

安德烈叶夫著



小型贝氏炉炼钢法

机械工业出版社



628527

安德烈叶夫著

8524727

小型貝氏炉煉鋼法

林宗彩, 胡世麟譯

TF715.1/1

02



机械工业出版社

1958

綜



0659481

5

-82

0823506

出版者的話

小型貝氏爐是機械制造工厂煉鋼和制造鑄鋼件的重要設備。由于它的設備簡單，操作容易，因此在中小型的機械制造工厂中得到了广泛地采用。

在目前祖國社会主义的建設高潮中，鋼的需要量日益增多。在党的正确领导下，全国人民展开了声势浩大的群众性煉鋼运动；全国各地到处都燃遍了熔煉鋼鐵的火光，因此对各种煉鋼設備的技术資料提出了迫切的要求。

本書是苏联安德烈叶夫著的。書中談的虽多是苏联各工厂使用小型貝氏爐的經驗和情况，但本書中的有些具体材料对我国目前發展中小型煉鋼事业有很大的参考价值，为此本社重新再版。

書中，首先敘述了小型貝氏爐煉鋼法的特点和应用范围。其次詳細介紹了它的設計和操作技术，并附有許多实用資料和例题。在最后一章中，更討論了有关生产率、工作法和安全技术等問題。

苏联Б. А. Андреев著 ‘Малое бессемерованне’ (Машгиз
1950年第一版)

* * *

NO. 108

1958年12月第一版 1958年12月第一版第一次印刷
850×1168¹/₃₂ 字份134千字 印張5⁵/₁₆ 0,001—5,200册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第008号 定价(11) 1.10元

譯 者 序

這本書是蘇聯機械叢書之一，對於鑄造工業上應用的小型貝氏爐的操作，作了比較詳細的討論。尤其可貴的，作者在本書第二章里，還貢獻了許多有關小型貝氏爐設計方面的資料，包括爐子各部分的尺寸、作者自己的建議以及蘇聯專家的經驗公式；對於爐襯的材料和爐襯的砌造，也作了很具體的敘述。作者在第六章里還用了整整一章的篇幅，來討論生產率、工作法和安全問題。這些，都是值得讀者們加以重視的。

在技術專用名詞方面，國內至今尚未統一，本書所用名詞，力求通俗易懂，但是也難免有些譯名是不夠恰當的，尚希讀者指正，以便修改。在翻譯過程中，會有許多疑難問題，由中央重工業部專家吉米多夫同志給予詳細的解答；在這裡表示我們衷心的謝意。

譯者深以為憾的是，在譯文中某些地方譯筆尚不夠流暢，但為了吸收蘇聯先進經驗，改進我國工業技術，我們還是把它獻給讀者。假使能夠得到讀者的指正，那是我們最為歡迎的。

胡世麟、林宗彩

1951年9月于交大唐院



原 序

最近十年以来，在各种机械制造部門中，小型貝氏爐鋼的使用范围愈来愈广，而且用来制造在不久以前还認為只能用平爐鋼或电爐鋼才能制造的零件，所以在苏联工厂中，小型貝氏爐的数量是在增加着。但是因为缺乏設計和使用小型貝氏爐方面的技术参考書籍，因此往往使得貝氏爐的安裝构造不够完善，而且会使新建車間的工作人員在學習小型貝氏爐煉鋼法时，难于采用最好的生产方法。目前关于小型貝氏爐煉鋼法在鑄造生产中的地位和意义以及关于小型貝氏爐鋼的品質等，普遍存在着不完全正确的觀念，因而当選擇最經濟的煉鋼法时，有时可能采取錯誤的決定。

本書的目的就是为了闡明小型貝氏爐煉鋼法的目前情况，以及尽可能地協助生产和設計工作者解决有关安裝和熟練地使用小型貝氏爐等方面的实际問題。当此書出版的时候，作者希望讀者指出本書中所有的缺点。

最后作者特向尤里耶夫工程师表示謝意。尤里耶夫工程师对于本書的校正，供献了很大的力量，而且做了許多有价值的补充。第三章化鉄爐中的熔化、去硫和去磷，以及第五章第一节去氧操作和去氧剂，都是尤里耶夫工程师所写的。

目 次

譯者序	3
原 序	4
引 言	7
一 小型貝氏爐煉鋼法的發展	9
1 小型貝氏爐煉鋼法的產生和要點	9
2 歷史概要	11
3 小型貝氏爐煉鋼法的应用範圍	17
二 貝氏爐和它的附屬設備	26
1 貝氏爐的爐襯和外殼	26
2 貝氏爐尺寸的決定	32
3 鼓風機和送風系統	40
4 小型貝氏爐煉鋼車間的布置	44
5 爐襯和耐火材料	49
三 化鐵、去磷和去硫	64
1 主要的爐料	64
2 附加的材料	70
3 化鐵爐中的熔化	73
4 去硫和去磷	86
四 貝氏爐中的熔煉	102
1 熔煉前貝氏爐的準備和爐襯的壽命	102
2 吹煉鐵水的品質	108
3 鼓風規格	114
4 操作時貝氏爐的位置和吹風的引入	119
5 各元素的氧化和吹煉的各期	125
6 小型貝氏爐煉鋼操作的研究	129
7 吹煉過程的控制和操作的終點	142

五 去氧和澆鑄	146
1 去氧操作和去氧劑	146
2 去氧操作	152
3 出鋼和澆鑄	157
4 鋼的性能	158
六 生产率、工作法和安全問題	163
1 生产指數	163
2 車間的工作法	165
3 基本的安全規程	167

一 小型貝氏爐煉鋼法的發展

1 小型貝氏爐煉鋼法的产生和要点

用壓縮空氣順着少量的鐵水表面吹過，這樣煉鋼的方法，叫做小型貝氏爐煉鋼法。小型貝氏爐煉鋼法是从大型貝氏爐煉鋼法演變來的，在1897年發明，就是說，大約在最早使用空氣吹煉鐵水的工廠開設以後的二十年，就有了小型貝氏爐煉鋼法。因此小型貝氏爐煉鋼法的發展是和大型貝氏爐煉鋼法分不開的。貝氏爐煉鋼法的要點，是用一定的化學成分和一定溫度的鐵水，傾入特殊構造的、具有酸性爐襯的煉鋼爐中（圖1甲）。這種煉鋼爐，普通叫做貝氏爐。在貝氏爐轉動到垂直位置時（圖1乙），就吹入空氣，進行吹煉工作。空氣中的氧將鐵水中的鐵和雜質（硅、錳和碳）氧化後，產生爐渣和爐氣。爐內金屬液體的溫度，借雜質（主要是碳和硅）氧化時所發生的熱量，漸漸上升。大型貝氏爐煉鋼法

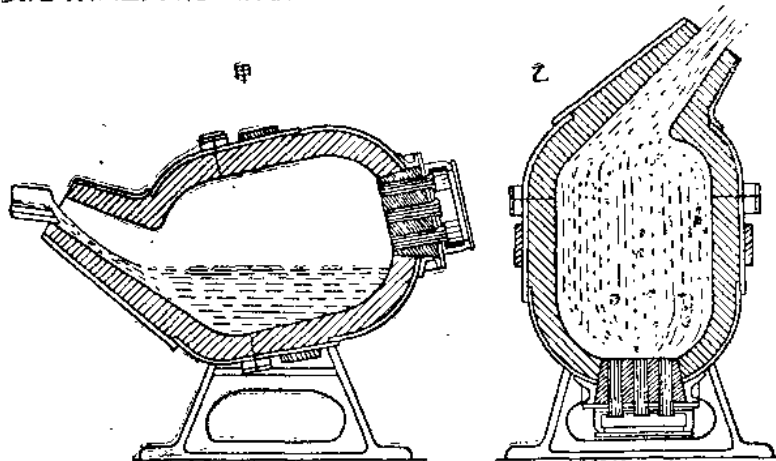


圖1 底吹鐵水用的貝氏爐（1860年）

甲—注入鐵水；乙—吹風。

透平鼓風機。如果有壓縮機，就可以安裝噴射器供應吹風來克服這個困難（供給噴射器使用的壓縮空氣為5~6大氣壓）。這樣對貝氏爐供應吹風的方法，在蘇聯的工廠中曾經試用過，而且得到了滿意的結果，但是這並不是取消機械製造工廠在最短期限內恢復生產所必需的鼓風機的責任，因為使用壓縮機來向貝氏爐供應吹風顯然是不合適的。

裝有貝氏爐的工廠，在蘇聯是很多的。偉大的衛國戰爭期間，貝氏爐的數量增大了很多，在最近的五年中應該增加更多。小型貝氏爐煉鋼法的發展，在蘇聯有很好的遠景和可能。對於在全國範圍內的農業機械修理基地的鑄工車間，以及鐵路修理廠和造船廠等，用小型貝氏爐煉鋼法來製造中小型鑄件，是最合理而且是最容易辦到的。近年來不只是在機械製造工廠中，而且在冶金工廠里也在建設新的小型貝氏爐煉鋼裝置。安裝在冶金工廠鑄工車間中的貝氏爐，不但可用以製造冶金設備的零件，並且可以及時地用酸性鋼來注滿大型鑄件的縮頭。

所有這一切，都說明繼續改善和發展小型貝氏爐煉鋼法是有充分根據的。

引 言

發展小型貝氏爐煉鋼法，可以免除國民經濟各部門缺乏鑄鋼零件和后备零件的現象。緊湊簡便和設備費用低廉都是小型貝氏爐煉鋼法不可否認的優點。

用小型貝氏爐鋼所作的各種鑄件，在戰爭期間大大地增加了。用這種鋼可以鑄造那些用於機床製造部門、鐵道運輸部門、建築機械製造部門、農業機械製造部門以及國民經濟其他各部門的大量零件。如果再加上可鍛生鐵的鑄件和鍛冶制品等，產品的種類還要多些。精細地進行小型貝氏爐煉鋼操作，無論是用普通的或是用特別純的原料和燃料，都可以煉出製造標準品質的和較高品質的鑄件所用的碳鋼，有需要時還可以製造按蘇聯國家標準（ГОСТ）977-41，伸長率是10~30%，強度是40~80公斤/公厘²的特殊品質鑄件。

使用現代由鐵水中去硫和去磷的方法，可以在小型貝氏爐中煉出不含有害雜質的鑄鋼。

在另一方面，近年來用小型貝氏爐鋼製造鑄件達到的成就，使得由低品質原料制成的鑄件，加以適當的熱處理後，可以有特別良好的物理性質和機械性能。譬如在戰爭期間，就相當廣泛地使用含磷在0.10%和含硫在0.12%以下的小型貝氏爐鋼來製造某些鑄件。

日前在很大的範圍內，可以認為已經掌握了製造各種牌號的合金鋼。在生產項目中如果有一些合金鋼的鑄件，已不能阻礙選擇小型貝氏爐作為基本的唯一的生產工具。簡單的說，貝氏爐鋼的鑄件在整個的鋼鑄件中佔據了鞏固的地位，而且如果製造適當，在品質方面並不次於平爐鋼或電爐鋼的鑄件。

當組織小型貝氏爐煉鋼時，主要的實際困難之一，就是缺乏

表 1 側吹和底吹时爐气的成分

側 吹				底 吹			
吹煉時間 (分)	成 分 (%)			吹煉時間 (分)	成 分 (%)		
	O ₂	CO ₂	CO		O ₂	CO ₂	CO
1 1/2	14.3	0.9	0.0	1 1/2	9.9	4.3	0.0
4 1/2	12.6	1.2	0.0	6 1/2	1.4	12.8	1.1
9 1/2	3.96	3.2	0.0	9 1/2	0.0	1.2	23.6
11 1/2	0.1	10.8	3.6	13 1/2	0.0	0.7	31.6
15 1/2	1.0	15.4	4.6	15	0.0	1.7	23.0
平 均	6.39	6.30	4.10	平 均	5.65	4.14	19.83

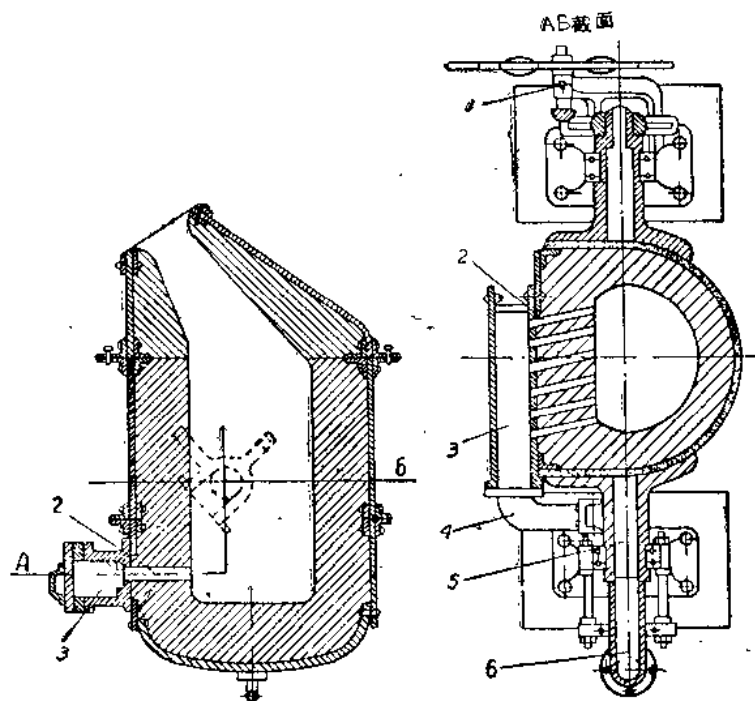


圖 2 表面吹風用的貝氏爐 (1885年)

1—迴轉机构；2—風嘴；3—風箱；4—風管；5—空心爐耳；6—導風管。

是底吹法，把压缩空气经过爐底的風嘴吹过金屬液体層，使鉄水中的碳氧化成为 CO 。小型貝氏爐法是側吹法，空气从貝氏爐側方的風嘴吹入（圖2），風嘴的高度恰好使空气吹到爐液的表面或上層，这种吹煉法使鉄水中的碳素首先氧化成 CO ，再在金屬液的上方氧化成 CO_2 。大型貝氏爐法和小型貝氏爐法在吹煉时，爐中气体成分变化的比較，根据巴甫洛夫院士的数字列成表1。

2 历史概要

貝氏爐从它的产生时起直到現在，它的构造發展过程，不單是有历史的意义，就是当研究任何工程技术而想明了某种机械构造和形别的产生原因时，如果对它的發展史沒有簡略的認識，这种研究也是沒有意义的。此外，在今后的进展中，可能有一些建議，而当我們作进一步研究时，可能發現这些建議已經并不是新的，而是早已試驗过的而且基本上是錯誤的。所以概略地認識历史，对于引导創造思想轉向更正确的途徑，是有帮助的。

1 大型貝氏爐煉鋼法 用空气吹鉄水的煉鋼法比較簡便，所以在各国很快地就得到廣泛的發展。这个方法的主要优点是生产率高，因为吹煉時間很短，只占15~20分鐘左右。酸性爐襯的貝氏爐不能除去金屬中的硫和磷，所以需要含硫、磷較低的生鉄。但因煉鉄爐在冶煉时，原料中全部的磷都进入生鉄中，所以在冶煉供給貝氏爐使用的低磷（ $<0.07\%$ ）生鉄时，必須用低磷的矿石，可是这种矿石的儲藏量并不多，这是限制貝氏爐法發展的主要原因之一。因此促使鹼性貝氏爐的产生，也就是湯麦斯法，这种方法需要含磷在1.5~2.0%左右的生鉄。含磷量在酸性法与鹼性法中間的生鉄，不能用吹風的方法煉鋼[●]，必須与平爐联合冶煉，也就是用双联法煉鋼，因此貝氏爐法并不能普遍应用。此外，在吹煉时金屬損失很大，并且不易制造特殊鋼和品質鋼等，

● 最近用側吹的鹼性貝氏爐，已証明可以处理任何含磷的生鉄。——譯者

这都是貝氏爐煉鋼法的缺点。

用空气吹煉鉄水的工具，就是襯有耐火材料并具有导向爐缸的風嘴的容器，它的构造形式的原則对貝氏爐的發展限制很大。在初期貝氏爐發明后的較短时期內，曾經試驗用固定式和迴轉式的器具以及一切可能将空气导向金屬液的方法，也就是从下方、側方和上方导入空气的方法。試驗証实迴轉式比固定式的爐子方便些，而且从上方导入空气的方法，因为較复杂而且不可靠，在試驗时也沒有發現出具备任何优点，所以上吹法很快就被淘汰了。以后曾經試用在盛鉄桶內吹煉鉄水的方法，但是也沒有良好的成就。从底部导入空气的方法最为实用。空气通过液体金屬層，并且搅动着金屬液，因此可以吹煉大量鉄水，而且空气中的氧可以全部用来氧化鉄水里的各种元素。但是底吹法也有它的本身缺点，就是鉄水中的碳只能氧化成 CO ，在爐的内部 CO 不能燒成 CO_2 ，所以对碳完全燃燒的热效率來說，底吹法只能利用 30%。用容量大的爐子作大量生产时，它的优点远胜过考虑节省热量，同时因为被吹金屬量愈大，向周圍空間發散热量的損失比愈小，所以更可以不必考虑节省热量的問題。因此大型爐子用底吹法。在小容量的爐子里，因为热量的損失比很大，而煉鋼的热平衡又是固定的，所以需要考慮使碳氧化成 CO_2 以發生最大热量的問題。因此小型爐子多用側吹法，使風吹在金屬液表面，这就是大小容量的爐子在构造上基本不同的原因。最实用而寿命最長的爐子，是底吹和側吹的迴轉式爐子，所以这两种爐子的基本特点，一直保留到現在（參看圖1、2）。

俄国冶金学者的工作，在貝氏爐煉鋼法的發展上，以及技术的改进上，都占重要的地位。

1876年，阿布合夫斯基工厂中，著名俄国冶金学者切尔諾夫發明了一种特殊冶煉低硅生鉄的方法。到1888年，在下利尔金斯基工厂中，由波連諾夫再詳細研究了类似的方法，并且用“俄罗斯法”的名称列入冶金史。俄罗斯法的特点是可使吹煉的时间減

少，可附帶處理大量碎鐵，減少廢鑄件，以及保證操作的成功等等。在1898年，由頓可夫所研究的卡太夫伊凡諾夫工廠獨創的貝氏爐法，也很著名。以後貝氏爐煉鋼法的技術和爐子構造等的發展方向，主要著重在增加爐子的容量方面，以及提高在煉鋼方面占重要地位的貝氏爐車間的生產量。

2 小型貝氏爐煉鋼法 小型貝氏爐用底吹法沒有得到成就，以後曾經試驗用各種方式的側吹法。固定式貝氏爐的風嘴，曾經試驗配置在金屬液的周圍，它的高度和金屬液在同一水平上或低下很多。在後一種的情況下，當停止吹風時，也曾經採用自動式的用塞頭關閉風嘴的辦法。迴轉式貝氏爐的風嘴配置在爐的一面，所以在爐子迴轉時，可以把它從爐缸內抽出。最初建造的貝氏爐（圖2），風嘴是水平式的，但對風嘴牆壁（在垂直投影面中）有不同的角度，來加強液體金屬和氣體的旋轉。為了達到這種目的，也試驗過用切綫式的風嘴，以及漸近或漸離式（扇形）的配置法。但是經驗告訴我們，風嘴在水平面上的斜置法，只能使爐襯更加損壞，對煉鋼並無好處。

還曾經將風嘴按爐子的高度配置兩排（圖3），來做到完全氧化成 CO_2 的目的。這種爐子曾經試裝在聶夫斯基造船廠中，但是沒有得到預期的結果，於是就把上排風嘴拆掉。最簡便最適用的是——一排直列對稱式的風嘴配置法，它的高度可參看圖4。水平式的風嘴配置法以後又被傾斜式的代替了。空氣經由聯接管和空心爐耳導入風箱，再由風箱進入風嘴；風箱和爐耳是固定在爐子外殼上面的（參看圖2）。

後來小型貝氏爐在構造上的改進，只改變了個別的要點和零件。例如產生了圖4所示的可拆式的貝氏爐構造。這種構造的爐子，空氣是經過具有爐耳的空心支環和容易更換的金屬管導入爐內的，但是這種金屬管在使用上是不方便的。

從各種改進貝氏爐煉鋼法的嘗試中，須提出下列事項，就是用預熱空氣和增氧空氣的吹煉法，所得的結果是相當成功的。但

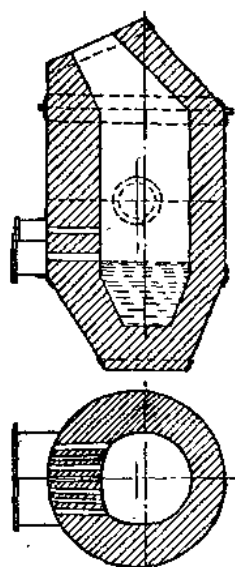


圖3 雙排風嘴的貝氏爐

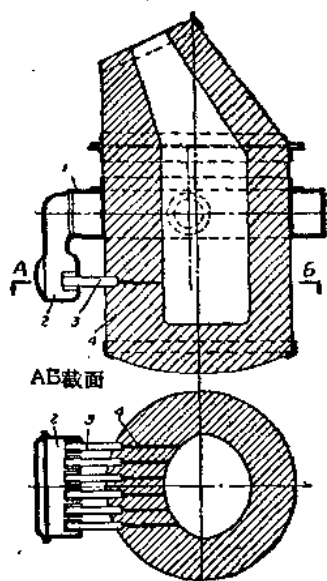


圖4 可拆式貝氏爐

1—空心支環；2—風箱；
3—金屬管；4—風嘴。

是，用預熱空氣來吹煉時爐襯不能持久，而且這個方法也不一定適用，所以沒有得到發展。增氧空氣的吹煉法目前在工業方面還未採用，因為氧氣價格太高、裝置複雜以及難於運用和處理的緣故，所以這個方法的應用還是將來的問題。從各種沒有得到良好結果的改裝試驗中，應該提出更多克的裝置（圖5），這種裝置是預熱空氣式並有石油燃燒設備的爐子。用鑄鐵和碎鋼混合成的爐料裝入爐中，用石油作為燃料，石油燃燒後的廢氣，引入有空氣加溫管的气室中，以提高吹風的溫度。爐料熔化後，將爐子轉到垂直位置，施行吹煉。這種裝置因為構造複雜，而且操作不便，所以沒有得到發展。

生鐵在化鐵爐中熔化時，不但不能去磷和去硫，並且焦炭中的磷和一部分硫又進入鐵水。在貝氏爐中吹煉時，鐵水中的磷和硫也不能除掉，又由於金屬的燒損，以致磷和硫含量的百分比稍有



0659481

工业大学 15.11.782
机械学院
65
图书馆

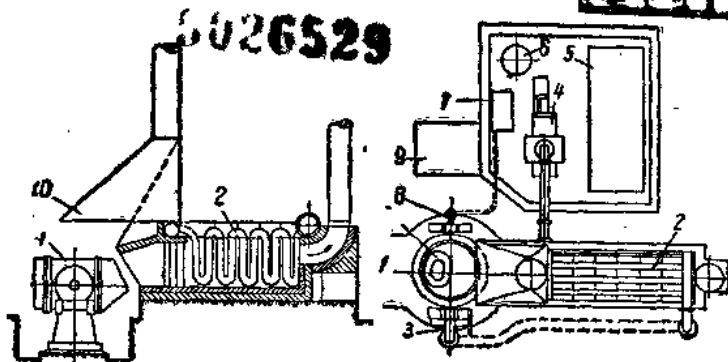


圖5 石油加溫預熱吹風式的貝氏爐

1—貝氏爐；2—空氣預熱器；3—預熱吹風導氣管；4—鼓風機；5、6—重油貯存器和容器；7—油泵；8—重油導管；9—煉鋼器具；10—煙罩。

增加，因此使鋼的機械性能變壞。為了得到較高品質的鋼，像在電爐和平爐中所煉出的含磷、硫較低的鋼的品質，而同時又要保持貝氏爐煉鋼法的高度生產率，於是創造的目標便轉到發明兼有貝氏爐和電爐或平爐優點的機械。紅

十月工廠曾在平爐內作金屬表面吹風的試驗，工程師薩克爾斯基曾為上伊瑟茨基工廠設計5噸馬丁貝氏爐，但沒有實際應用。圖6是電貝氏爐，在與普通小型貝氏爐相似的一部分中，進行鐵水的吹煉，另一部分裝有電極，其中所裝的固體爐料，利用吹煉時排出的氣體加溫。吹煉完了後，迴轉電轉爐，使在貝氏爐部分吹煉過的鐵水流入電爐部分，將已熱的固體爐料溶化，然後與普通電爐操作一樣，煉成

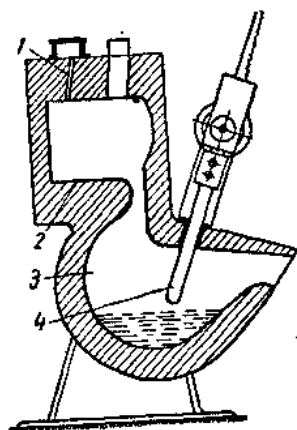


圖6 電貝氏爐

1—風嘴；2—貝氏爐的工作空間；3—電爐的工作空間；4—電極。
所需要的溫度和成分的鋼。另外還試用過一種比較簡單的電貝氏爐，它的形狀有如迴轉關閉式的圓

筒，圓筒的一端配置風嘴，另一端裝有電極，根據需要而迴轉爐體，進行冶煉。但是這種爐子並沒有得到良好的成就。

3 現代的小型貝氏爐 現今應用的貝氏爐鋼，完全採用構造極簡單的側吹式的小型貝氏爐來吹煉，風嘴的裝置以直列平行式的向下傾斜 15° 的最適用。圖 7 所示的就是現代普通構造的側吹式小型貝氏爐的一種。鉚接的和焊接的（以代替鑄成的）支架，可以減低設備的重量和價格，但吹風由側方導入風箱，是這種構造的缺點。圖 8 是不能拆

下的中央導風式的貝氏爐。現代的貝氏爐都用電力控制迴轉，但同時還使用人工操縱杆的迴轉法，以備間歇停止供電時之用。爐子的容量在目前以 2~3 噸的最多。吹煉少量的鐵水總是使經濟和技术方面得到不良的結果，如金屬的燒損率增大，所得的鋼水溫度不夠，不能作小型鑄件之用；並且容量減少後，金屬的表面比跟着增大，因此熱量的損失也跟着增加；同時所用的爐襯耐火材料的重量比較增大，從而爐襯加溫所需的熱量也隨着增加。實際上小型貝氏爐的容量範圍，

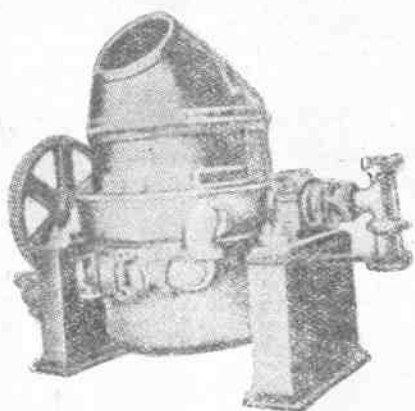


圖 7 現代可拆式的貝氏爐

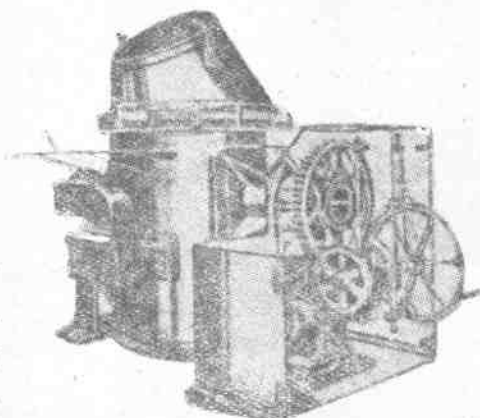


圖 8 現代不能拆下式的貝氏爐