

转炉吹氧炼钢

黑色冶金設計总院技术通訊科 編譯



72

冶金工业

轉爐吹氧煉鋼

黑色冶金設計總院技術通訊科 編譯

編輯：張煥光 設計：周廣 趙苓 責任校對：朱 珍

1958年2月第一版 1959年4月北京第二次印刷2,500冊(累計3,800冊)

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·99,100字·印張6 $\frac{6}{32}$ ·定價：0.80元

北京五三五工廠印 新華書店發行 書號 0715

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

轉爐吹氧煉鋼

黑色冶金設計總院技術通訊科 編譯

冶金工業出版社

序.....		3
貝塞麥煉鋼法一百年.....	A. B. Wilder	著 4
	張 經	譯
LD 法吹氧煉鋼的發展.....	H. P. Weitzer	著 32
	董 少 續 柯 成	譯
LD 法純氧煉鋼的冶煉原理.....	H. A. Trenkler	著 37
	黃 錫 槐	譯
LD 轉爐鋼的性質.....	Hubert F. Hanttmann	著 48
	孫 翳 儒 庄 文 彬	譯
LD 煉鋼車間的設計和建設.....	H. Schaden	著 87
	柯 成	譯
LD 法一年的操作成就.....	Fritz Klepp及Rudolf Rinesch	著 103
	馬 本 師	譯
用氧和蒸汽法吹煉煉鋼生鐵.....	H. Kosmider 及 A. Weyel	著 114
	李 遠 洲	譯
美國的氧氣煉鋼.....	C. R. Austin	著 130
	柯 成	譯
法國專利法解決了氧氣煉鋼的煙塵問題.....	J. Leroy 及 B. Septier	著 140
	蔣 繼 瑞 等	譯
頂吹轉爐切磚.....	Alfred Wegscheider	著 147
	李 傳 生	譯
瑞典多摩那爾威特鋼鐵廠托馬斯轉爐鋼的改善工作.....	Bo Kalling	著 158
	孫 德 和 張 桂 耕	譯
在迴轉爐中煉鋼的原理及結果.....	Rudolf Graef	著 174
	史 通	譯

序

近年来，某些国家能够大规模地生产成本低廉的工业纯氧，这对于炼钢工业的进一步发展具有十分重大的意义。尤其是工业纯氧的应用已经引起转炉炼钢法的技术变革。在转炉上采用纯氧或氧的混合气体之后，生铁原料受限制的困难减少了；生产率也提高了；钢中含磷量和含氮量均可降低，钢的质量和加工性能接近平炉钢。如能获得便宜的氧气，则转炉基本建设的投资比规模相同的平炉要少。因此，转炉炼钢法工业地位的提高也就引起了冶金工作者的重视。

本书重点收集了奥、美、法、西德、瑞典等国的有关转炉氧气炼钢方面的几篇论述。由于资料不全、时间不足和编译经验缺乏，致使本书内容尚缺乏足够的系统性和完整性。例如有关转炉内型设计、自动控制及仪表、废热利用以及工业纯氧的供应与制造问题等均未能列入，有待今后另行编辑补充。

目前国内外对于氧气转炉炼钢问题除总的方向以外，在某些技术细节和经济论证上还存在不同见解。故编者希望读者对本书原文作者所述各项论点能以批判态度研究验证。特别是还须根据我国的具体条件、技术经济政策、资源条件、操作条件、设备制造问题等方面相结合加以研究考虑。

本书可供冶金生产、设计、试验研究方面的工程技术人员做研究讨论之用，并恳切希望读者对选材和译意提出宝贵意见。

本书是由黑色冶金设计总院有关设计工程师集体翻译校对。

黑色冶金设计总院技术处技术通讯科 1957 年 6 月 7 日

貝塞麦煉鋼法一百年

A.B. Wilder 著

一百年前才开始有了不用燃料而由液体生鉄煉鋼的方法。在19世紀初期，坩堝法是主要的煉鋼法。这是一个很不經濟的方法，它一次只能生产几磅鋼，所以大部份产品是熟鉄或生鉄的形式。随着轉爐煉鋼技术的日益演变完善，才有可能生产数以吨計的便宜的鋼，並从而不仅完全改变了鉄金屬工業的結構而且也改变了整个工業生产。这是从鉄的时代到鋼的时代的轉折点。

William Kelly, Sir Henry Bessemer 和 Joseph G. Martien 於 1856 年以前試驗了这种方法。Kelly 於1847年在美国肯塔基州 Eddyville, ky. 开始做試驗，並获得第一个發現鼓風轉爐法原理的荣誉。几年以后，貝塞麦在英国独自想出与 Kelly 相似的煉鋼法。貝塞麦於 1856 年 8 月在英国 Cheltenham 举行的英国科学促进会协会的年会上公开宣佈了他的發明。由於他的論文“不用燃料制造可鍛的鉄和鋼”及以后几年他的技术倡导，这个方法便永久命名为貝塞麦。

把这个方法运用到商業上生产的荣誉还应归于另外兩個人。Robert Mushet 在英国於 1856 年認為轉爐产品必須脫氧和增碳，並且提出鼓風后加入高錳生鉄的技术。在瑞典，G.F. Göranson 於 1858 年 7 月在得到貝塞麦專利許可后制造出鋼，但是煉鋼的成功还依靠了 Göranson 本人对轉爐的設計，即增加風眼面积和减少空气容量。

貝塞麦煉鋼法与其他煉鋼法的竞争

在酸性貝塞麦法已經發展成功以后，平爐法和电爐法相繼創始。於 1868 年在美国建造了第一座酸性平爐。美国碱性煉鋼法是於 1884 年在 Steelton, Pa 的一个碱性轉爐中开始的，而第一

批碱性平爐鋼是在 1888 年於 Homestead, Pa. 生产出来的。第一个用来煉鋼的电弧爐是 Sir William Siemens 在 1879 年获得專利的。

1900 年以前,平爐鋼很少用来生产鋼軌。用鋼軌代替鉄軌,以及铁路網的迅速发展都为貝塞麦法提供了發展的机会。

1887 年,美国西維基尼亞州的 Wheeling 地方的河边鋼鐵工厂第一次生产了 500 吨貝塞麦鋼的焊接管时,貝塞麦法进入了一个新时代。国家管子制造公司 (National Tube Works Co.) 於 1890 年决定放棄生产熟鉄管而建造一个貝塞麦煉鋼厂,这就是大量生产貝塞麦鋼制造焊管事業的开始。与此同时,無縫鋼管也产生了。然而無縫鋼管是用平爐鋼制造的,並从而导致了平爐法的發展,只是在最近 15 年才用脫氧的貝塞麦鋼来制造無縫管出售。

在 1900—1910 年期間,平爐鋼生产超过了貝塞麦鋼(圖1)。形成这种趋势的部份原因是因为鋼軌几乎全部从用貝塞麦鋼改为用平爐鋼了。

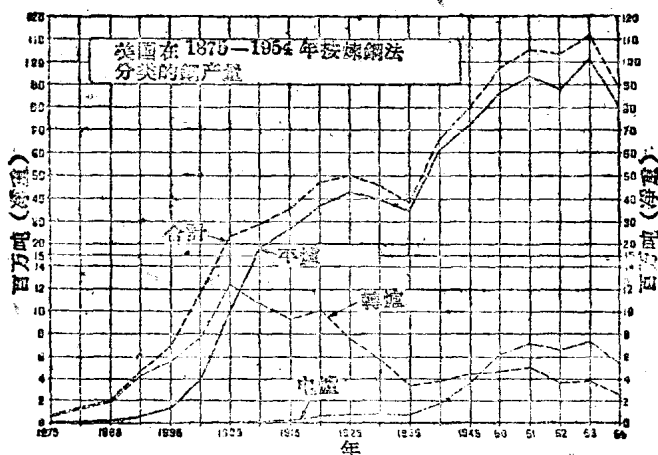


圖 1 美国按煉鋼法分类的鋼产量表

汽車工業的增長和扁鋼制品的广泛使用对煉鋼法有着很大影响。1920 年以前,煉鋼工業主要是生产重型鋼制品,但在 1924

年, John Tytus 發明了連續式帶鋼軋机, 这个方法为平爐鋼提供了广泛的銷路, 它大部份是消耗在汽車工業上。

近 25 年来, 美国平爐鋼生产远远超过貝塞麦鋼生产(圖1), 其理由如下:

1. 平爐法可以很好利用大量廢鋼。
2. 平爐鋼的氮和磷含量較低。
3. 近年来平爐容量进一步增大。
4. 平爐法对原料和燃料要求比較不严格。
5. 用一般含磷生鉄煉碱性平爐鋼比較經濟。
6. 由於平爐鋼質量比較均匀, 易符合要求和规范。
7. 在平爐降碳时易掌握碳素, 因而可能在狹小化学成份限制內冶煉各种鋼。
8. 平爐需要的生鉄、焦炭等的生产設備較少。

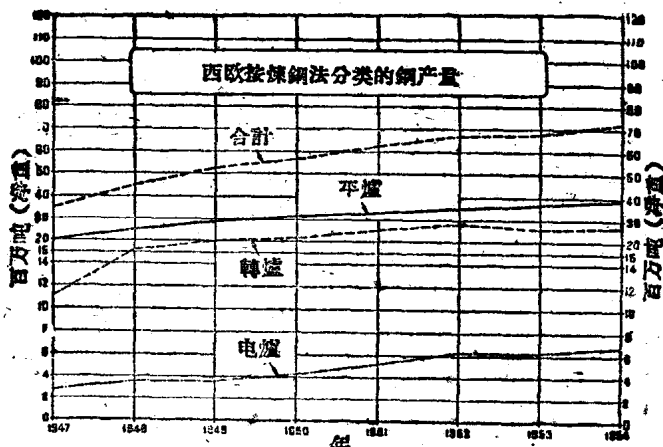


图 2 西欧国家按煉鋼法分类的鋼产量表

在欧洲西部煉鋼法的趋势恰得其反, 碱性轉爐法是生产碳素鋼的主要方法(圖2)。在欧洲大陆用高磷鉄矿冶煉成的高磷生鉄, 非常理想地和碱性轉爐法操作相适应。爐渣由於含磷而成为有价值的肥料。此外, 在欧洲燃料价格高並且廢鋼比較缺乏, 这些均对碱性轉爐有利。

虽然平爐和电爐法容量大和每爐鋼产量多，但每爐冶煉時間長。虽然平爐的热效率已得到改善，它的 Btu (英热單位) 消耗量仍然很高，不能与轉爐相竞争。但是，無論如何，轉爐还需要扩大容量。低价大量生产的氧气對於現代轉爐的生产是很重要的，这样不仅能够控制含氮量，而且提供溶化大量廢鋼的可能。

控制工業的烟塵在許多地方曾經是一个問題，近年来在这方面有了相当的进步；看来目前在多数的冶金过程中控制烟塵的方法是可行的；然而對於現代的底吹轉爐工厂，由於設計和操作的特性，特別是在使用氧气的时候，烟塵收集和控制的問題还不能肯定。

氮气問題和鼓風轉爐法的發展有着根本的密切关系；早在 1896 年 F.W. Harbord 和 T. Twynam 二人就已認識到了这一点。氮在很多种型号的鋼中是有害的，特別是要求鋼具有韧性的时候。多年来曾經探討过氮在鋼中的影响，現在对氮的影响已經很清楚，並且已使用了一些方法来控制轉爐鋼中氮含量和氮的作用。以鋁来稳定氮已被公認。以富氧空气和氧气-蒸汽混合物进行面吹来控制氮素已在实業界应用。

据說，鼓風轉爐法难以控制，是因为它在 10—15 分鐘內就吹煉完了一爐鋼。还有，煉轉爐鋼时，在降碳时掌握碳素十分困难。这些問題很久就被認識到了。但是应当指出，有許多种鋼可以在高度的控制下用轉爐法来生产。这對於低碳半鎮靜鋼和沸騰鋼特別实际，但为了生产其他种鋼进行的較严格控制，必須考虑到需要較長的吹煉時間。在面吹轉爐中的控制可以用下列方法实现：不只控制空气或氧气量而且要改变熔池的深度。增加了吹煉時間后，可以調节鋼水和爐渣，以便获得需要的結果，也可以測定並控制溫度了，但必須使用接近一般平爐生产能力的較大轉爐容量。大轉爐的热損失將能控制吹煉時間的長短。

虽然双联法（在平爐中使用轉爐吹煉的鋼水）应用很广，但这种方法受一定的限制。轉爐鼓風時間很短並去掉砂时，随即生产出低碳的双联平爐鋼。如果不用轉爐，也可在盛鉄桶內將高爐鉄

水进行吹氧去砂。当使用已吹炼成钢的转炉钢水时，双联平炉钢将会含氮，但氮可以用铝进行脱氮来稳定。也可以用熔池内沸腾操作来降低双联平炉钢含氮量。双联钢常用于氮不受什么限制的那些方面。

钢的时代

现代的炼钢工业是从1856年开始、随着用低廉的铁炼成钢的贝塞麦法而发展起来的。（原文有几个专利简介因与本文重复故略去不译——译者注）

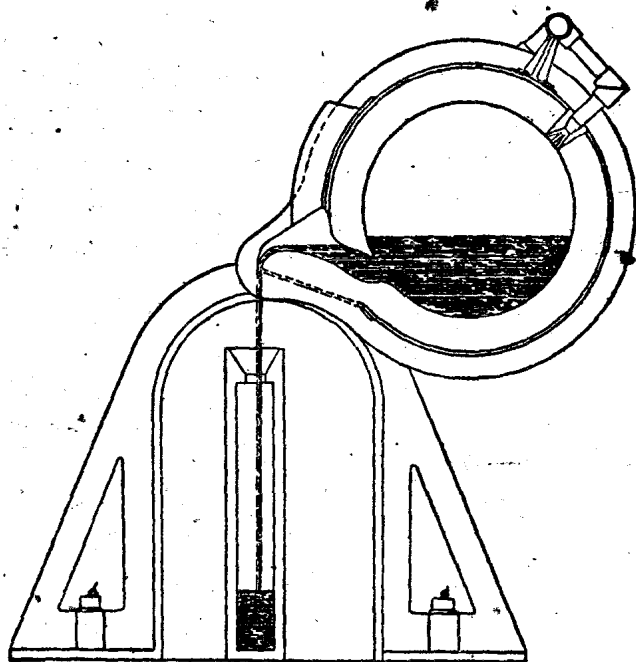


图3 初期小风嘴面积的贝塞麦转炉

亨利·贝塞麦爵士完成他的第一次试验的炉子如图4所示，于1855年在这个炉子中炼出了钢，并在1856年8月11日第一次公开宣布他的方法。1858年，贝塞麦在改进原有炉子的基

础上於英国 Sheffield 建立了一个轉爐（圖 5）。Robert Mushet 建議采用高錳生鉄使得轉爐方法能适合煉出商品鋼。在 1863 年貝塞麦取得了第一个可卸式爐底（圖 6）的專利。其他早期的貝塞麦轉爐如圖 7 和 8 所示。

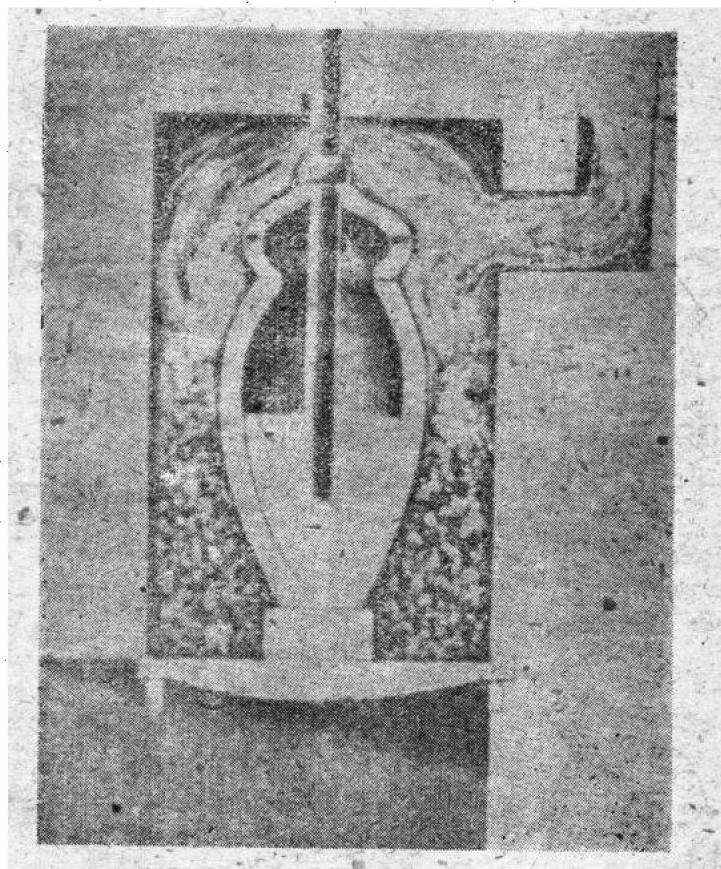


圖 4 第一个貝塞麦轉爐

当貝塞麦在英国發展他的煉鋼法的时期，在美国和欧洲大陆也实行了这种方法。1864 年，瑞典煉出了 3178 吨貝塞麦鋼和 4500 吨坩堝鋼。1866 年，法国在六个工厂里煉出貝塞麦鋼 10791 吨。

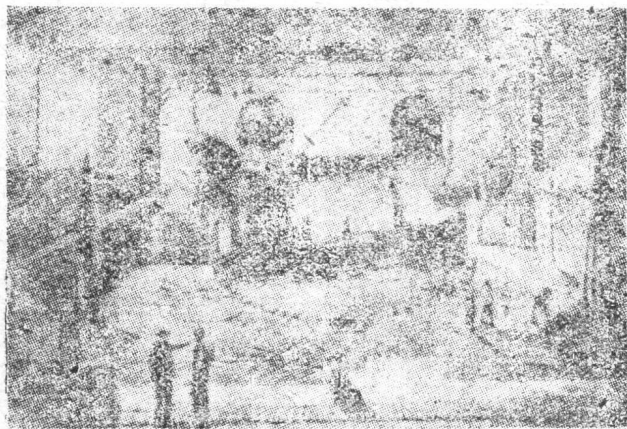


圖 5 1858 年的貝塞麥轉爐工廠

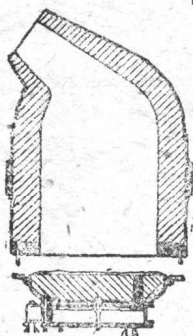


圖 6 可卸式爐底，
1863 年

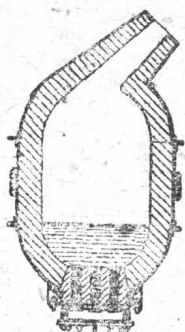


圖 8 初期大風嘴面
積的貝塞麥轉爐

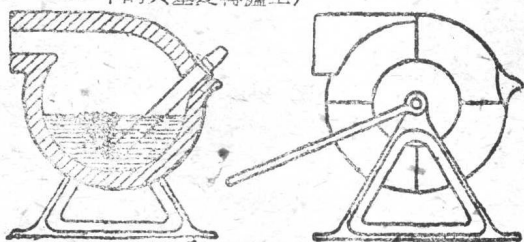


圖 7 初期的貝塞麥轉爐



圖 9 Kelly 煉鋼轉爐，1861 年

Cambria 煉鐵廠於 1861 年和 1862 年試驗使用 Kelly 煉鋼轉爐（如圖 9 所示），而 Kelly 在肯塔基州還早已製造了另一些轉爐。Kelly 風動公司於 1862 年在 Wyandotte, Mich. 開始建設一個工廠。該廠的經理 W. F. Durfee 於 1864 年 9 月利用 Kelly 和 Mushet 的專利以 $2\frac{1}{2}$ 噸轉爐煉了鋼。這是在美國用鼓風轉爐法煉出的第一批商品鋼。

1864 年，Alexander L. Holley 組織了阿爾班尼和倫亞拉爾鋼鐵公司（The Albany and Rensselaer Iron and Steel Co.），利用貝塞麥和 Mushet 的專利於 1865 年 2 月在紐約州 Troy 以 $2\frac{1}{2}$ 噸轉爐煉鋼。後來在該廠又建設兩個 10 噸轉爐。於 1866 年在特洛伊和溫杜脫兩家公司併入風動煉鋼聯營（Pneumatic Steel Ass'n）。其他廠家也跟著取得專利執照，在隨後的幾年內美國各地很快地建立起產量較大的廠子。貝塞麥，Kelly 和 Mushet 等事業的結合消除了在美國關於煉鋼法的爭論。

鹼性轉爐煉鋼法

在歐洲大陸的鋼生產者曾面臨着處理許多高磷鐵礦的問題。他們認為貝塞麥法不能完全適應這種生鐵的冶煉，遂着手試圖改變這個方法來處理那些原料。1860 年，德國的 Turner 推薦出一個燒結鎂砂爐襯的鹼性轉爐。1865 年，Wedding 建議在一個酸性轉爐內在矽氧化後出渣時進行去磷，然後再將磷氧化並扒渣。然而，矽磚爐襯的存在妨礙了去磷作用，結果第二次渣並不含磷。1877 年，在德國 Krupp 和英國 Bell 跨上解決這個問題的第一步。他們將生鐵裝入一個專門的旋轉爐中並利用鐵和錳的氧化物作爐襯和溶劑來去磷。

1878 年，英人 Sidney Gilchrist Thomas 採取了第二步。當時他製造了鹼性白云石磚並在鋼鐵學會的會議上報告他能從貝塞麥鋼中去磷。以後托馬斯觀察到石灰石適宜於用作溶劑。於 1879 年用磚和搗筑爐底砌成鹼性爐襯並使用了鹼性溶劑，托馬斯觀察到在脫磷終結後需要一個後吹。在德國鹼性法使用高磷礦所

煉生鐵之能够成功是由以下几方面保証的：1) 碱性爐襯，2) 碱性熔劑，3) 后吹。碱性轉爐和酸性轉爐在設計中並沒有根本性的差別。

在碱性轉爐煉出的鋼，后来就称为托馬斯鋼，而酸性轉爐的产物称为貝塞麥鋼。除托馬斯之外，英国 Percy C. Gilchrist (他的表哥) 和 George J. Snelus 以及宾西尼亞州 Pittsburgh 的 Jacob Reese 均参与了碱性法的發展。Reese 於 1866 年在美国得到一个專利，Snelus 於 1872 年在倫敦鋼鐵学会的會議討論了这个方法。在德国由於有恰当的鉄矿而且渣子可供作农業的使用，碱性轉爐法發展得很快。到 1884 年，全世界已有 32 个碱性轉爐煉鋼厂計有 88 个碱性轉爐，爐子的总容量为 795 吨；而其中德国就佔有了 41 个轉爐。

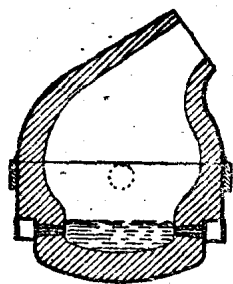


圖 10 貝塞麥側吹轉爐，
1862 年

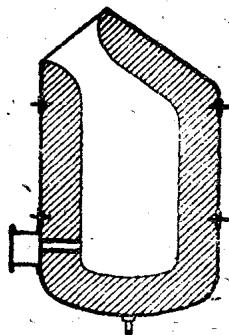


圖 11 Waldren側吹轉爐，
1884 年

面吹鑄造用轉爐

1862 年，貝塞麥氏提出專利一種側吹傾側轉爐（如圖 10 所示），全部風嘴均穿過爐底周圍的爐牆。在瑞典曾有很多固定式爐子，風嘴放在接近爐底位置來操作。后来把風嘴漸漸從爐底提高但仍維持在鉄水面以下。

在 1884 年設計出的 Waldren 轉爐（圖 11），與風嘴沿着整個圓周配置的其他轉爐有顯著區別。Waldren 是將四個風嘴集中地配置在爐子的一個側面並與爐子中心略呈傾斜以準備鐵水的旋轉。

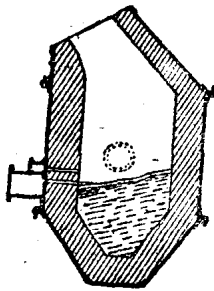


圖 12 Tropenas 側吹轉爐，1891 年

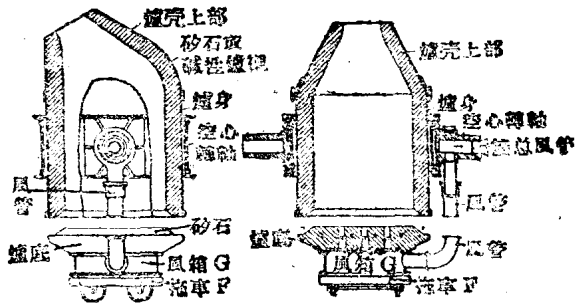


圖 13 偏心式和同心式轉爐，1898 年

在后來的設計中，把轉爐的爐壁上的風嘴又逐漸提高至接近鐵水面。最後，F.A.Tropenas 設計一個轉爐（圖 12）從其爐壁直接向鐵水面吹風。1891 年的 Tropenas 的專利中表明爐子裝有兩層風嘴。過些年以後，發現上層風嘴並不需要。

1890 至 1940 年間的發展

隨着表面側吹轉爐的發展，在隨後的 50 年內在貝塞麥煉鋼方面只有少數的根本性改變。雖然有許多新工廠趨向於建造大轉爐，但這些年內主要是改進關於材料運輸的機械方面。

1900 年，曾有許多 2 噸容量的表面側吹轉爐，但因不如平爐或貝塞麥轉爐鋼生產方便，故主要是做鑄鋼生產。底吹貝塞麥轉爐的生產還不便超過 20 噸的容量。在 1893 年貝塞麥氏去世時所採用的同心式和偏心式轉爐如圖 13 所示。可卸式爐底和轉動設備已被採用，空氣鼓風是用臥式雙缸引擎。1900 年，一個典型貝塞麥工廠如圖 14 所示。例如美國鋼鐵公司於 1901 年有 35 個轉

爐，其容量為5到17噸，其總產量為7.5百萬噸。在賓西尼亞州 McKeesport 工廠里操作的幾個10噸貝塞麥轉爐如圖15所示。

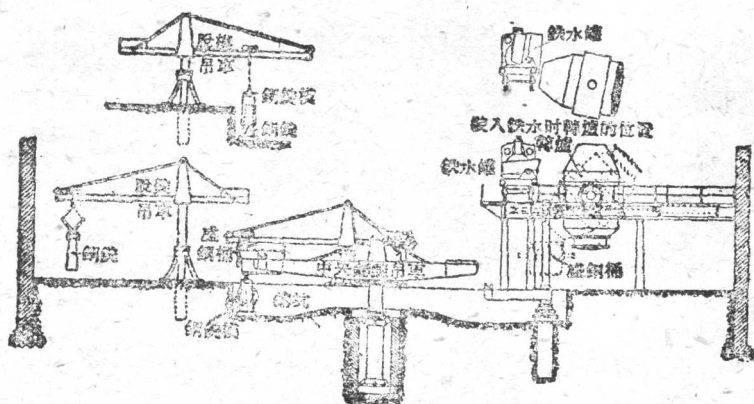


圖 14 1900 年 2 座貝塞麥轉爐工廠的概貌

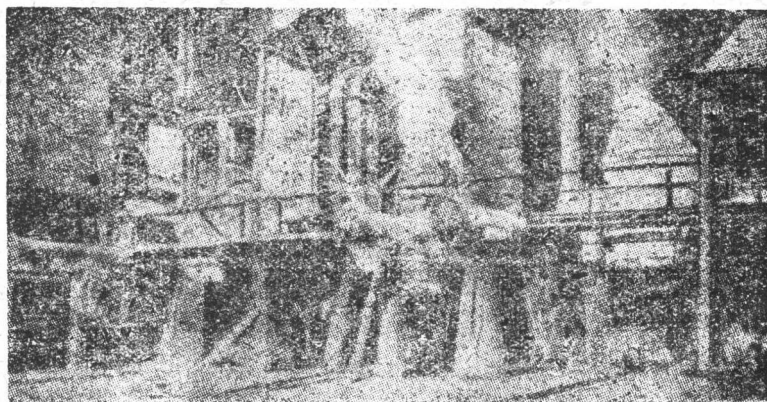


圖 15 1890 年賓西尼亞州 McKeesport 工廠里操作的 10 噸酸性轉爐的照片（部分說明與文內重複故省去——譯者）

在 1910 — 1930 年期間，貝塞麥式平爐聯合着建設了許多貝塞麥轉爐工廠。將轉爐鋼水加入平爐使平爐熔煉出更多的平爐鋼，結果擴大了平爐產量。轉爐也用來生產貝塞麥鋼錠。大轉爐安裝起來，並改由离心式鼓風機送風。準備了足夠的混鐵爐，改進了冶煉操作。30 噸容量的轉爐每月產量達 4 萬噸。風嘴數目隨着空氣使用量的增加而增多。隨着生產率的提高，改進了大量材料的運輸。

在 1890 — 1940 年期間，對於轉爐吹風時間內的溫度控制和吹煉終了氧化情況給予很大的注意。在吹煉末期有很高的溫度，不僅會增加鋼中含氧量，也會增加它的含氮量。鐵水和鋼的成份、冷卻劑的使用、裝料的混合都是應加注意的另一些因素。

近百年來各種轉爐的爐型

自從貝塞麥和 Kelly 兩人最早設計轉爐以來，鼓風轉爐的尺寸和形狀為了符合煉鋼者的各種見解已有所演變。可卸爐底便是一個顯著的革新……大的風嘴面積被認為是必要的……從很早時期以來，側吹技術就在反復地試驗着……直到現在為止，關於轉爐爐型的最合理的尺寸和形狀以及關於風嘴的最合理的佈置和設計方面仍然有各種不同的意見。（參閱 6-13、16、17、29 各圖）

特殊的貝塞麥操作

生鐵質量、溫度、運輸、除高爐渣、噴濺、爐襯壽命和吹煉的溫度都是近代轉爐操作的重要因素。鐵中含鈦和改變吹風壓力據報告稱是不合宜的。對於結塊（爐襯結起）已被注意多年。所有這些因素均與轉爐設計和操作方法相關。

在貝塞麥煉鋼法的很多變化中，Wright 於 1940 年發展了一個生產無縫鋼管的方法。在這個方法中生鐵水是拿來使貝塞麥鋼脫氧。於 1940 年 R. Perrin 發展了一種方法，將鋼水從高處倒入盛有一種鹼性氧化渣的桶內進行去磷，並在加入矽和錳後把鋼水倒入酸性轉爐內再吹煉。在 Yocom 方法中，將吹完了的鋼水