鑄造中預熱溫度為 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ ；大連電機廠在離心鑄鋁時，預熱溫度為 $200\sim 280^{\circ}\text{C}$ ；上海華成電機廠為 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。模子預熱的溫度對鑄鋁質量影響很大，而且必須和轉子鉄心預熱的溫度相配合，各廠都是經過一翻努力後，才找到合適的溫度的。

為了在澆鑄中，保護模子不被熾熱的鋁水侵蝕，同時使脫模工作容易進行，應該在模子上使用塗料。各廠使用的塗料如下：

大連電機廠：白鉛油60% 機器油40%；在模子預熱到 $200\sim 280^{\circ}\text{C}$ 時，用壓縮空氣噴上。

華成電機廠：滑石粉30% 水70%；在模子預熱到 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 時，手工

塗上，再加熱到 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。

上海電機廠：石墨 50% 機油 50%；用壓縮空氣噴上。

南京電機廠：大理石粉 $200\sim 250$ 克

水玻璃 $50\sim 70$ 克

清水 1 公升

在模子預熱後，刷上塗料，再送回預熱爐加熱，然後使用。

鑄模在連續使用幾次後，溫度會逐漸上升，需要進行冷卻，方法是在炭灰水中浸一下。炭灰水的配方為：黑炭灰 1.5 公斤，清水 8.5 公升。

澆鑄過程中，如果有中途停頓時，須把鑄模放在預熱爐中保溫，以免溫度降低。

每澆鑄 5~6 個轉子後，就應噴刷一次塗料，特別是內澆口處，更應經常噴刷白鉛油，以保護模壁的壽命。每次噴刷塗料後，要在水分完全蒸發以後，再行澆鑄。澆鑄過程中，每隔一次，要用壓縮空氣將下模吹淨一次。否則雜質會附在鑄件上影響質量。

三 轉子鉄心預熱的溫度

轉子預熱的溫度必須均勻，而且必須和模子預熱的溫度相適應，一般須加熱到 $450\sim 500^{\circ}\text{C}$ 左右。

大連電機廠在 1954 年曾經做過一個試驗，證明當轉子預熱溫度太低時，下模端環便出現縮孔現象；反之，如果轉子溫度太高時，則容易發生漏鉛現象。

各工廠轉子預熱的溫度規定如下：

佳木斯電機廠： $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ （他們介紹了一個在沒有儀器時測試溫度的辦法——用一張報紙在轉子上貼一下，如立即變黑，是溫度恰好；如果紙變褐色，是預熱不夠；如立即着火，是溫度太高）。

上海電機廠： $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ；

大連电机厂：500~600°C，并保溫 15~20 分鐘；

華成电机厂：400~500°C，并保溫 10 分鐘。

轉子硅鋼片在高溫下易老化，所以預熱好的轉應隨時澆鑄掉。

以上談到的，是一般鑄鋁中首先應注意的幾個問題。下面擬就各地方工厂可以馬上採用的重力鑄造、离心鑄造、和震動鑄造分別談一談操作中的要點。壓力鑄造由於設備較複雜，一般不能現在採用，這裡就不去談它了。

重力鑄造

重力鑄鋁的設備如圖 6：圖中①是上下模拉緊用的螺栓，共四只。

②是下模墊盤，能以絞鏈 A 為中心搖轉。

③是上模，根據轉子槽數的多寡，每隔一槽鑽約 5 毫米直徑錐形孔一個如 B，上部帶有圓錐形澆口。

④是分流器，外圓開有四條扁闊槽子，鋁水從其中一條 C 處澆入。澆滿後，可以從另三

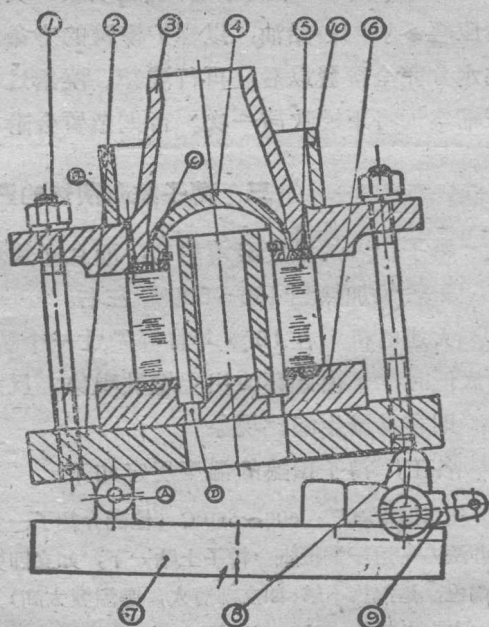


圖 6 重力鑄造設備示意圖。

条涌到上模③的圓錐形部分中。

⑤是被澆鑄的轉子鉄心，必須預先压紧。

⑥是下模，放在垫盘②的止口上定位，在D外鑽有六只均分的通風道。

⑦是底座，左边有絞鏈搭子两只，右边装有能起落整个模子設備的搭子（居中装置）。

⑧⑨是撐鉄和搖柄，轉子鉄心在未开始澆鑄时，必須將下模垫盘②的一端抬高，待澆鑄完畢后应立即將撐鉄⑧踏下，使垫盘②包括上模③下模⑥以及澆滿鋁水的轉子鉄心⑤，借助本身的重力下落。这样可减少鑄品内部的气孔使鑄件坚实。

⑩是鉄圈，套在上模圓錐形的外圈，用以防从B处溢出的鋁水漏掉。

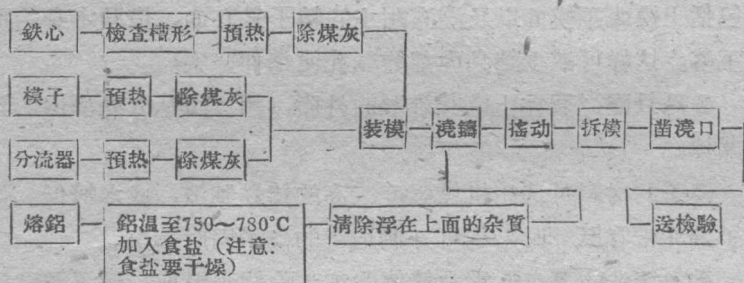
模子的材料可选用机械强度較高的鑄鉄制造，成本較低。如轉子端环带有風叶时，也可开制适当的模子同时鑄出。

重力鑄造的要点：重力鑄鋁的工艺除鋁水溫度，轉子与模子的預热溫度，澆鑄过程等是重点問題外，对模子及其夹具的制造和其在工艺上的要求，如材料的选用、通風道的安排、也是非常重要的。特別是通風道的安排問題，对鑄鋁有很大的关系。因此在进行模子設計时必须考虑鋁水澆入模内时，怎样排出模内原有的气体，如不能排出因受高溫而膨脹的气体，就会产生气孔而使鑄件报废。为此下模（和硅鋼片及轉子压圈接触的面上）必須要开几条通風道（一般为闊10~20毫米，深0.3~0.5毫米），上模在端环頂面上根据轉子鉄心的槽数，每隔一槽开一个約5毫米的錐形通風道。其次是分流器的設計，分流器上开有四条扁槽，在澆鑄时模子有 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 的傾斜，鋁水是經分流器由一端流入，因此分流器的某一槽要开得特別闊，在鑄鋁时，使闊的一面傾向下

面，以利鋁水暢流。

在澆鑄后，有时鋁环可能有縮裂現象，这主要是由于鋁溫太高，因鋁溫超过 800°C 以上时，其結晶粒变粗，强度减低，当鋁水剛凝固时，因其延伸率不足，故而产生縮裂現象。要避免这种現象，只有降低鋁溫，使其不超过 800°C ，同时在不影响硅鋼片变質的情况下，尽量提高轉子鉄心預热溫度，这样可以避免縮裂現象。

重力鑄造过程，列表如下：



在鑄造时，注意以下几点：

1. 分流器、鋁勺、漏斗等也都要預热到 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ ；
2. 預热好的模子、轉子鉄心、分流器和漏斗等都要清除煤灰后才能装起来；
3. 澆鑄时，鋁勺盛鋁后，应立即倒入漏斗，动作要快，傾倒鋁水要均匀不中断，速度要掌握适当，太急时，会有气泡等現象产生。
4. 勺子的容量应比轉子所必須的鋁液量大 $10\sim 15\%$ ，盛取的鋁液应尽量不使有剩余。
5. 澆鑄后，須停 10 分鐘，才可进行拆模，过早会使表面产生裂縫或收縮。

在下次澆鑄前，須清理模具使表面清潔，特別是上模的出氣孔，注意不要被鋁堵死。

江南大学图书馆



91192767

离心鑄造

离心鑄造設備的結構如圖 7。如果要用来鑄造不同直徑的轉

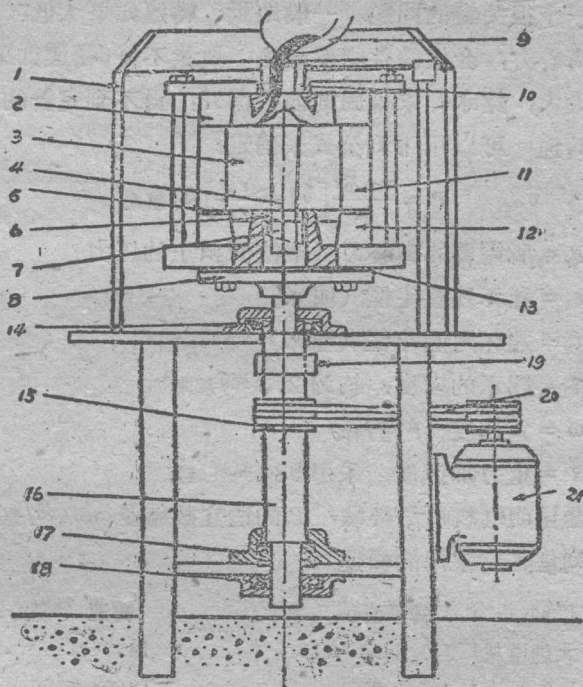


圖 7 离心鑄造設備示意圖：

1—防護罩；2—上模；3—鉄心；4—假軸；5—分开面；6—墊；7—銷子；8—法兰盤；9—勺子；10—漏斗；11—中模；12—下模；13—石棉紙；14—軸承；15—皮帶輪；16—主軸；17、18—軸承；19—刹車；20—三角皮帶；21—电动机。

子时，应有变速机构，圖中沒有画出来。整个設備的轉动部分，連同鑄模一起，如果要用来鑄造直徑較大的轉子时，必須經過校正平衡，以免旋轉时产生有害的震动。全部旋轉部分，要用完善的鉄防护罩包圍起来。上模所形成的澆口，必須做成上小下大的形状，以免澆鑄鉛水起往上拋。

在离心鑄造中，除了前面談到的几个問題外，旋轉速度的确定，是一个很關鍵的問題。一般地說：轉速如果太低，不能产生足够的离心力，会使鑄件組織疏松，質量不好；轉速如果太高，則离心力太大，鉛水在未凝固前即被拋开，得不到完善的鑄件。离心机的轉速，可以用下列公式来确定：

$$P = \frac{\gamma \times \omega^2}{3g} \left[r_1^2 - \frac{r_2^3}{r_1} \right] \text{克/厘米}^2$$

式中 P = 所需要的离心力（單位面积上的压力）

r_1 = 端环外圓半徑（厘米）

r_2 = 端环內圓半徑（厘米）

γ = 鉛水的密度，約为 2.3 克/厘米³

ω = 角速度（弧度/秒）

g = 重力加速度，采用 980 厘米/秒²

根据昆明电机厂的經驗， P 的适宜数值是 560 克/厘米²

下列是各厂采用的轉速。

厂別	轉子直徑（毫米）	轉速（轉/分）
大連电机厂	90~110	1450~1490
	155	1260~1350
南京电机厂	90	1020~1280
	110~155	840~950
	155	680~840
华成电机厂	50~72	1800