

黑色冶金燒結廠

A. Б. 巴特闊夫斯基 著

俞大偉 郭天祥 譯

冶金工業出版社

黑色冶金燒結厂

A. B. 巴特濶夫斯基 著

俞大偉 郭天祥 譯

沈志成 鍾馥銓 校

冶金工業出版社

本書系根据苏联國立黑色及有色冶金科技書籍出版社出版的巴特爾夫斯基 (А.В.Патковский) 所著 [黑色冶金燒結厂] (Агломерационные фабрики черной металлургии) 1954 年版譯出。

本書列举了燒結厂各种原料的簡明特征，並对各种燒結方法，燒結过程的工藝、燒結厂的主要設備及裝置作了論述。引用了各項技術經濟指标。書中亦談到了有关進一步提高設計工作与在燒結厂中採用新設備等远景問題。

本書適用於从事鉄礦石燒結工作的工程技術人員，並对學習此种生產技術的大学生也有所裨益。

А. В ПАТКОВСКИЙ
АГЛОМЕРАЦИОННЫЕ
ФАБРИКИ
ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1954)

* * *

黑色冶金燒結厂

俞大偉 郭天祥 譯

冶金工業出版社 (北京市灯市口甲 45 号) 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

* * *

冶金工業出版社印刷厂印

一九五六年九月第一版

一九五六年九月北京第一次印刷 (1-3,038)

850×1168 · $\frac{1}{32}$ · 200,000 字 · 印張 7 $\frac{31}{32}$ · 插頁 2 · 定价 (10) 1.50 元

書号 0546

* * *

發行者 新華書店

目 錄

前言.....	6
第一章 原料.....	7
第二章 燒結的方法.....	11
迴轉爐.....	11
懸浮燒結.....	14
在爐篦上鼓風燒結法.....	17
燒結盤.....	19
環式燒結機.....	28
連續直線式燒結機.....	34
焙燒成球法.....	39
結論.....	41
第三章 燒結过程的工藝.....	43
基本的物理化学現象.....	43
影响燒結过程的因素.....	48
原料的準備.....	48
混合料的配制、混合与成球.....	62
混合料的通气率、湿度、溫度及燒結过程的真空制度.....	65
混合料的裝入与点火.....	73
主要工藝作業的合理流程.....	76
燒結速度、單位生產率与原料平衡.....	81
燒結機生產率的計算.....	86
第四章 設備.....	88
燒結機.....	88
点火器.....	97
除塵裝置.....	101
抽風機.....	109

混合机	112
燒結礦冷却机和返礦冷却机	118
破碎机与磨碎机	122
篩子	127
給礦机	134
厂内运输	137
漏斗和溜槽	142
第五章 燒結厂	145
燒結厂的建筑物	145
燒結厂房的型式	148
外國燒結厂的特点	153
原料往燒結厂房的运送	160
鋪底料的獲得	162
燒結机的裝料	164
混合料的点火	168
燒結礦的卸出	138
燒結礦和返礦的冷却	171
燒結礦的篩分	177
除塵作業和抽風机室	177
标准的燒結厂房	181
貯礦倉与貯礦槽	184
磨碎与篩分室	193
混合室	195
燒結礦的採样、質量檢查与技術条件	193
燒結厂的厂址	199
总平面圖	204
建筑部分	212
通風及採暖	214
电气部分	221
調度与自动化	222
給水与排水	225
設備的維護与修理	223
技術經濟指标	228

第六章 远景問題.....	233
研究工作.....	233
設備.....	235
設計.....	238
参考文献.....	245
俄中名詞对照表.....	247

前 言

細粒物料結塊的方法有：燒結、團礦與成球。

在黑色冶金工業中，鐵礦石與錳礦石已廣泛應用燒結法，因為用它可以得到完全符合高爐技術條件的成品——燒結礦。

蘇維埃的研究工作者們為燒結過程制定了最完善與最先進的工藝流程。設計師和機器製造者們保證了在本國的工廠製造出必需的燒結設備。在蘇聯，第一流的燒結廠已經設計與建造成功，且已開工生產，這些廠的工作幹部已經取得了多方面的實際經驗，

如所週知，燒結礦在高爐冶煉過程中的巨大積極作用已為生產經驗與研究工作所証實。燒結礦在高爐爐料中的比重在不斷地增長着，近十年來就已增加了一倍。繼續增加燒結廠的數量，提高其生產率及獲得優質燒結礦，對於冶金工業具有非常重要的意義。自熔性燒結礦的作用最為重要，它可以提高熔鐵量，並改善高爐過程的指標。有效地掌握平爐用燒結礦的生產，會大大地擴充燒結礦的應用範圍。

本書系統地綜合了燒結廠積累的經驗，並敘述礦石各種燒結方法、燒結過程的工藝、設備與裝置。

第一章 原 料

燒結的目的是將細碎礦石在高溫之下固結成塊，同時部分地除去其中的有害夾雜物：硫、砷及其它。

天然狀態的細粒礦石、精礦、以及高爐灰與冶金生產的其他捨棄物通常都作為燒結原料。

為了生產自熔性燒結礦或錳鐵燒結礦，需在混合料中相應地加入石灰石或錳礦石。

一般粒度小於 5 毫米的鐵礦石是不利於高爐使用的。為了自塊礦中分出碎粒，應將礦石篩分。在大多數情況下，現有的篩分設備所得到的碎粒都介於 10—0 毫米之間。這種礦石碎粒就是燒結廠的主要原料之一。

下列鐵礦石都可用來燒結：

1) 磁鐵礦；我們將假象赤鐵礦與半假象赤鐵礦假定包括在這一范疇內，這兩種礦石是由磁鐵礦變為赤鐵礦的過渡形態。

2) 赤鐵礦。

3) 磁性赤鐵礦。

4) 褐鐵礦。

5) 菱鐵礦。

在冶金工業中，使用所謂富礦是最經濟的。

「富礦」這個概念具有一些假定的性質，因為要規定其中允許的含鐵量下限是很困難的。含鐵量的下限，決定於許多能表示出所研究的礦石的特征及它們在冶煉過程中的行為的一些額外因素。

燒結鐵礦石時，往往會產生除硫的必要性，硫在燒結過程中能很好地被燒掉。在這種情況下，燒結的作用已經不限於僅僅將碎粒礦石固結成塊，同時也純化了原料。燒結時，硫、砷、部分的鋅能或多或少有效地被除去，但磷則完全不能除去。

倘若天然狀態的鐵礦石含鐵量不足，則此種礦石屬於所謂貧

礦的類別內。這些礦石必須經過選礦，使得選出來的精礦中，含鐵量增加到能滿足冶煉要求的範圍。

照例，選礦得到的精礦需要進行結塊。

除鐵礦石外，高爐冶煉時還使用其他含鐵原料，這些原料就是冶金生產自身提供的含鐵很富的捨棄物。屬於這種原料的有：高爐灰、焙燒後的黃鐵礦、軋鋼皮和鐵屑。所有這些原料在其原來的狀態時都不能有效地利用。但是它們的含鐵量都相當高，隨着加入高爐的原料的不同，當高爐灰含鐵達 15% 時，其含鐵量可達 40—55%。焙燒後的黃鐵礦含有 40—55% 的鐵。軋鋼皮是含鐵最富的原料（達 70%），幾乎不含任何有害夾雜物。燒結過程可以借結塊和去除有害夾雜物的方法，將所有這些原料變成價值很大及質量很高的產品。

在黑色冶金燒結廠中經受燒結的還有錳礦石。

錳礦石及其精礦是用來生產錳燒結礦或配入燒結鐵礦石的混合料中的。後一種情況得到的是錳鐵燒結礦。

除上面已提到的原料外，燒結過程還需要：1) 混合料用的燃料；2) 點火用的燃料；3) 加速燒結過程用的各種附加劑。

混合料用的燃料最好應用無煙煤、焦炭、半焦炭。燃料的發熱量應高，並且儘可能少含灰份與揮發份。灰份在燒結時轉入燒結礦中，如灰份很高，將顯著降低燒結礦的含鐵量，而揮發份則形成焦油，堵塞燒結廠的導氣管。因此在燒結廠中不推薦用含灰份與揮發份高的煤。

最常用的燃料便是細粒焦炭（碎焦），通常作為高爐車間與焦化車間的篩下物運入燒結廠，其粒度為 25—0 毫米。在準備過程中，將這種燃料粉碎至 3—0 毫米。同樣也可以採用無煙煤屑——粉煤。

在不得已的情況下（當缺乏其他形式的燃料時），可以採用由那些在常態不能用於燒結過程的煤製成的半焦炭。

混合料點火用的燃料，其發熱量應高，含有最少量的揮發份，保證便於送入點火器中，並能保證燒結過程的燃燒火焰有必

需的溫度。

点火用的燃料可以应用气体的、固体的和液体的。

高爐煤气和焦爐煤气是点火用的主要燃料。通常使用高爐煤气与焦爐煤气比例为 4 : 1 的混合煤气，其發热量为 1400—1500 仟卡。当不可能將高爐煤气、焦爐煤气或二者的混合煤气送入燒結厂时，就有必要設置煤气發生設備來獲得發生爐煤气。

已經知道有的点火器是使用固体塊狀燃料。對於点火最有效的是使用粉狀固体燃料。

液体燃料——石油、重油、各种燃料油都可以成功地用來点燃混合料。但是这些燃料在燒結厂中未得到廣泛的应用，因为气体燃料在利用上要方便得多。

對於加速燒結过程發生影响的附加剂，首先要举出石灰石，它的作用將在本書后面几章中更詳細地說明。加入石灰石（或白云石）能得到自熔性燒結礦，这种燒結礦能改善高爐有效容積的利用系数。

为了防止有害夾雜物影响燒結礦的質量起見，运入燒結厂的石灰石必須是純的，其中氧化鈣的含量为 50—52%，且不溶性殘渣不超过 4%。

表 1 中列举了鐵礦石燒結用的各种原料。

当准备富礦时，主要的礦石准备作業是破碎与篩分。在必要的情况下，要進行礦石的混合与中和，以及对潮湿礦石的干燥。

貧鐵礦与貧錳礦的选礦可以採用各种工藝流程。

最通用的流程是：洗礦；重力选礦（包括跳汰选与重懸浮液选）；电磁选礦；焙燒——磁选（預先將無磁性的礦石進行还原焙燒）；浮选与綜合选礦流程，其中如系选磁性赤鐵礦或氧化鐵礦，則可以同时应用重力选礦、电磁选礦及浮游选礦流程。

当採用洗选、重懸浮液选礦、跳汰选礦、干式电磁选礦时，一部分选出的礦石可能是不需要燒結的大塊，另一部分則是細粒的精礦，需要固結成塊。

其他选礦过程，特別是綜合选礦过程得到的細粒精礦在大多

表 1

黑色冶金燒結厂使用的原料

原 料 种 类	所用原料及礦石主要类型的名称
富礦粉 (破碎与篩分后的)	
含有害夾雜物 (主要是硫) 的富礦	磁鐵礦 赤鐵礦 磁性赤鐵礦
选礦后的鐵精礦与錳精礦	褐鐵礦 菱鐵礦 錳礦
含鐵的原料 (冶金生產的捨棄物)	高爐灰 焙燒后的黃鐵礦 軋鋼皮 鐵屑
燒結用其他原料	混合料用燃料 混合料点火用燃料 加速燒結过程的附加剂。

数情况下为 2—0 毫米。通常都採用湿式选礦过程，因此經過过濾机或其他設備脫水后的精礦尚帶有 9—12% 的湿度，选褐鐵礦时湿度可达 20—25%。

上述情况對於决定燒結厂的厂址問題是很重要的，並且對於燒結过程的工藝亦有影响。

由於精礦含有水分，除要求仔細地脫水外，可能產生对它進行干燥的必要。

通常如磁鐵礦与精礦含水 2—4%，赤鐵礦含水 3—5% 及褐鐵礦含水 5—15%，就要冻結。

第二章 燒結的方法

实际上鐵礦石燒結的应用开始於上世紀的末叶。已經知道的几种燒結方法有：

一) 不应用鼓風或真空的燒結法：

1. 廻轉爐，
2. 懸浮燒結。

二) 在爐篦上鼓風燒結法：

1. 固定式爐篦，
2. 鍋中燒結。

三) 在爐篦上应用真空的燒結法：

1. 不連續的操作过程：
 - a. 固定式燒結盤，
 - б. 攪动式燒結盤。
2. 連續的操作过程：
 - a. 环式燒結机，
 - б. 直線式燒結机。

我們將逐一討論这些方法。

廻 轉 爐

在圓筒式廻轉爐中燒結鐵礦石及含鐵原料的方法已經应用了五十多年。

燒結过程的實質如下所述。將需要燒結的細粒礦石运入貯礦槽中，再用給礦机自貯礦槽將礦石送入廻轉爐中。燒結用燃料从裝料端的对面送入，廻轉爐即在逆流的情况下工作。可以使用任何一种燃料，例如：高爐煤氣、焦爐煤氣、粉末狀的燃料等。为了燒結过程的順利進行，在混合料中要加入相当於2—3% 焦粉或煤的燃料。

礦石碎塊由爐头部分進入加熱帶，在加熱帶中，水分、二氧

化碳及其他揮發物均被除去。礦石繼續進入燒結帶中，在高溫（達 1500°C ）的作用下，礦石顆粒由於有部分形成液相而軟化。粘結着與滾搓着的顆粒到達爐的卸礦端時就成為溫度為 $1000-1100^{\circ}\text{C}$ 的大塊燒結礦，需要把它冷卻。為此，應用一個像重型板式給礦機那樣的冷卻機。冷卻燒結礦用的空氣通過給礦機的耐火襯料，或者簡單地通過封閉給礦機用的外罩送入。冷卻燒結礦而被加熱的空氣可用來供給爐的燒嘴。假如在迴轉爐中燒結採用高爐煤氣時，通常須將高爐煤氣在預熱室中預熱。

新式結構的迴轉爐可以保證相當高的生產率——每晝夜產燒結礦1000噸以上。爐的尺寸長達100米及直徑達3.5米。

迴轉爐操作時最主要的缺點便是生成爐瘤，有時爐瘤長達20米且需要很多時間（停車2—3日）來清除它。近代的爐體結構已採取了一些措施來消除爐瘤的生成，即將爐體的各部分作成不等直徑的。例如將燒結帶前的一段爐筒直徑增大到4.5米，而其他部分為3—3.5米。由於在爐體直徑擴大部分的加熱作用緩和下來，就減少了爐瘤生成的可能性。可以在不停爐的情況下，用設置在爐的卸礦端處的特殊刮刀來清除爐瘤。

一些研究工作指出了，在燒結的混合料中摻入石灰可以減少迴轉爐中爐瘤的生成。

圖1及圖2是一個設有迴轉爐的生產的燒結廠的流程圖與照片。

在迴轉爐中，生產1噸燒結礦，電力消耗為8—10仟瓦·小時，熱量消耗為 $550-650 \times 10^8$ 仟卡。這種廠的優點是可以燒結極細的原料，而這種原料用其他燒結方法所得的結果是不能令人滿意的。這種方法大大地簡化了混合料準備與混合的作業，因為在這種情況下，不論是一定組成的礦石碎粒或是一定組成的高爐灰都能被燒結。原料的濕度可能波動很厲害，但這只對燃料的消耗量有影響。氣體燃料很有成效地被利用在燒結過程中。通常燒結過程中不產生復用產物。由於沒有復用產物和不必要篩分燒結礦，就大大地簡化了燒結廠的全部業務。

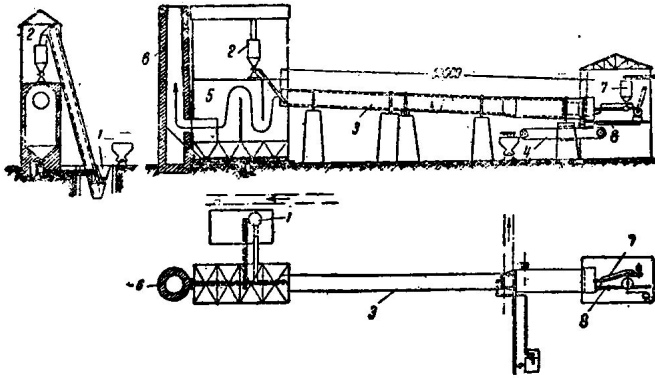


圖 1 設置迴轉爐的燒結廠的流程圖

- 1—接受貯礦槽；2—佈料漏斗；3—迴轉爐；4—板式運輸機型冷却机；
5—除塵室；6—烟囱；7—粉狀燃料貯存槽；8—去除爐底的刮刀

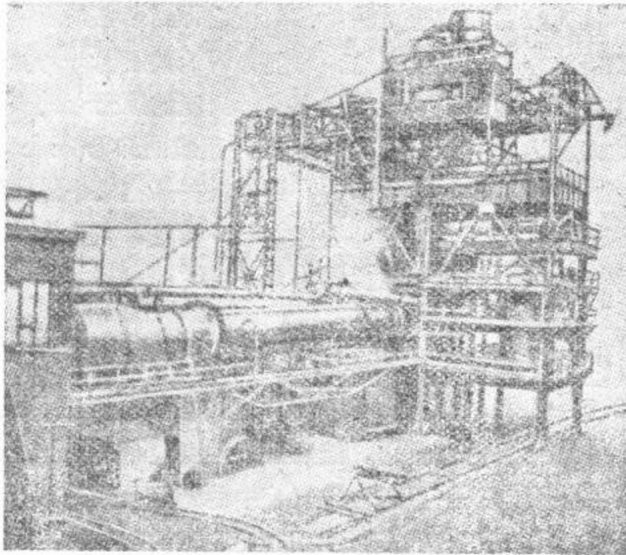


圖 2 設置迴轉爐的燒結廠外觀圖

虽然前面举出了很多优点，但由于迴轉爐設備費用太高、單位生產率不高、当生成爐瘤时的生產停頓、大量灰塵的逸散、以及所得到的燒結礦中含有許多碎塊使其質量不高等缺點，因此迴轉爐未得到廣泛的利用。足以確定迴轉爐燒結礦粒度組成的資料很少。迴轉爐燒結過程在工藝方面和結構方面都不应当認為是已經全部完成了的。對燒結礦的要求提高了，因而也就有必要減少其中所含的碎塊，篩分成品燒結礦及建立有复用產物——返礦的特殊循環。假使採取了這些措施，就將使燒結廠復雜化，且其技術經濟指標趨向於不利的一面。

從冶金生產的要求的觀點來看，迴轉爐產出的燒結礦和進行抽風的帶爐篦的燒結機產出的燒結礦相比較，前者具有較小的還原度。

由於使用氣孔率較少與還原度較差的迴轉爐燒結礦，在高爐冶煉時，焦炭的消耗量比使用抽風法得到的燒結礦要多15—20%。

雖然如此，為了燒結礦石、精礦與高爐灰，迴轉爐並未失掉其作用。同時應當敘述一下關於從迴轉爐得到熔結礦石的外國的实际經驗。這個方法的實質是：將混合料的礦石部分與固體燃料送入爐中，然後由一根與爐的底部成一角度的風管上的噴嘴，正對料流方向送入加熱到700°C的空氣。距爐的卸礦端處1—1.5米的混合料都受到空氣流的衝擊。當燃料在熱空氣中燃燒時，溫度就增高起來，足以使礦石的全部或部分熔融。在這個過程中，混合料中每1噸碳的空氣耗量約為6200米³。

懸浮燒結

圖3是一個在懸浮狀態下燒結高爐灰的實驗裝置系統圖。用於燒結的原料裝在貯礦槽中，然後落入主氣管中且沿管送到裝置在爐頂的佈料圓錐上。原料在主氣管中的運輸是用在預熱室中被加熱了的空氣借離心式通風機的鼓動而實現的。

原料從氣管出來就進入到設有佈料裝置的爐頂。這個裝置由一個兩端帶法藍盤的鑄鐵圓筒和一個上端帶法藍盤、並與圓筒的

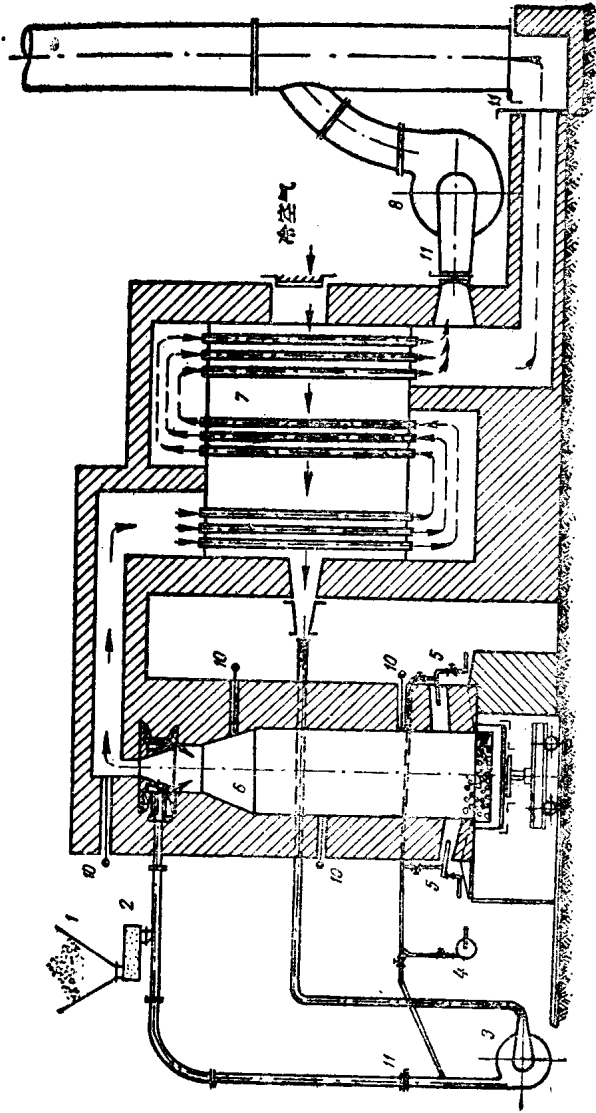


圖 3 懸浮燒結的實驗裝置

1—裝料貯藏槽；2—螺旋輸礦機；3—氣力運輸用通風機；4—噴霧用通風機；5—石油噴嘴；6—燒結用懸
爐；7—預熱室；8—抽煙機；9—煙囪；10—熱電偶；11—開板

法藍盤相聯結的鑄鉄圓錐筒所組成。佈料裝置的圓錐筒掛在圓筒的里面，二者之間形成一個環狀的空隙，原料便從這兒進入工作的爐腔中。

送入爐中的原料順着圓錐筒分成兩股料流，然後由於速度的損失而從環狀空隙落進爐中。在爐胸中有一些氣流，使原料分佈得很均勻。

爐子的加熱是用兩個位於不同水平面作切線方向排列的噴嘴噴出燃燒的石油進行的。燃燒後的廢氣由抽煙機吸出爐子，然後通過預熱室的三個格子。

成品燒結礦承受在小車上的特殊爐底中，小車從爐的基礎下面推入。爐底是借一根行走絲槓推入爐的基礎中。

原料在爐胸中所經過的路程也就是它在燒結前的準備過程。

燒結過程是這樣進行的：高爐灰或細粒礦石的顆粒進入爐中後，馬上受到 900°C 高溫的作用，在原料下降到爐底的路程中差不多就被加熱到它的熔點。

赤熱的原料顆粒在爐底中粘結成為燒結礦塊，新的赤熱顆粒又不斷地落在它們上面。其結果使得爐底上的物質被壓緊了，同時由於建立了連續的熱流，從而造成了液相或半液相狀態下的燒結礦合併成為大塊的有利條件。

所研究的這個裝置具有最原始的爐底結構，且燒結過程帶有週期性的特點。假使能夠連續排出燒結礦的卸礦作業站的結構決定是有效的，則懸浮燒結裝置能給我們帶來很大的利益。但是要創造這樣的爐底將是一件非常困難的任務。

這種型式爐子的生產率為每 1米^3 有效爐容積產燒結礦約 500 仟克/小時，每 1 噸成品燒結礦的熱量消耗為 $500-600 \times 10^3$ 仟卡，電力消耗為 10—12 仟瓦·小時。

雖然懸浮燒結法具有一些優點：能處理極細的原料，不需要返礦，設備與工藝過程較簡單，但是這個方法從 1935 年問世以來，無論在蘇聯或外國的黑色冶金工業中都沒有得到推廣。