

薛本东 編著



破鋼片簡易製造法

科技衛生出版社

內 容 提 要

矽鋼片是製造電機設備不可缺少的材料，大量製造矽鋼片對目前發展電力工業具有重要的意義。

本書介紹了三種製造矽鋼片的方法，都是蘇州、揚州有關單位試製成功的經驗，其中“坩堝冶煉矽鋼”、“轉爐冶煉矽鋼”兩種方法係土法生產。本書的特點是既介紹具體操作方法，又敘述一般理論知識，可供從事矽鋼片製造的工作人員參考。

矽 鋼 片 簡 易 製 造 法

薛 本 東 編 著

科技衛生出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

中國科學院上海分院印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

開本 787×1092 毫米 1/32 印張 9/16 字數 11,000

1959年2月第1版 1959年2月第1次印刷

印數 1-5,000

統一書號：15119·1164

定價：(十) 0.08 元

前 言

在目前大躍進時期，工農業的發展一日千里，任何工業或農業都離不開電機設備。因此電機設備如變壓器、電動機等的需要量也日益增多，矽鋼片是製造電機設備不可缺少的材料。因此大量製造矽鋼片具有很大的意義。

本書介紹的是在蘇州某合金鋼廠與揚州某廠試製成功的製造矽鋼片的方法，產品還符合製造要求，特點是方法簡單，便於製造。但由於作者經驗淺薄，只能把情況概括介紹，把初步摸到的細微知識作拋磚引玉的交流，內容上可能有錯誤，有待於從事研究的同志們指正。

目 錄

一、冶煉矽鋼的理論基礎.....	1
二、化學熱處理法製矽鋼片的理論基礎.....	4
三、電機設備中矽鋼的要求.....	5
四、土法坩堝冶煉矽鋼.....	6
五、土轉爐冶煉矽鋼.....	10
六、化學熱處理法製矽鋼片.....	14
七、結語.....	15

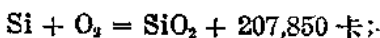
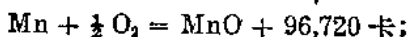
一、冶煉砂鋼的理論基礎

冶煉砂鋼，可用生鐵為原料，特別是有小（土）高爐的地方，可以考慮聯合生產，這樣它的經濟價值更大。

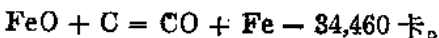
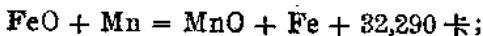
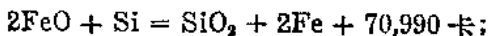
從生鐵開始冶煉砂鋼，可以直接煉成砂鋼或先煉成低碳鋼後，再使它成為砂鋼。

在理論上煉鋼的過程是一種化學變化，它包括了氧化與還原二個過程。

吹煉過程就是一個氧化過程，它的化學反應如下：

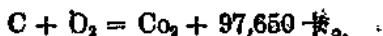


此時鐵水中的某些元素，被氧化為氧化物，同時放出熱量，促使鐵水溫度上升，相應地使氧化作用更加劇烈。當溫度升高到 1450°C 以上時，鐵水中的碳開始激烈氧化，生成較多的一氧化碳而使鐵水沸騰。在氧化的同時，生成的氧化亞鐵又與矽、砂、錳起作用，造成第二次氧化反應，它的作用如下：



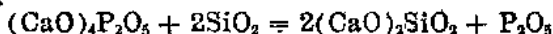
此時所生成的氧化物熔渣，就浮在鐵水表面。

在第二次氧化開始時，主要發熱作用是依靠碳的氧化，它的反應如下：

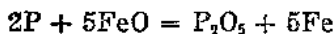


此時溫度急劇上升，脫碳也非常迅速。

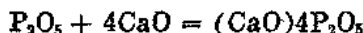
當吹煉到最後階段，鐵水中碳、矽、錳降低到一定程度（吹煉到火花與火舌逐漸縮短到一定程度）時即可停止吹煉，加入脫磷劑。在這時必須考慮坩堝（或轉爐）的材料，如果是鹼性材料，加入脫磷劑可以達到脫磷的要求，如果不是鹼性而是酸性材料時，則爐渣中的磷酸鈣將與酸性材料（矽酸鹽）化合，坩堝（或轉爐）就要被侵蝕破壞，它的反應如下：



如果坩堝（或轉爐）的材料是鹼性的，它的脫磷反應如下：

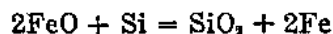


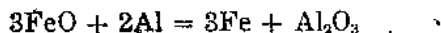
由於五氧化二磷性質不安定，極易被碳、矽所還原，所以必須同時加入石灰（CaO），使它成為安定的磷酸鈣，浮在鐵水表面成為熔渣，其反應如下：



脫磷劑的配合比例是：鐵屑（氧化鐵 75%）、石灰 30%、氟石（CaF₂）20%，加入量可採用鐵水的 4%。

第二步過程是還原過程，吹煉停止後，由於吹煉的關係，在鋼水中過剩的一部分氧氣成為氧化鐵，氧化鐵的生成要減少鋼量，但可用脫氧劑進行還原除去氧氣。一般是先加入錳鐵，再加矽鐵，最後再加鋁。錳鐵與矽鐵的加入量為鐵水的 0.4%，鋁為 0.1%。加入脫氧劑後的反應如下：





鋼水中氧化鐵的含量隨溫度不同而變更，一般變化如下：

溫度°C	FeO%
1600	0.33
1519	0.22
715	0.11
20(常溫)	0.05

為了保證鋼錠的質量必須進行脫硫，脫硫一般情況是在吹煉前進行，因為脫硫只有當含碳量在3%以上時才有顯著的效果。脫硫的方法有二種，一種是在鐵水中加入石灰石(100)、氟石(50)、磁鐵礦(30)，進行脫硫，另一種是在鐵水包中加1.5~2% 純碱進行，其中以後者效果較好。

待吹煉結束，並進行脫磷、脫氧工序後，即可加砂。加砂，是加入砂鐵。

加砂鐵量的計算：所用砂鐵的含砂量，應該事先知道，一般砂鐵含砂量為75%或45%。砂鐵中含砂量知道後，即可根據所要煉的砂鋼要求進行計算。

[例]：有鋼水50公升，要製造含砂量4%左右的砂鋼，以便製成壓鑄砂鋼片用，需用砂鐵多少？

以含砂量4%計算，需加入的純砂量為：

$$50 \times 4\% = 2 \text{ 公斤。}$$

如所用砂鐵含砂量為75%，則應加入的砂鐵量為：

$$2 \div 75\% = 2.67 \text{ 公斤。}$$

但加入砂鐵時有一部分砂要損失，一般以實用80%計算，則應加入含75%砂的砂鐵為：

$$2.67 \div 0.8 = 3.33 \text{ 公斤。}$$

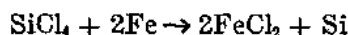
一切操作完成後，即可澆注成鋼錠或鋼板。

鋼錠乘熱（1500°C 左右）時進行鍛造或軋製，以後再經冷鍛或軋製，即可得到符合要求厚薄的砂鋼片。

二、化學熱處理法製砂 鋼片的理論基礎

採用砂鐵（含砂量在 75% 左右）、黃沙與氯化銨，進行黑鐵皮的滲砂，它的全部過程包括二個方面：

1. 化學方面：砂鐵在高溫時與氯化銨作用，以黃沙（ SiO_2 、 Al_2O_3 等）為催化劑，可成為四氯化矽，四氯化矽在 60°C 左右為氣態，氣態的四氯化矽即與鐵作用（在高溫狀態）成為二氧化鐵，同時原子狀態的矽析出而擴散到鋼中去。其反應如下：



2. 熱處理部分：鐵在高溫 A_3 點時，它的組成為固溶體^①，此時由四氯化矽與其作用，一面生成二氧化鐵，同時原子矽即可擴散到鋼中。

① 鋼鐵在發生各種狀態變化時，開始轉變時的溫度叫做“臨界點”，也叫做“臨界溫度”。在應用方面，鋼鐵的“臨界點”根據溫度高低的不同，可分為低臨界點（常以 A_1 表示）、磁性變化點（常以 A_2 表示）、高臨界點（常以 A_3 表示）。

② 鋼鐵加熱到 A_3 點時，顯微鏡下已看不到原有的組織，看到的是一種固體狀態的熔融物稱謂固溶體，這種固溶體是由碳溶解在面心立方體鐵黑生成的，也叫做奧氏體。

三、電機設備中矽鋼的要求

在電機設備中所用的矽鋼，它的含矽量為0.8~4.8%，在1920~1935年這一段時期中，對矽鋼的質量已進行了研究，那時主要是除去有害雜質（如碳、氮、氧、硫）和培育粗大的結晶粒子。到1935年戈斯（H. Госс）曾從事含矽量為3~3.25%的變壓器鋼組織研究工作，他認為在退火鋼中，立方體的稜[100]的方向絕大部分順着鋼的壓延方向，因而鋼的導磁率大大增高。

A. Л. 哥爾特曼，A. B. 拉斯多爾戈也夫，Г. М. 福明等人亦從事了組織化鋼的研究工作。

生產組織化鋼的方案，不僅要沿着軋壓的方向內產生立方稜[100]的組織，而且要從金屬內去除有害的雜質和培育粗大的粒子。鋼片內含有：碳0.003~0.05%、錳<0.1%、硫<0.003%和磷0.1%。熱軋至厚度為2.5公厘後，鋼在連續的壓延機上軋壓至厚度為0.3~0.35公厘，經過在900~950°C時中間退火，和在800~850°C時去碳退火（在潮濕的還原介質內），逐漸地熱至1100~1200°C在純氫內作最後的退火，保證必要的再結晶組織變大的粒子和有害雜質的補充去除工作。

組織化的鋼可以軋到0.03~0.05公厘的厚度。

四、土法坩堝冶煉矽鋼

原 料

土法治煉矽鋼，應該選擇含碳量較低的鐵。含碳量愈高，在土法治煉時愈困難，因為雖然經過脫碳，但由於客觀情況的限制，仍難達到質量標準。

一般土法治煉所用的原料，可選擇熟鐵，如果沒有熟鐵時，當然同樣可以用生鐵，不過在脫碳時要進行較嚴格的鑒制。

燃 料

燃料最好是用焦炭，但在焦炭缺乏時，可用白煤代替，如果白煤也沒有時，烟煤也可用，但有時所加燃料不適宜時，不易使坩堝內的鐵完全熔化。關於燃料問題可根據具體情況進行試驗研究。

坩 堝

坩堝最好是用耐火坩堝，如果沒有時亦可用紫泥坩堝，最好避免用碳素坩堝，因為在進行冶煉時，碳素很容易影響矽鋼的質量。

如果必須使用碳素坩堝，應先進行處理後再用。處理的辦法是：在坩堝內壁塗一層其他材料，使碳素隔絕。現在介紹一種辦法，即是在坩堝內部用氧化鋁 10 份、冰晶石 1 份，以石

灰水拌和後塗結在坩堝壁上，待乾燥後，再加熱使化合成一層耐高溫的襯裏，厚度約為1~2公分，如圖1所示。

洋法製造坩堝：用1公厘厚的熟鐵皮圈成圓形，外面襯石棉板2層，最外層用石棉布裹緊，然後在石棉板與鐵皮之間加入下列材料：



圖1

石英砂	粗粒	2~3 公厘	15%
石英砂	中粒	1~2 公厘	60%
石英砂	細粒		23.5%
硼酸			1.5%

將上述材料拌和後打緊實，然後以高頻率電流（12000 伏、200~300 千週）加熱至1800°C，使內層鐵板與石英砂等混合物熔融合合，這樣的坩堝質量極好，但一般土法較難製成。

燃 燒 爐

燃燒爐可採用地坑，如圖2所示。可在地上開一坑，四周用火磚或其他耐火材料砌成，如果沒有耐火材料或火磚時

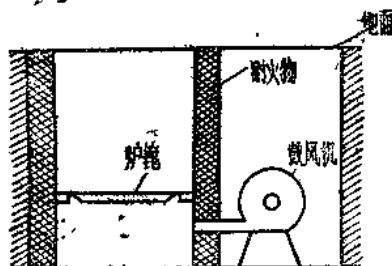


圖2

可用普通石頭、磚頭砌後用黃泥粉刷。爐子下部設爐篦，爐篦下面爲出灰坑，出灰坑在煉鋼時應封閉，只開一小孔作爲通風用。

吹 煉 過 程

將熟鐵弄成小塊，這樣可以減少熔化時間，然後放入坩埚中，（一般小號——14號坩埚可放入熟鐵5斤），在坩埚上蓋一蓋子，再用黃泥密封，如圖3所示。然後將坩埚放入爐中熔煉，如圖4所示。所用燃料下部最好是焦炭，在上部用白煤，如果沒有焦炭可全部用白煤。先將底層焦炭燒着，再將已裝好料的坩埚用抱鉗放入，在坩埚四周填入焦炭，上部加好白煤，將爐蓋蓋好，即行鼓風使焦炭猛烈燃燒，將坩埚內的材料熔化。熔化時間應視具體情況而定，摸索數次後即可得出經驗。在熔化將結束時，從頂孔打杆，瞭解鋼水的溫度情況，如果溫度已到，則將爐蓋取去進行吹煉（圖5），以進行脫碳。由於氧化反應急劇進行，使鋼水溫度迅速升高。



圖 3

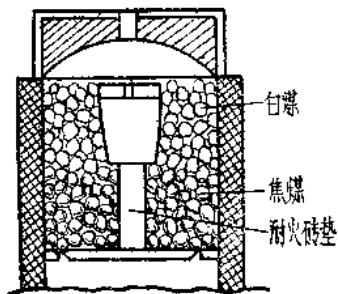


圖 4

一般脫碳都用氧氣吹煉，在土法冶煉時因無氧氣可採用空氣，也能獲得同樣效果。所用空氣不需加熱。吹煉的工具可根據生產情況而使用各種器材，如壓縮空氣器、殺蟲劑噴霧器、打氣筒等都可以。

吹煉時的風量與風壓，根據火花和火舌的情況來決定，可以從側孔中噴出的火花鑒定。

火花與火舌的鑒別：開始吹煉時有較大的鐵花、砂花和銹花冒出，逐漸有紅黃色的火舌噴出，此時一氧化碳已開始燃燒。此後火舌由紅黃變為黃白、白，到白亮，說明鋼水溫度逐步在提高，同時有星狀碳花，密度逐漸加大，白亮火舌由短變長，這時是碳燃燒的高峯。然後火舌由長變短，碳花由密變疏，說明鋼水含碳量已接近要求。

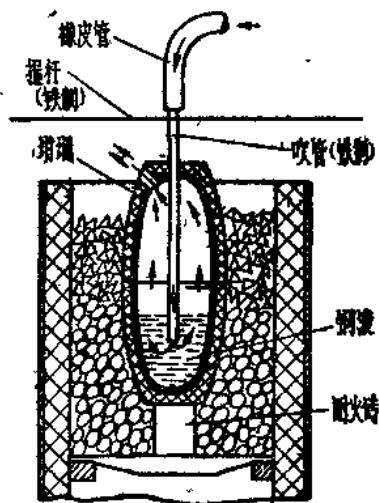


圖 5

吹煉時間應按照具體情況來決定，在生產中摸索一個階段，即可靈活掌握，使鋼水達到要求。

吹煉結束後，加入砂鐵，並同時加入脫磷劑，然後用鐵棒攪拌，渣就浮在鋼水表面，即可用棒或其他工具去除。脫氧亦在此時進行。這一系列工作完成後，即可澆注模型。

錠的形狀有板形、長方條形和圓條形等。所用模型可用

鑄鐵或砂模。

五、土轉爐冶煉砂鋼

土轉爐的構造

土轉爐的詳細結構如圖6所示，耐火磚層和調和的耐火材料層，可採用已燒過的白雲石和7~10%脫水瀝青調和打結

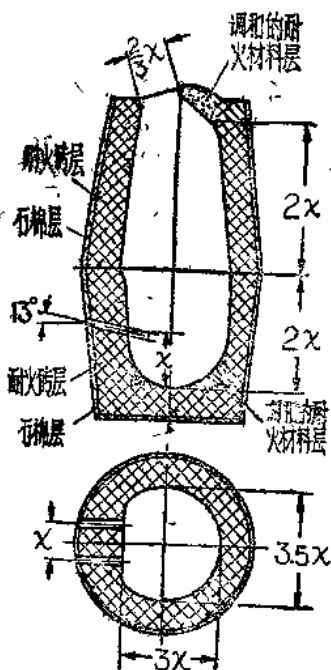


圖 6

堅固，或用石英砂加 15% 耐火泥和水打結堅固。然後進行烘乾。土轉爐分上下二節，下節可架在支承架上，以便轉動，上節合在下節上面可以裝拆，以便於裝料。

土轉爐的操作

在熔鐵爐將鐵水熔化，同時將土轉爐進行預熱。預熱的方法是：將焦炭投入轉爐後用鼓風機鼓風燃燒，待爐壁熱至紅熱狀態（約 $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ），可將焦炭灰扒出，將熔鐵爐的鐵水倒入。倒入鐵水時應將轉爐轉到圖 7 所示位置，以免鐵水堵住風口。

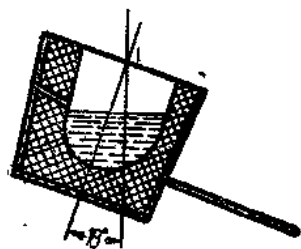


圖 7

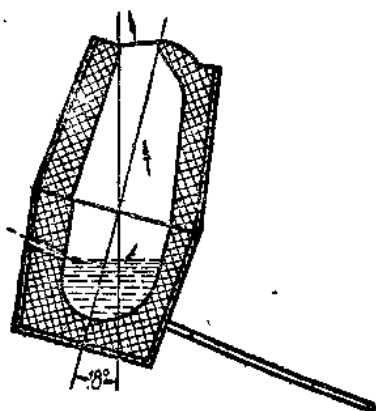


圖 8

然後將上節裝上（圖 8），進行吹風，並將轉爐轉到圖 9 所示位置，進行前期吹煉。

吹煉時的風壓一般是 $0.07 \sim 0.12$ 大氣壓或更大些，依據吹煉時的具體情況決定。為了經常掌握風壓，風壓表的安裝極為重要，安裝的方法比較簡單，可將玻璃管彎成 U 型，用

橡皮管與風管聯接，如圖 10 所示。

吹煉到後期時，轉爐應仍回復到圖 8 所示的地位。

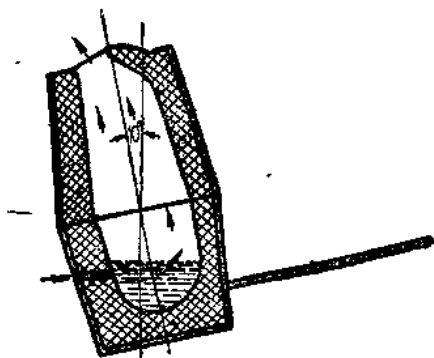


圖 9

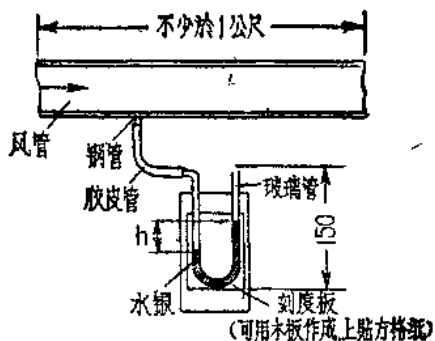


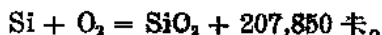
圖 10

轉爐的吹煉，可分為三個階段：1. 造渣，2. 沸騰，3. 出烟。

溫度在 1350°C 以上的鐵水加入轉爐後，應將轉爐漸漸轉至垂直位置，當鐵水液面與風口接近時，即進行鼓風吹煉，

鼓動液面，空氣中的氧就與金屬裏的鐵、矽、錳、碳發生作用，並造成熔渣浮在鐵水表面，同時放出大量熱量，使鐵水溫度迅速升高，這叫做造渣期。在此時期中，轉爐噴口上出現火星、火花。

轉爐轉至另一位置(圖8)後，經過一個時期，因氧化而發生大量熱量的關係，鐵液溫度上升，溫度升至1450°C以上時，碳開始氧化，爐口冒出紅黃色火焰。此時要特別注意，如果沒有火焰同時火星逐漸縮短，這是溫度下降的表現，應加入矽鐵。矽鐵在氧化時可以迅速提高爐溫，其反應如下：



這時鐵水中生成的一氧化碳竄出鐵水表面，造成鐵水沸騰現象，喉口開始噴射熔渣，此時必須注意熔渣的粘度與風壓，如發生小爆裂時應加入適量錳鐵，同時減小風壓，此時為沸騰階段。

火焰經過猛烈放射以後，逐漸減弱，火舌變成羽狀，並且十分光亮，帶有乳黃色白烟。這說明爐內含碳量已很低，鐵已開始氧化，叫做出烟。此時應進行檢查鋼水是否適合質量標準，因矽鋼與普通鋼的含碳量要求不同，所以在吹煉過程中要特別注意。

吹風停止後使轉爐回轉，將熔渣從喉口扒出，並將鋼水傾入盛鋼桶中，進行脫硫、脫磷、脫氧、去渣，然後加矽、澆模。

檢查矽鋼質量的方法如下：

1. 可取樣進行火花鑒定；
2. 檢視矽的結晶；
3. 進行化學分析。