

中国科学院图书馆
基本部藏

350983

K·爱歇尔 著

底吹碱性转炉炼钢法

杨树棠 王国章 合译



中国工业出版社

底吹碱性轉炉炼鋼法

[德意志民主共和国] K·爱歇尔 著

楊树棠 王国章 合譯

中国工业出版社

DR. KARL FICHEL
DAS BASISCHE WINDFRISSVERFAHREN
VERLAG TECHNIK BERLIN 1952

* * *

底吹碱性转炉炼钢法
杨树棠 王国章 合译

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑
(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路10号)
(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $11^{15/16}$ ·插页 1·字数 314,000

1964年3月北京第一版·1964年3月北京第一次印刷

印数 001—971·定价 (科四) 1.50 元

*

统一书号: 15165·2690 (冶金-455)

譯者的話

目前关于专门叙述底吹轉炉炼鋼的书籍尚不多見。本书所收集的这方面的資料，范围較广，內容丰富；学术理論和实践經驗都有相当份量的介紹。

本书內容虽然偏重于介紹底吹碱性轉炉炼鋼知識，但对于其他各种轉炉炼鋼方法也有适当的叙述，尤其对于轉炉炼鋼共同性质的各項問題都作了比較詳細的闡述。因此，这本书的出版对于国内轉炉炼鋼工作者将提供有益的資料。在翻譯过程中，对原序的个别地方作了改动。

由于譯者水平有限，錯誤和不当之处在所难免，希望讀者指正，以便再版时更正。

原 序

这本书的产生首先应归功于德意志民主共和国冶金工业部和采矿工业部的同志以及其他有关同志，因为有了他們的鼓励，才使我把托馬斯炼鋼厂的操作經驗介紹出来。我写这本书的动机是想把它作为一定范围内的教学参考材料。

在完成这项既有兴趣又很困难的任务时，我尽量介紹了底吹碱性炼鋼科学的发展情况和最新資料，同时对所有影响这种冶炼过程的技术措施提供一些实际参考材料。

因为1940年巴黎国际化学协会为了消除已經陈旧的和錯誤的記号而制定的有机化学化合物名称的标准定义尚未得到普及，所以本书的化学方程式采用了近代科学上所使用的表示方法。

本书向現厂工作的青年介紹了必要的工业知識和冶金基本知識；而对有經驗的专家，也有参考价值。

有关的參考資料非常丰富，所以只能有选择地加以利用。作者把这些文献編排成附录列于书后。书中引用的資料片断都注明了它的出处。除此之外还注明了所有附图和附表的来源，并整理成附录列于书后，这样就便于深入研究參考資料的人易于查寻（中譯本附录內仅列入參考文献来源，附图和附表的来源未列入）。

在吹炼过程中的每一时刻，鋼液中所有元素、熔渣和气相因操作条件（轉炉炉型和炉龄，风压和风量，吹炼速度）不同而在物理和化学变化上彼此都有影响。为了把上述所有关系解釋深透，每一章里都可能述及，因此难免有重复的地方。

由于目前还没有一本专门叙述底吹碱性炼鋼方法的書，因此恳請讀者对于此次嘗試多加鉴諒，并恳請大家协助，以便在再版时

改进。

在这里，还要对所有协助搜集参考資料、手稿的編写和整理
附图的同事們致謝。

工学博士 卡尔·亨利希·爱歇尔

1952年3月

目 录

第一章 托马斯炼钢法的发展历史	1
第二章 原料	10
第一节 托马斯生铁.....	10
第二节 炼钢石灰.....	39
第三节 白云石、焦油和耐火材料.....	40
a) 白云石的成分、焙烧温度和筛分.....	40
b) 焦油性质, 炉底和炉身的使用寿命.....	47
c) 耐火材料.....	55
第四节 供风.....	56
第五节 附加剂.....	61
第三章 托马斯炼钢厂的建设布置	65
第六节 转炉炉型.....	66
第七节 混铁炉车间.....	96
第八节 白云石车间.....	103
第九节 铁水、废钢、石灰、河砂以及附加剂的加入.....	106
第十节 钢水及炉渣的运出.....	107
第四章 吹炼过程	110
第十一节 各种元素的性能.....	112
a) 硅.....	112
b) 锰.....	116
c) 碳.....	121
d) 磷.....	123
e) 硫.....	131
f) 氧.....	137
g) 氮.....	141

第十二节 鼓风中附加氧, 蒸汽和二氧化碳的意义	146
a) 富氧鼓风	146
b) 附加铁矿石	150
c) 侧吹和斜吹	156
d) 附加石灰石屑	161
e) 附加蒸汽鼓风	161
f) 附加二氧化碳鼓风	167
g) 提高风压	167
h) 富氧鼓风与附加铁矿石和石灰屑的联合操作法	169
i) 铝镇静钢	181
k) 用加热剂处理的钢	182
l) 奥地利的吹氧炼钢厂	185
第十三节 吹炼时间	189
第十四节 钢液和熔渣的关系	195
第十五节 化学计算和热化学	208
第五章 脱氧与合金化	224
第十六节 反应过程在化学计算和热化学上的表现	224
第十七节 脱氧的工艺过程	233
第十八节 托马斯钢的合金化和各类钢种的炼制	239
第六章 铸锭和钢的凝固	253
第十九节 钢锭模和附件	253
第二十节 铸锭方法	272
第七章 托马斯钢的性质	297
第八章 托马斯转炉炉渣	307
第九章 碱性吹炼法的特种应用范围	316
第二十一节 制造钒渣	316
第二十二节 制造锰渣	331
a) 用钨铁吹炼	331
b) 用磷钨铁吹炼	333
第二十三节 制造双磷渣	335

第二十四节 制造合成优质生铁.....	338
第二十五节 制造特种生铁.....	339
第十章 托马斯炼钢法的烧损率、收得率和物料经济.....	341
结束语	354
第十一章 附录.....	355
A. 缩写说明	355
B. 参考文献目录	356

本书所引用的参考文献，都按原作者姓氏依次编号排列成附录B，正文中则将所引用的文献号数写在〔 〕之内。

第一章 托馬斯煉鋼法的发展历史^①

鋼的生产最初是从手工业发展起来的，当时生产規模很小，大量生产至今不过只有二百多年的历史。

1740年出現了坩堝煉鋼法，接着1785年又出現了攪拌煉鋼法。1856年，弗利德列希和威廉·西門子采用換向加热法（蓄热法）以后，才使平炉煉鋼法向前迈出了具有决定性的一步。1864年埃米尔和皮勒·馬丁（父与子）在西萊尔炼出了第一炉（酸性）平炉鋼。继1853年皮雄的电弧炉之后，1881年产生了維納尔·西門子式电炉。

1855年，一个名叫亨利·貝塞麦的普通鑄字工人（1813～1898年），采用了鼓风煉鋼法，实际上給液态鋼生产指出了一条完全嶄新的道路（图1）。这个用空气煉鋼的英国专利开始于1855年10月17日。接着他在1860年又取得了关于炉型的第二个专利。他在普魯士却未获得这些专利权，因为当时那里已經知道往鉄水中鼓入空气的方法了。当时用水力操纵的轉炉、鑄錠吊車和脫錠吊車，帶塞头砖和水口砖的盛鋼桶以及錐形鋼錠模等都是貝塞麦的专利品。这些专利在几十年后的今天仍保持着它們的重要意义。

第一炉貝塞麦鋼是在1858年7月18日由格兰·弗德利克、格兰逊在瑞典的埃斯肯吹炼出来的。

貝塞麦煉鋼法的缺点是熔池內不能脫磷，但决不能因此而降低貝塞麦首創轉炉煉鋼法的功績。

当时研究脫磷問題的有三人：史太因，托馬斯和吉尔利司特。

① 来源見附录 B: 2, 10, 11, 34, 51, 133, 206, 208。

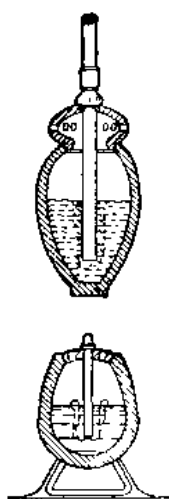


图 1 大型轉炉和第一个貝塞麦式精煉容器

布尔巴赫冶炼厂曾用一百万法郎要求波恩的史太因工程师（1877年）实现他提出来的方法，即用鲐状褐铁矿生产的生铁，熔炼适于轧制钢梁的贝塞麦钢。但是，史太因并未达到任何结果。当时专门研究脱磷问题的是森纳·吉尔利司特·托马斯，他的名字应该载入“底吹碱性转炉炼钢法”一书的首页。

1850年4月16日，托马斯诞生在伦敦附近巴特西的卡依伯利。1867年，因丧父，只好辍学，到伦敦谋生，并担起家庭生活的担子。但他在每口工作之余，一直苦攻自然科学。1868年他开始攻读化学，教师是毕克貝克研究院的乔治·卡罗纳。当卡罗纳在1870年指出贝塞麦炼钢法中存在着脱磷问题时，托马斯便产生了研究这个问题的念头。

此后的五年时间是托马斯炼钢法的孕育时期。因为他自己的试验室小，不能满足研究的需要，后来便改在他的老师的试验室内继续进行研究。1872年5月，他参加了采矿学校第一班的矿物学和无机化学课程的考试，成绩及格。1874年又参加了其他考试。



图 2 森納·吉尔利司特·托馬斯的塑像

1875年末，托馬斯清楚地領悟到貝塞麦轉炉的脫磷問題只有从炉衬方面去寻求出路。炉衬的任务一方面是要把磷从鉄中析出来，另一方面又要与已經形成的磷酸結合起来。为了达到这一目的，應該制造碱性熔渣。

托馬斯确信他的結論在化学上是无可指責的，以后也証明了他是完全正确的。他曾企图在他的位于伦敦苏息司广场的住所內安装一座轉炉，但結果沒有成功。他有一位堂兄弟佩西·吉尔利司特，是南威尔斯一个炼鉄厂的化学工作者。他决心协助托馬

Specification of
 Sidney Fisher to Thomas
 of 2 Queens Road Villas
 Queens Road
 Battersea Park
 London

My Invention relates to
 an improved process for
 effecting the more complete removal of phosphorus
 in the manufacture of steel
 in the Bessemer Converter
 from phosphoric pig iron
 I use a Converter
 lined with a highly basic
 material preferably the
 basic bricks already
 described by me in
 previous applications

2 The improved process herein
 described for effecting the
 more complete removal of
 phosphorus in the manufacture
 of Bessemer steel by the addition
 of large quantities of basic
 materials so as to form a
 highly basic slag as
 herein described in combination
 with the combination of the
 metal as herein described

我的发明是一种脱磷更为完全的改良式贝塞麦转炉炼钢法。

采用这一方法时，我使用的是一个用高碱性炉衬砌成的转炉，最好是用碱性耐火砖。关于这一点我在以往的试验中曾经作过说明。

这里所叙述的方法是脱磷较为完全的改良贝塞麦炼钢法，是用加入大量碱性物质造成高碱度熔渣，并且根据钢水情况进行后吹的炼钢方法。

图 3 托马斯在专利说明书首页和末页上的亲笔题词

斯，但试验工作进行的仍很迟缓。

1876年9月托马斯写信给他說，可用一个大点的坩埚作为试验吹炼容器。风嘴可用外面包上一层粘土的普通煤气铁管。

开始时困难重重，吉尔利司特在布利納文工厂内（在南威尔斯）利用业余时间继续进行这一试验，这事他并没有通知厂方。

1877年10月19日他邀托马斯来厂共同继续进行试验。从此对托馬

斯來說便开始了一个不安定的时期。在这段时间内由于过度劳累和紧张，使他染上了肺病。最后托馬斯还在少壮年华，病魔便夺去了他的生命。

1877年11月他呈請了第一个专利。接着1878年又呈請了第二个专利。第二个专利的内容是一种用砖砌的碱性炉衬。这种砖是用石灰和氧化鎂含量不固定的鎂石灰石、小量的氧化鉄皮（0~2%）、二氧化硅（5~9%）和粘土（3~4.5%）制成的。最初，托馬斯是用水玻璃作石灰的粘合剂，以后改用了煤焦油。

直到1879年，为了脱磷完全起見，除碱性炉衬之外他在第三个专利内又加上了用石灰作造渣剂和超过脱碳点以后繼續进行吹风的所謂“后吹”等内容，从此之后，才被当作一项发明被肯定下来。

1878年3月，他在英国鋼鐵学会的大会上第一次报告这个炼鋼方法时曾受到冷遇。1878年鋼鐵学会在巴黎世界博覽会所召开的大会上情况也如此。当时托馬斯曾提出一项报告，题目是“貝塞麦轉炉中的脱磷問題”，但是他始終沒得到机会发言。

对所有这些打击，他都以冷靜的态度忍受下来，但是他对自己理想的最后成功是深信不疑的。后来溫塞尔·立沙特要求托馬斯在中卜勞夫的埃斯通厂（属于布尔考夫、倭范公司）繼續进行試驗，于是他在这里就以一个10吨轉炉的經驗为基础取得了1879年的专利。

1879年5月8日是一个值得紀念的日子。这一天，托馬斯终于把他的发明作为冶金世界内的一项成就在鋼鐵学会的春季會議上发表出来。虽說这已經达到了他的目的，但他仍用很大的精力繼續研究脱磷問題。另外他还注意到碱性炉渣的利用。1884年他曾写信給吉尔利司特說：“假如我說，从鋼的生产成本考虑，它的副产品和磷将要成为主要产品时，你也許会譏笑我的这个說法”。

但是他并没获得这一专利，因其他研究者已先他一步了。高埃格森的一位葯剂师G·怀尔曼，从1880年起就在研究把攪拌炼

鋼法的熔渣用于农业的問題了。后来怀尔曼經派納尔軋鋼厂的G. L. 梅耶的提醒又把注意力轉到了碱性轉炉炉渣。G. 怀尔曼和L. 梅耶两人一起用磨細了的碱性轉炉炉渣于1882~1883年的冬天，在农业上作了第一次試驗。1883年11月，他們首次公布了有关的研究結果。

1885年的2月1日森納·吉尔利司特·托馬斯逝世，年仅三十五岁。虽然他的寿命如此短促，但是他的遺著却是工业上最大成就之一，并且在經濟具有重大的意义，因为洛林根的褐鉄矿只有在发明了托馬斯法以后才提高了它的經濟价值和地位。

当1879年9月22日約瑟夫·瑪森納，立沙特·平克和古斯塔夫·巴斯托尔等人吹炼出了第一炉托馬斯轉炉鋼时，便开始了德国炼鋼生产的全盛时期。

托馬斯炼鋼法的发现，使德，法，卢森堡和比利时等国以褐鉄矿矿石为基础的液体鋼生产成为可能，后来使用含磷的瑞典鉄矿也获得成功。

托馬斯发现了如何利用碱性炉衬和富石灰熔渣的作用把磷从生鉄中去除；然而为什么磷可以自熔池脱出并与熔渣結合，对他仍然是一个謎。当时托馬斯尚未認識到磷的发热作用。1879年他还在主张尽量采用低磷生鉄，例如含1.3%Si和1.1%P的生鉄吹炼。霍尔德地方的G. 希根托克第一个認識到应当以磷代硅，并且发现使用含3.0%P，0.5%Si和2%Mn的伊尔赛得生鉄，所得吹炼結果最好。含硅量越小，炉底和炉衬的寿命越长。G. 希根托克首先引用了“托馬斯生鉄”这一概念。

托馬斯用的不是純石灰，而是石灰和鉄矿石的混合物(8:1)，这是从攪拌过程来考虑的。在霍尔德有人曾用尽可能純淨的先在堅窑內預热过的石灰和其他种附加剂，但没有获得預期效果。

后吹時間長短的确定，出渣的方式以及熔剂的加入方法等問題，都曾遇到过很大困难，因而在霍尔德和麦得尔两地曾經进行了无数次的試驗。1879年已能作到在燒損率为13%，吹炼時間为10分钟，后吹時間2~4分钟的情况下把磷降低到0.03~0.05%

了。

貝塞麥轉爐的裝入量長期以來僅限於幾噸，只有憑碱性正確判斷爐型才能稍許多裝些。應該考慮到碱性法的渣量比酸性的大（10:7），因此要選擇較大的爐型。為了縮短碱性法的吹煉時間，還要把風壓從1.5提高到2個大氣壓。後來在霍爾德採用將高爐鐵水直接兌入轉爐的辦法中，發明了在混鐵爐內脫硫的方法。

工廠中積累起來的知識不久都已為大家所熟悉，並在各托馬斯煉鋼廠之間進行了豐富的經驗交流活動。自從1911年在杜塞多夫由德國鋼鐵工作者協會成立了煉鋼學會之後，更進一步豐富和發展了這種煉鋼方法。

托馬斯生鐵的物理和化學性能，轉爐形狀和爐襯，鼓風面積，風量和風壓，吹煉時間，溫度控制等，都曾是工廠內各方面不斷注意的問題。高等工業學校和大學的講座主持者不久也都開始了對托馬斯煉鋼法的研究。

已故的知名研究者有：胡格·班森，保爾·格林，奧托·霍爾茨，弗得列希·柯貝爾，保爾·歐貝豪弗爾，貝哈·歐桑，魯吉爾·馮·塞特，古斯塔夫·唐塞爾和弗里茨·渥斯特。

由於試驗室試驗和生產試驗之間的不斷交錯進行，使轉爐煉鋼法中所出現的各種問題都找到了根源。這曾獲得了極有價值的成果。例如由K.托馬斯所首創的“自由迴流斷面”概念就取得了廣泛的意義。他特別對熔池和熔渣之間的特別狀態，以及鐵和其伴隨元素的氧化和還原過程作了深入的研究。自從消除了在化學分析上的某些錯誤根源之後，也加速了這類研究工作的進展。這指的僅是確定“游離石灰”和氮而言。為了把憑經驗觀察來判斷精煉過程的方法變為有科學根據的技術方法，首先要求有進步的化學物理知識。質量作用定律以及在此基礎上建立的平衡和濃度概念與溫度的關係，幫助人們清楚地解釋了工廠中經常發現的一些矛盾現象。

所有用於控制鋼溫、火焰和轉爐廢氣的各種儀器之精密度和完備程度的提高，對於此法的研究工作也起了不小的作用。就是

鋼和渣的取样工作也由 W. 巴丁, W. 埃希荷尔, G. 萊貝尔和 J. 威尔特等人根据工厂經驗作了有意义的发展, 这就有可能获得冶炼过程中每一時間間隔內确实的状态图。所获得的这些經驗为进一步掌握轉炉炼鋼法創造了基础。人們認識到, 这一方法并不是由一系列彼此互不相关的反应組成的, 而应把它們看作一个統一的整体, 其中每个反应的变化都会对其他反应的进展产生作用。

由于气体分析工作日趋完善, 以及对成品鋼的机械試驗, 首先是金相試驗范围的扩大, 对解释托馬斯鋼的某些性质創造了有利条件。托馬斯法創立之后不久, 通过平炉鋼和轉炉鋼各种不同性能的比较, 在整个問題范围内引起了一场激烈的爭論。1889年 H. 托兰德已經把轉炉鋼和平炉鋼性能的不同归究于含氮量不同, 并确定了鋼內含氮量的数值。这些数值和現今情况完全相符。这一判断当时并未被人們所理解, 以后几乎也沒被提到。直到30年以后的1919年, 才推測在鋼內有一种致使托馬斯鋼产生脆化的析出过程; 但当时也未提到氮气上来。

后来曾有过几位冶金工作者提到了鋼內的含氮量和它对时效性能的影响, 但被当时有名气的专家們用氮含量极低为理由給否定了。直到1921年 F. 涅斯特和 J. 杜尔才重新着手广泛地研究氮气問題。經過这一試驗的启发, 便开始把操作技术的影响和在吹炼时含氮量的变化相互联系起来了; 首先是那些在新的冶金科学中作为确定平衡的影响因素: 溫度, 压力, 浓度。但是对于可获得有关金属吸收气体和真正溶解状况等重要知識的純科学研究工作, 和証明压力与溫度的內在关系的科学研究工作重視的不夠。

当考虑到鋼中含氮量远在饱和界限之下的这一重要的基本事实之后, 才明确提出, 問題首先应该从研究碳和磷对氮气在鉄內溶解度的关系中去寻找答案。

对含氮量与含磷量影响托馬斯鋼时效穩定性的問題有了認識以后, 便形成了这种炼鋼方法在实际推广上的一个轉折。以在吹