

鋼鐵工業叢書

貝氏爐煉鋼

余名鈺著

龍門聯合書局出版

鋼鐵工業叢書

貝氏爐煉鋼

余名鈺著

龍門聯合書局出版

鋼鐵工業叢書
貝氏爐煉鋼
余名銓著

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海市書刊出版業營業許可證出029號

上海淮海中路1813號

新華書店總經售

中華書局上海印刷廠印刷

上海澳門路477號

開本：850×1168 1/27

印數2,501—42,500冊

印張：9 1/27

1954年4月第一版

字數：208,000

1958年9月第三次印刷

定價：(10) 1.60元

再 版 前 言

初版是 1954 年出版的，離開現在將近五年了。在這五年裏，我國對鹼性側吹轉爐煉鋼，在理論上和操作技術上都有了特出的成就，在工業生產上也有了相當迅速的發展。這次再版應該大加增訂補充，才能符合實況而適應要求，但由於寫作沒有趕上轉爐煉鋼的大躍進，以致各方面要求迅速重印時，未及加以修訂，內心感到十分歉仄。

從轉爐煉鋼來講，這本書祇能作為轉爐煉鋼的緒論，而且當時還未曾有富氧、全氧以及混合氣體的吹煉方法，所以作為緒論還是落在時代後面而不够全面的。

從鹼性側吹轉爐煉鋼來講，這本書裏祇敘述了基本性的初步理論和原則性的冶煉方法；對爐型設計方面沒有把爐腔內形、爐腔容積、熔池面積、熔池形狀、風咀孔面積、爐口面積、空氣流速和氣流方向等相互間的關係，用具體數字和核定方法，詳細解釋，作為爭取爐嶺和降低吹損的參考；對冶煉和供風方面沒有把入爐鐵水的溫度、吹煉時間、風量、風壓、吹煉角、空氣流速、空氣利用率、爐溫、造渣和操作方法等相互間所發生的影響，分別作出具體而深入的敘述以求得更高的爐溫 and 更快的去磷效果。今後當繼續努力，希能早日出版以資補充而消歉仄。

余 名 鈺

一九五八年八月

序

在貝氏爐未曾出世之前，祇有反射爐炒成半流動性的熟鐵，如要製成液體的鋼，除了用坩堝熔成外是沒有其他方法的。最初在貝氏爐裏煉出液體的鋼時，大家都認為是一個奇蹟。從試驗演進到實際生產的過程中，雖在操作和裝配方面遇到許多困難，但這些困難很迅速地都被克服，而成為獨一無二的煉鋼方法。

這樣地居有獨佔的地位還不到十年，出現了馬丁爐，就成了貝氏爐的敵手。在初期幾十年中，尚能互相並進地產鋼，到了後來，終因馬丁爐煉鋼比較滿意而對鋼的化學和物理性容易管制，貝氏爐就逐漸消失了已有的聲望。

在最後五十年中，貝氏爐鋼的產量日趨低落。新建工廠中，除了用貝氏爐吹成鋼液供馬丁爐雙聯外，祇有小型邊吹貝氏爐的添造，而再也見不到建造大型底吹貝氏爐來直接生產鋼錠的了。同時，底吹貝氏爐和馬丁爐雙聯所產鋼料的品質還是不能同馬丁爐用廢鋼和生鐵直接煉成的鋼料比美。

貝氏爐鋼的主要缺點是在磷和氮的含量太高。酸性貝氏爐不能去磷，因此在低磷生鐵不易供應的條件下，使煉成的鋼裏含磷常在0.085—0.110%。鹼性貝氏爐能夠去磷，但以往所用的都是底吹，所以煉成的鋼裏含磷量常在0.05以上。不論酸性還是鹼性，凡煉鋼鑄錠所用的大型貝氏爐，在以往都是底吹的。生鐵原本含氮量祇有0.003—0.006%；經過底吹成鋼後，含氮量會提增到0.009—0.023%。有了高含量的磷和氮，鋼就發生顯著的冷脆性和變溫中的物理性高度敏感；而且在軋製中，表皮上所發生的缺點也會比馬丁爐鋼多。

邊吹貝氏爐鋼的含氮量平均是0.004%，應該可以解決貝氏爐鋼的含氮問題了，但以往的邊吹爐設計不能多裝風嘴孔供給更多的空氣量，

因此限制了邊吹爐的容量，而祇能成為小型的煉爐。同時，以往的邊吹爐都是酸性的，所以就沒有去磷作用；除用廢鋼在冲天爐裏熔成鐵液來吹煉以獲得含磷低的鋼液外，否則因缺乏低磷生鐵煉成的鋼裏含磷量還是高的。

如果改變爐形設計，可以裝置和容量成正比的風嘴孔來供給和容量成正比的足夠空氣量，把邊吹爐改成大型煉爐；那就解決了大量產鋼時含氮量高的缺點了。如果再把這種大型邊吹爐的襯壁改成鹼性，使金屬裏含磷降到 0.04% 以下，那就同時把含磷量高的缺點也解決了。這樣改正之後，可以把已經不重視達五十多年的貝氏爐煉鋼法再來負起生產上的任務。

這本書中首先敘述貝氏爐的發始和演進。其次討論氮和磷在鋼裏的物理性；然後列舉底吹酸性和鹼性與邊吹酸性和鹼性貝氏爐的操作，並附敘爐外去除硫、磷、氧以及增碳方法。最後敘述邊吹貝氏爐的應用，以事實來證明邊吹鹼性貝氏爐能夠和馬丁爐一樣煉成氮和磷很低的鋼而有同樣的機械性能。並且採用沉吹法可以去除任何含量的磷。如果把邊吹鹼性貝氏爐再在爐外用合成渣去氧，可以使鋼的性能類似酸性馬丁爐鋼。

若以邊吹酸性貝氏爐替代底吹酸性貝氏爐來和馬丁爐雙聯，就減低了雙聯鋼裏的含氮量，使鋼的性能和廢鋼煉成的一樣。這種煉爐設備簡單，生產率高，原材料不難供應，基建時間短，技術容易熟練，而能煉成成分合乎規格而質量完美的鋼，在建設邊遠地區的工業和完成突擊增產的任務時，採用這種煉鋼法是很切合實用的。

余名鈺 一九五三年十月

目 錄

再版前言 序

第一章	貝氏爐構造的演進.....	1— 30
	貝氏爐的發始.....	1— 4
	邊吹爐構造的演進.....	4— 17
	底吹爐構造的演進.....	17— 30
第二章	貝氏爐的應用.....	31— 56
	酸性貝氏爐和馬丁爐雙聯.....	32— 36
	生鐵混合爐.....	36— 39
	鋼裏含氮對物理性的影響.....	39— 56
第三章	底吹酸性貝氏爐煉鋼.....	57— 68
	底吹酸性貝氏爐的吹煉過程.....	57— 58
	底吹酸性貝氏爐中所發的氣體.....	58— 59
	底吹酸性貝氏爐的造渣情形.....	59
	底吹酸性貝氏爐的各種吹煉法.....	59— 67
	酸性貝氏爐和鹼性馬丁爐雙聯的注意點.....	67— 68
第四章	底吹鹼性貝氏爐煉鋼.....	69— 76
	底吹鹼性貝氏爐的各種吹煉情形.....	69— 72
	底吹鹼性貝氏爐的去除磷、硫作用.....	72— 74
	底吹鹼性貝氏爐的操作過程.....	74— 75
	鹼性貝氏爐鋼的增碳.....	75— 76

第五章	邊吹酸性貝氏爐煉鋼	77—104
	含矽量的管制	79—81
	加矽鐵配合含矽量	81—84
	風壓、風量和輸風方法	84—85
	噴濺作用的各種因素	85—87
	吹煉進行的經過	87—89
	面吹酸性貝氏爐裏熱的化學作用	89—98
	沉吹和面吹的應用	99—100
	吹煉過程的檢定	100—104
第六章	爐後去磷	105—121
	合成鹼性熔渣去磷法	105—116
	粉粒鹼性熔劑去磷法	116—119
	冲天爐裏去磷	120—121
第七章	爐前去硫	122—128
第八章	去氧增碳與加入合金	129—139
	去氧的合金	129—132
	酸性爐裏增碳方法	132—133
	光電管上裝設定點器以保留含碳量	133—135
	面吹酸性貝氏爐配煉合金鋼	135—139
第九章	小型邊吹酸性貝氏爐的構造和尺寸	140—157
	爐殼的尺寸	144—145
	煉爐各部的主要尺寸	145—163
第十章	邊吹貝氏爐的供風	158—165
	利用壓縮空氣供風	163—165

第十一章	邊吹酸性爐的襯壁.....	166—175
	用磚鑲砌襯壁.....	170—172
	用砂舂成襯壁.....	172—174
	砌磚壁襯的加熱過程.....	174—175
第十二章	邊吹鹼性貝氏爐煉鋼.....	176—205
	面吹法中的去磷作用.....	178—180
	面吹貝氏爐和馬丁爐去磷的對照.....	180—181
	底吹和面吹貝氏爐去磷的對照.....	181—184
	沉吹法的作用.....	184—185
	沉吹法的應用.....	185
	邊吹鹼性爐中使用的風壓、風量和風速.....	185—190
	爐渣的鹼度.....	191—193
	爐渣的重量.....	193—196
	爐渣重量的應用.....	196—198
	鐵屑的應用.....	198—200
	合成渣去氧.....	200—201
	煉爐內形的主要尺寸.....	201
	風嘴管的傾斜角.....	201—202
	吹煉的過程.....	203
	舂砌爐襯.....	203—205
第十三章	貝氏爐的轉動設備.....	206—216
	蝸桿和蝸輪的設計.....	207—209
	蝸輪軸的轉動馬力.....	209—213
	正齒輪變速.....	213—215
	手輪機構.....	215—216

第十四章	邊吹貝氏爐的應用	217—222
	用貝氏爐吹煉展性鑄鐵的意義	218—221
	用貝氏爐吹煉展性鑄鐵的方法	221—222
第十五章	邊吹貝氏爐的總結	223—234
	酸性邊吹貝氏爐鋼的機械性能	223—225
	鹼性邊吹貝氏爐鋼的機械性能	225—226
	鹼性邊吹貝氏爐煉鋼中的幾點意見	226—234

第一章 貝氏爐構造的演進

馬丁爐要用煤氣或重油的燃燒來供給熱量，電爐要用電力變成熱力來供給熱量，這些煉爐都是從外界輸入熱量以促進煉鐵成鋼的作用；貝氏爐就不從外界供給燃料或變熱的電能，而只利用空氣中助燃的氧，把裝入容器裏的熔鐵中所含矽、錳、碳或磷迅速氧化，發出足夠熱量來提增器內金屬的溫度。鐵裏所含這些元素經過氧化後，不是化為氣體從上口排出，就是變成氧化物合併到熔渣裏去，於是這個含有少量矽、錳、碳或磷的鐵，我們叫它『鋼』了。所以這一種煉爐和其他的比較起來，不像一座爐，而是一個盛裝金屬的器。

貝氏爐的發始

亨利·貝色姆在要改進製造鎗炮原料時，最初用了這樣一個盛鐵器（能容 40 磅鐵的泥製坩堝如圖 1），熔了幾磅生鐵，插入一根泥管，吹入受壓的空氣，把生鐵變成軋鐵和鋼。

隨後在 1855 年，他就用鐵板製成梨形的外殼，裏壁用酸性耐火材料襯着，並且可以用手扳動，使其旋轉，如圖 2。輸風方法還是用泥管從爐蓋上垂直插到熔鐵裏。

圖 3 表示他在 1856 年所試用的固定式爐殼，

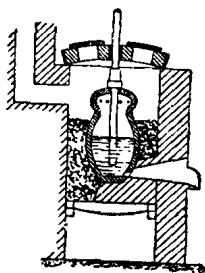


圖 1. 貝氏在坩堝裏吹煉的情形

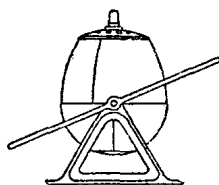
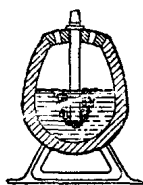


圖 2. 貝氏初期所造的吹爐

裏壁用酸性耐火材料的爐襯；而在接近爐底的襯壁上，裝設 6 個 $4\frac{1}{2}$ 英寸厚的有孔火磚，作為進風的風嘴；從這幾個風嘴孔進入空氣來吹煉熔

鐵。化鐵爐或熔鐵冲天爐的熔熱生鐵從左方風帶上所示的進鐵口灌入。煉成的熔鋼從右方爐底所示的出鋼口放出。經多次試驗後，發現吹入的空氣不能深達中心，而且風嘴上的襯壁侵蝕太快，於是又設法改正。

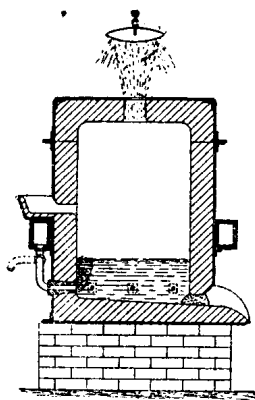


圖3. 貝氏隨後在聖本克拉斯所造的試驗爐

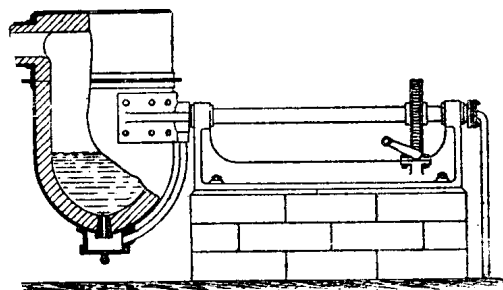


圖4. 貝氏改成底吹時的構造

輪傳動發生傾側和旋轉作用。爐身直徑尺寸是配合到這樣大，當爐身轉到橫平的地位，風嘴孔會露出在熔鐵平面之上，於是可以停止輸風而不會使熔鐵流入風嘴裏去。

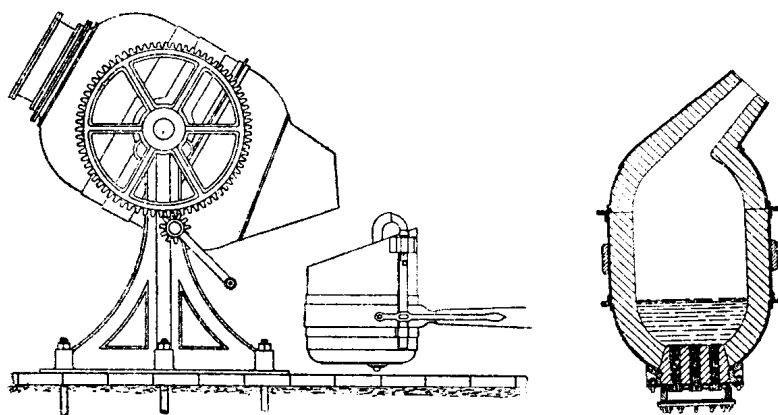


圖5. 貝氏在設斐爾德所造吹爐的裝置和剖面情形

圖5表示1858年所造的貝氏爐，這就類似現代的爐形了，不過是用人力來傾側旋轉的。又因爐底風嘴部分時常發生故障，修理費時，使

貝色姆氏對底吹爐的構造失去信心；所以在 1861 年造成固定式的煉爐，如圖 6 所示。這種構造，在原則方面，是回復到他最初試驗的方法了，不過用一個製成的活動風嘴管代替原來的泥管；而又因活動風嘴管的重量太大，因此裝設水壓升降機來起動，並且把水壓機裝在能旋轉的懸臂架上，可以在吹煉完畢後，抽出風嘴管到爐頂之上，然後旋轉 180 度，再把它放在熱窖裏保持不冷。但是這種固定式煉爐還是沒有怎樣成功。

當時瑞典和德國都在使用固定式邊吹爐，並且成績很好；但因風嘴孔放在金屬熔液平面之下，所以先須放出金屬，才可停風，否則金屬會從風管流入風箱；因此，金屬在碳量未曾完全燃盡就得放出，免得受到過分氧化，這樣使鋼在煉成後的成分不很正常。貝色姆氏見到瑞典吹煉的成就，在 1862 年也採用邊吹辦法。靠近爐底周圍

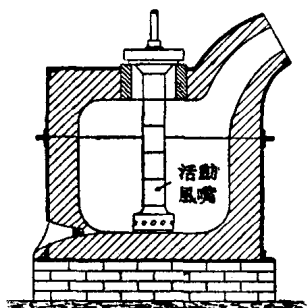


圖 6. 貝氏又回復到原始主張的
吹風方法

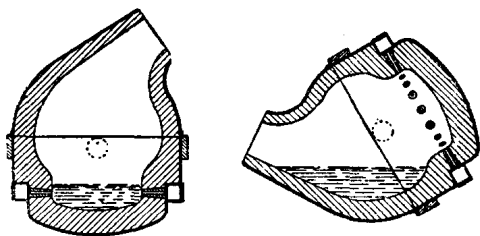


圖 7. 貝氏的邊吹爐

的襯壁上裝置風嘴孔；把固定式改為旋轉式；而且把爐腔放得比熔池大，如圖 7 所示。這樣設計的用意是要在裝入和放出金屬時，風嘴孔位置都能在金屬平面之上，可停風而不讓金屬流入風管。這種構造可說是邊吹爐應用旋動作用的開始，不過當時認為要在襯壁全周設置風嘴孔（見到瑞典固定式的是這樣的），所以只有用放大爐腔的一個方法，使金屬平面降到風眼以下。當然這種爐壁內形是很不自然，難修理而容易變形，所以在 20 年之後，經過許多人的改進，使邊吹爐都從爐壁的一向進風，而不再在全周設置風嘴孔了。

對於這樣的邊吹構造還是感到不甚滿意，於是回頭又來解決底吹的弱點了；就是見到風嘴孔在高熱中容易被氧化物侵蝕而擴大以至不

能應用，而在換新時必須錘去舊風嘴，使爐身退冷，春牢新風嘴，烘乾加熱後，才能應用，要費很久的時間。貝氏在 1863 年就採用了活動式爐底，如圖 8，來解決這個弱點。對底吹爐的構造上，這個改正是正確的，因為有了一個多餘的爐底，預先做成而且烘乾的，換上去很不費時，吹煉就能迅速的再進行了。但在當時對於爐底和爐身接縫地方還是常會因侵蝕而須費時修理；這個問題在 5 年後經過亞歷山大霍雷設計改正，直至現在還是應用這種裝底方法。

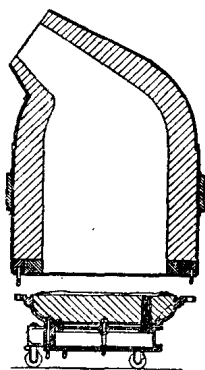


圖 8. 貝氏活底式底吹爐

從以上所述歷史性的演進，可以看到 1870 年以前的試煉過程中，已經明白的表示出來煉爐構造上有固定式和旋動式兩種，隨後三十餘年裏在實際應用上感到封啓出鋼口的麻煩，就陸續都用旋轉式了；而在輸風方面有底吹和邊吹兩種，隨後因為邊吹爐上不能使用高壓鼓風，而加大爐徑又不能使風量送達太遠，於是容量受了限制，只能作為小型煉鋼設備；底吹爐在擴大爐徑時，爐底面積也跟着成比例的增加，所以對於容量不會受到限制，就成為大型的煉鋼設備了。後來發現邊吹爐會把一氧化碳充分燃燒，使煉成鋼液的溫度特別高，這是底吹所不能達到的，於是邊吹就廣泛的用來澆鑄鋼件，底吹則專鑄鋼錠去軋製鋼材了。到了近來又發現邊吹鋼的含氮量比底吹的少，就是用邊吹爐煉成的鋼，品質要比底吹的優良，於是又有渦輪形煉爐的設計，使其容量也能擴大至 30 噸以上，供大量產鋼之用。

邊吹爐構造的演進

瑞典首先應用邊吹爐煉鋼供市，所以對小型貝氏爐的操作法多以瑞典為最先進。在初期，瑞典所用邊吹爐都是固定式的，類似圖 9 所示，不過沒有像圖裏這樣，在出渣孔、出鋼孔和風嘴孔上，裝有啓閉的開關，而風嘴孔地位比圖裏所示的也要低些，所使用的風壓是 390 至 480 水銀柱。吹爐完全建築在石砌的基礎上。雖然貝色姆氏在 1862 年對

旋轉式邊吹爐已經立案問世，而瑞典因為習用固定式而未更改，直到1880年以後，才開始採用旋轉式。其主要原因之一，還是因為風嘴分佈在爐壁全周的關係。這樣的構造就無法在放鋼之前停風，必須繼續鼓風至熔鋼放到風嘴孔下，才能停風，免得熔鋼從風眼流到風箱裏去。所以吹煉時就要特別注意，在碳量尚未完全燃盡時，即須放鋼，否則，熔鋼會過分氧化；這就使操作上難以保證鋼質成分的正常。

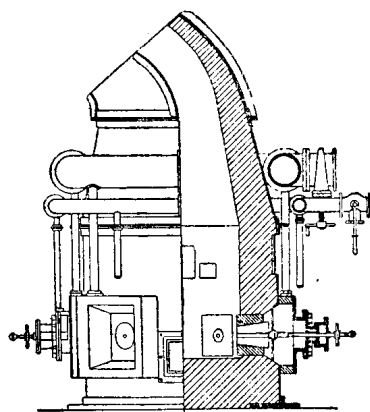


圖9. 克蘭浦-格列非斯式邊吹爐

圖10表示瑞典式邊吹爐風嘴孔的橫剖面。風嘴正常是水平而不斜的，但是不從爐軸心照輻射方向分佈，而是略離爐軸心偏向，使輸入風向發生迴旋作用；風嘴孔照這樣分佈能漩動金屬熔液，使氧化作用進行迅速而均勻。爐腔直徑1200公厘，爐腔高2000至2400公厘，而頂上口徑是200至240公厘。用很小的上口直徑的意義是想減少爐內熱量向外洩散的損失。熔池能容生鐵2噸。風嘴孔是20個，而每個的直徑是22公厘。應用風壓是300至360公厘水銀柱。

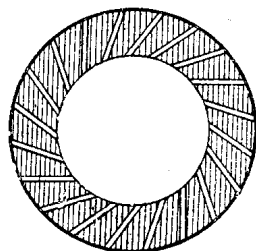


圖10. 瑞典式邊吹爐風嘴部分的橫剖面

當時從事於小型邊吹爐的煉鋼者，因習用了固定式的，所以不敢大膽地採用旋轉式的裝置；但同時又感到固定式煉爐在碳量吹完後，有不能立即停風的困難。在未曾採用旋轉式之前，大家還是在固定式吹爐上設法改正停風方法，使其能適時停風，而不讓鋼液流到風嘴孔裏去。圖9的克蘭浦-格列非斯式就是首先改正的一種。其主要之點是在吹煉完畢時能把風嘴孔和出渣孔關閉，而出鋼孔會立即開啓。這種邊吹爐上只有6個28公厘直徑的風嘴孔，都是輻射方向，水平地開在離開爐底200至250公厘，所以在鋼液有一部分放出後，就可打開風嘴孔上

的關風閥，把風正式停止了。使用風壓是 260 至 500 公厘水銀柱。每經吹煉 20 至 40 次，更換風嘴一次。爐口必須隨時修理，往往經三四天須大修一次，所以多用兩座吹爐，前後星期交換使用。

1883 年，佐治·哈東把邊吹爐改成圖 11 所示的構造。爐身是固定地支持在鑄鐵的直柱上，使爐底可以脫卸調換。在接連到風嘴上的支管裏各裝簡單的開關閥，使出鋼時可以關閉或減少輸入風量。舂成的爐底經吹煉 30 至 40 次調換一次，而火磚的風嘴則每經 12 至 15 次即須換新。圖 11 裏表示可脫卸的爐底，用螺栓和插銷緊牢在爐身的

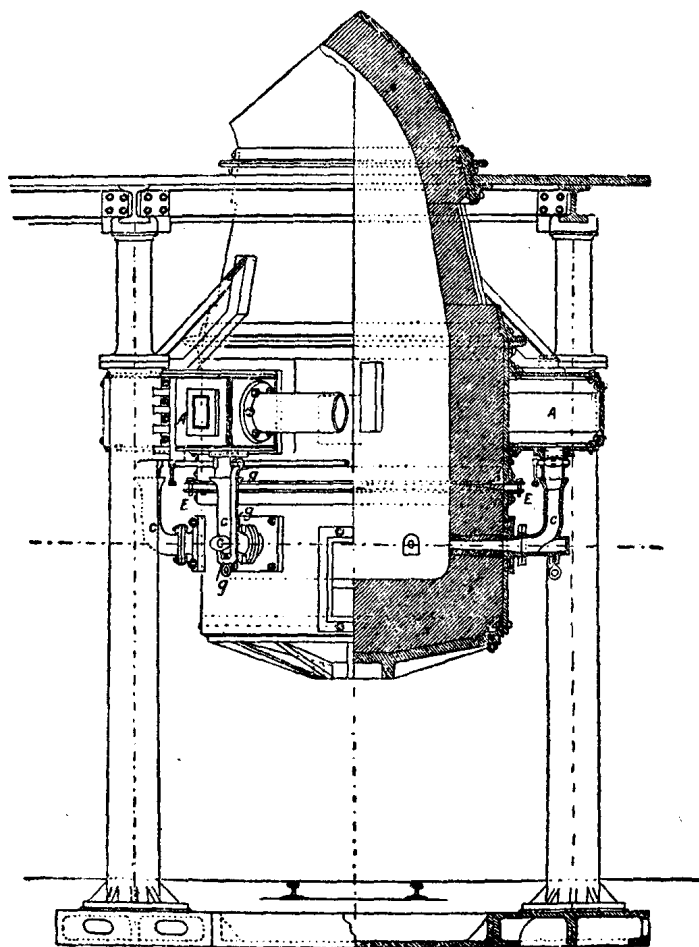


圖 11. 哈東式邊吹爐

處。風帶 *A* 圍繞着爐身。支風管 *C* 是用球窩關節連接到風帶上，使其在調換風嘴時，容易卸開，而且可向任何方向轉動。這些支管用螺絲和樞軛緊牢，如 *g* 所示。

1885 年，威德羅把哈東在 6 根支管所裝的 6 個開關閥，改為裝在總管上的一個總閥。同時在爐底之下裝水壓頂重器，脫卸爐底和裝換新底就更感方便了。

1884 年，華爾蘭特應用旋轉式邊吹爐，把風嘴分佈到 $\frac{1}{4}$ 的爐壁周圍上，如圖 12，在巴黎吹煉 300 至 600 公斤熔鐵，這就可說是單面輸風的開始。後來他又改為 4 個風嘴，每個風嘴孔是 90 至 100 公厘高和 30 公厘寬，略有傾斜，

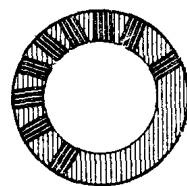


圖 12. 華爾蘭特邊吹爐初次採用的風嘴位置

使風嘴孔在金屬熔液平面下 90 公厘處吹煉；這就比他在初期時，把風嘴孔放在金屬熔液面和爐底距離一半的地方吹煉要更接近面吹了。所以也可以說，從華爾蘭特那時起，邊吹爐不獨開始把風嘴設置在爐壁的一邊，而且輸入空氣的位置也有逐漸接近面吹的趨勢。圖 13 表示華爾蘭特在後來所用邊吹爐的構造。風壓是 200 至 250 公厘水銀柱。自從有了華爾蘭特邊吹爐的構造之後，一方面解決了金屬熔液在停風時流入風嘴孔的問題（因為爐身可在耳軸上旋轉，使金屬面降到風嘴孔之下）；另一方面打破了以往多年對於風嘴孔愈接近金屬熔液面會使金屬被氧化損失愈大的錯誤觀點，因為在他的酸性邊吹爐所吹煉的鋼，平均損失 16%，而原來固定式瑞典爐，把風嘴孔放在接近爐底的地方，環繞爐壁全周，吹煉的損失也在 12 至 15%。

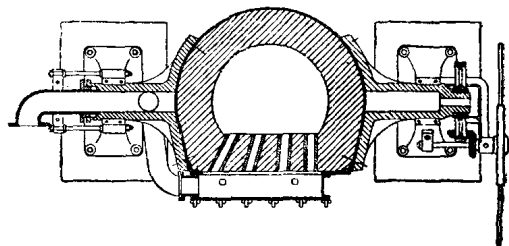
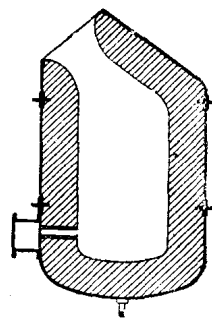


圖 13. 華爾蘭特式邊吹爐

1887 年，羅勃忒不過把華爾蘭特吹爐略加更變，如圖 14。用 6 根平放的風嘴孔，分別從 0