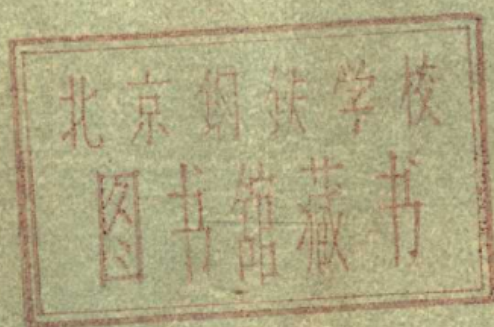


国外純氧頂吹轉爐煉鋼文獻

第五輯



石景山鋼鐵公司技術處

1964年12月

国外純氧頂吹轉爐炼鋼文献 (第五輯)

目 录

(一) 綜合評述

1. 发展和改进氧气轉爐炼鋼的某些途径.....В.И. Баптизмандский 1
2. 氧气頂吹轉爐的自动化(发展和改进)...W. Liesegang Karlsruhe 8

(二) 理論研究与工艺

3. 氧气轉爐炼鋼过程理論基础..... В.В. Кондаков, Н.С. Бойков 19
4. 100 吨氧气轉爐的試驗及投产.....М.Я. Бровман, С.М. Гензельев 40
5. 氧气轉爐炼鋼冷却剂的計算..... О.Н. Костенецкий 45
6. 氧气頂吹轉爐炼鋼法的热控制..... F. Meininghaus 56
7. 氧气轉爐炼鋼过程中废鋼的使用..... Ю. С. Кривченко 等 60
8. LD法增加废鋼用量的理論、实践和展望..... Joseph K. Stone 66
9. 氧气轉爐中吹炼含磷生鉄时提前脫磷的基本条件.....
.....Е. М. Огрызкин 95
10. 氧气頂吹轉爐的造渣制度..... С.Д. Гагин 104
11. 在氧气頂吹轉爐中的脫磷.....平尾英二, 大矢龙夫, О 奥进 116
12. 轉爐冶炼过程中鉄的氧化和氧气利用效率.....Д. И. Туркенич 120

(三) 品种质量

13. 轉爐鋼的成份控制..... 西尾好光, 伊藤雅治 128
14. 彼得洛夫斯基厂氧气轉爐車間低合金鋼的冶炼.....
.....С.И. Лифтиц, В.И. Жигулин, П.С. Рубинский 139
15. 氧气頂吹轉爐鋼中的氮和氢.....В. И. Явойский 145

(四) 自动控制及溫度測定

16. 轉爐用交流模拟計算机.....吉谷丰 148
17. 用数字計算机控制碱性氧气轉爐..... E. J. Borreback 152
18. 具有可消耗偶絲的快速插入式高溫

.....	John D.Sharp, Ma, A.I.M.等	160
19. 測量溫度達2500°C的錫銻合金熱電偶.....		
.....	С. К. Данишевский, С. И. Ипатова	165
20. 在LD轉爐上用 β 綫發射器對火焰觀察的檢測系統.....		
.....	B.W.Schumacher, W.Wojcik, R.C.Zavltz	169
(五) 廢氣回收與爐襯		
21. 氧氣頂吹轉爐未燃煙氣的除塵與回收.....	譯天祐編譯	176
22. 國外氧氣轉爐耐火材料的使用情況.....	陳明權編譯	193
(六) 其 他		
23. 氧氣頂吹轉爐使用的鐵水成分.....	大石將司等	204
24. 美國LD法的成長與發展.....	K. Stone Joseph	208
附錄1 近期純氧頂吹轉爐煉鋼文摘		
1. 氧氣轉爐煉鋼自動化的經濟效果.....		212
2. 大湖鋼廠鹼性氧氣轉爐的操作情況.....		213
3. 日本氧氣轉爐爐襯簡圖.....		214
4. 氧氣轉爐內襯.....		215
5. 世界最大的氧氣轉爐煉鋼.....		218
6. LD轉爐——平爐聯合煉鋼法.....		219
7. 日本鋼鐵工業的技術進展.....		219
8. LD轉爐技術.....		220
9. 用多噴嘴噴槍改善轉爐操作.....		220
10. 純氧頂吹轉爐廢鋼配比的調節.....		221
11. 純氧頂吹轉爐氧氣壓力對終點C.P含量及溫度的影響.....		221
12. 純氧頂吹轉爐吹煉過程中諸成分的变化.....		222
13. 由使用後耐火磚推測轉爐內襯的溫度分布.....		222
14. 平爐低碳沸騰鋼錢材與鹼性氧氣轉爐鋼低碳沸騰鋼錢材冷拉性能的比较.....		223
15. 吹氧轉爐煉鋼過程控制的自動化.....		224
16. LD鹼性氧氣煉鋼的成長和發展.....		225
17. 不同裝入量的氧氣轉爐廢氣之發熱值.....		226
附錄2 純氧頂吹轉爐煉鋼文獻索引.....		
228		

发展和改进氧气轉爐炼鋼的某些途徑

(供討論用)

В.И.Баптизманский

在评价氧气轉爐炼鋼的前景时，应该考虑到，运用炼鋼过程的潜力，目前所达到的高指标以后几年内还将得到大大改进。

下面将討論发展和改进氧气轉爐炼鋼的某些可能的途徑。

增大鋼水收得率及矿石和废鋼用量。向爐內送入热量及燃料来提高轉爐效率，以及减少金屬損失，可以解决該項任务。

1. 增加轉爐装料量，可在提高生产率的同时减少热損失。目前，100~130吨轉爐正在建造，并已投入生产〔1.2〕，采用这种轉爐无疑問是合理的，但在今后应该提出将其容量增大到400~600吨的問題。在大型轉爐內，看来可以采用約25~30%的废鋼，并可达到很高的小时生产率。

提出这一問題，显然要求作严格的技术經濟分析和积累大型轉爐的生产經驗，因为当轉爐容量很大时，会减小对軋鋼車間供应金屬的灵活性及增加吊車和其他設備的投資。

2. 向氧气轉爐內送入燃料及附加热量来提高合格率、增加矿石和废鋼用量〔3.4〕是非常引人注意的，并且有着很大的潛力。

在現代氧气轉爐內，鋼水收得率(对生鉄來說)通常为89~90%，即低于平爐。如果生鉄中的雜質只由完全补偿进入爐渣的鉄矿石来氧化和从外面送入金屬加热所需的全部热量(金屬用电流或其他方法加热，而不与气态氧化剂接触)，則鋼水收得率在理論上可达到极限值。在这种情况下，当冶炼100公斤平爐生鉄时，只与雜質燒損有关的金屬損失約为6.5公斤，由于鉄矿石还原而得到的金屬(只采用生鉄作为还原剂)約为16公斤，因

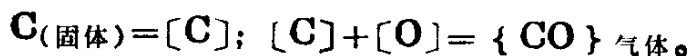
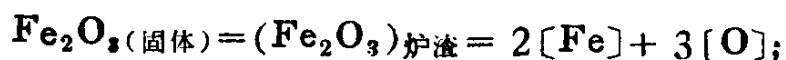
而鋼水收得率約为 109.5 公斤。

如果轉爐用氧气燃料吹炼生鉄、借火焰加热金屬和用气态氧氧化掉生鉄中50%的杂质(鉄的蒸发損失及噴濺取为 2 %), 則可預料到, 鋼水收得率約为100公斤, 而矿石消耗为13~15公斤/100公斤生鉄。在这种轉爐內, 可以加入任意数量的廢鋼。在采用燃料不仅可以作为热源, 并且可以作为还原剂的情况下, 提高鋼水收得率及矿石用量的可能性在理論上是不受限制的。这种操作的合理性及其最适宜的方案决定于技术經濟指标。

可以采用固体碳、重油及天然气等作为轉爐燃料。煤粉应以气流或团块的形式送入爐內。

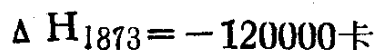
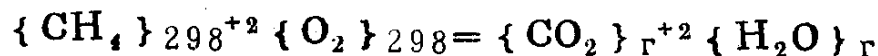
經驗和理論計算表明, 在采用氧气的轉爐內, 碳和硅及磷几乎是具有同等价值的宝貴燃料 (甚至当大部分碳燃烧成一氧化碳时) [5]。例如, 当 1 公斤碳燃烧成CO时, 熔池可得到2640千卡, 燃烧成CO(80%)及CO₂(20%)时, 可得到3700 * 千卡, 燃烧成CO₂时, 可得到7800千卡; 当 1 公斤硅燃烧成 SiO₂时, 熔池可得到4600千卡; 当 1 公斤磷燃烧成 P₂O₅时, 熔池可得到5900千卡。

从热工观点看来, 采用碳作为燃料在冶炼的任何时期都是合理的。大家知道, 碳是有效的还原剂(1 公斤碳可从矿石还原出約3.1公斤鉄, 1 公斤錳可从矿石还原出約0.67公斤鉄, 1 公斤硅可从矿石还原出約2.7 公斤鉄)。



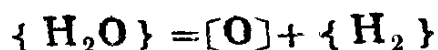
但是碳的缺点在于: 几乎所有天然碳都含有大量的硫。

天然气的特点是含硫量很低, 可用气体—氧气吹管吹入爐內。当天然气随着氧气直接吹入热液体金屬时, 随着一次燃烧反应:



的发生, 金屬表面发生吸热反应:

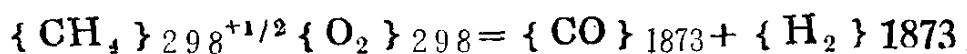
* 該情况接近于普通頂吹氧气轉爐的工作条件。这里所引用的是熔池温度为1400°C时的碱性操作数据。



及



当 CO_2 及 H_2O 完全分解时，过程的热效应为：



$$\Delta H = 27510 \text{ 卡}$$

上述反应是随着吸收热量发生的。

当爐內有75%的 CO_2 及 H_2O 可能分解(相当于用蒸汽氧气吹炼生鉄的指标)而 CO 及 H_2 不烧完时，1克分子 CH_4 的总的热效应 $\Delta H = -150000$ 卡，即热效应不大，但为正值。在生鉄温度降低(粘度增大)的情况下，一次反应产物的分解程度降低，而过程的总热量则增大，接近于表征废鋼加热性質的极限值($\Delta H = -120000$ 卡)。

概略計算表明，在普通轉爐內(CO 及 H_2 不烧完)，采用天然气作为燃料来加热废鋼及其他冷料，以及在吹炼初期采用天然气作为燃料是比较合理的。直接吹入一般成分的热熔池中的气体-氧气流的热工重要性，看来是不大的。根据計算，在低碳鋼中，随着 $[\text{C}\%]$ 的降低和 $[\text{O}\%]$ 的增加， CO_2 及 H_2O 的分解程度降低，而 CH_4 燃烧时传给熔池的热量则增大。

在直接向液体金属吹入天然气的同时，将发生下面的反应：



反应平衡常数在 1873°K 时为 $K_P = \frac{P_{\text{CH}_4}}{P_{\text{H}_2}^2 a_{\text{C}}} = 10^{-4.5}$ ，这就証明了

CH_4 在液体金属表面的分解趋势很大。

生成的氢的还原能力决定于反应：



在一般成分($[\text{O}] < 0.02\%$)的金属中，該反应平衡的特点是氢的氧化程度较小(小于10%)。

因此，当把天然气送入一般成分的金属熔池时，只有其中的碳积极参与还原过程。在这方面，天然气不如固体燃料好。

与天然气相比，重油的含碳量较多，而含氢量则较少(10~12%)，因此，重油作为燃料及还原剂来说居于固体碳及天然气二者之間。同 CH_4 相比，则重油或许有着热工方面的优点，但是可能是金属被硫饱和的来

源。

向爐內送入燃料及还原剂的最有效形式和方法应该用試驗法确定。爐內采用燃料的第一批試驗給出了所希望的结果〔6〕：碳的利用率超过70%，在大轉爐內能采用約30%的矿石，这就相当于100%的废鋼（占生鉄重量）。

許多国家已經开始在轉爐內采用天然气加热废鋼及熔池的試驗〔6～8〕。

3. 在解决CO及H₂于爐內烧完这一任务的同时，应寻求向爐內送入燃料的合理方法，因为只有在这种情况下，才能最充分地利用熔池及送入燃料中的碳的能量，以及保証热效率最大。在CO及H₂烧完的轉爐內，在冶炼的任何时期，采用天然气作为燃料及还原剂从热工上来说是合理的。

因为送入燃料和烧完CO(H₂)会降低爐衬寿命，所以应该寻求适当形式及結構的轉爐，以保証向熔池的传热最大和爐衬寿命較高。

在平爐、卡度轉爐及罗托轉爐內，能够最成功地烧完CO(H₂)及加热熔池。这三种爐子适用于燃烧燃料，但是平爐不能象轉爐那样进行强化冶炼。大家知道，卡度轉爐具有許多优点（借旋轉可强化攪拌，造渣快，能够采用压力較小和純度較低的氧气，爐烟及噴濺帶走的鉄損失較少等等）。卡度轉爐由于热效率大（約70%），所以可以采用达12～14%的矿石及40～45%的废鋼，并且合格率高。根据第一批結果，可以判定，攪拌特別急烈的橢圓形轉爐可能是有发展远景的〔9〕。

但是，卡度轉爐在許多指标（生产率、耐火材料消耗、操作的复杂性等）方面暂时还不及普通氧气轉爐好。不过在今后改进氧气轉爐时，应利用卡度轉爐的高热效率及有效使用燃料的可能性。

将来可能采用下述型式的轉爐：

(1) 大吨位（250吨及250吨以上）、普通形状或球状、不加燃料、但可装入約25～30%废鋼的轉爐。

(2) 特殊結構（卡度型或其他結構型式）、保証高的热效率、送入氧气及燃料、能采用大量矿石及废鋼的轉爐（完全代替平爐）。

(3) 連續式轉爐。

在获得有关氧气燃料轉爐良好的技术經濟指标的情况下，今后就有可能对这种轉爐进行改造，以便直接在液体溶池中由矿石炼得鉄，并采用矿

石作为还原过程的自动催化剂。

4. 在吹管下方局部高温区减少爐烟的生成及鉄的蒸发是一项重要任务。以不大的角度向金屬表面或熔池深处运送氧气，以及吹入粉状矿石或少量天然气来降低吹管下方反应区的温度(这个方法由A.M.薩馬林提出和試驗)，能够解决此項任务。

消除噴濺及提高生产率。轉爐噴濺通常与熔池起泡、波浪的生成及其对爐衬的冲击有关[5]。所以消除噴濺的基本方向是：减少吹入气流对熔池上层的冲击、击退波浪及液相飞濺、减少熔池起泡。

必須指出，当脫碳速度相同时，在現代氧气轉爐內，通过熔池的气体(CO)只为空气(CO+N₂)底吹轉爐的1/2.5~1/3，在底吹轉爐內，几乎没有强化的可能性。因此，在氧气轉爐內通过熔池的气体数量及氧化剂用量(在吹氧管及轉爐等的結構适当的情况下)約可增加到2.5~3倍。

在現代工业轉爐內，耗氧量通常为3~4标米³/吨·分。普通轉爐的极限耗氧量大約为10~12标米³/吨·分。后者可用下述情况予以証明：在德聶伯罗彼得罗夫斯克冶金学院半工业性轉爐內进行冶炼时耗氧量达6~7标米³/吨·分[10]，在2吨轉爐內冶炼含磷生鉄及平爐生鉄时，耗氧量达10~13标米³/吨·分，而脫碳速度为1.2%C/分(申克試驗)[11]。这时，来得及造渣。

为了消除噴濺，应该：

(1) 减少爐渣起泡(及其数量)，降低生鉄(在加入废鋼时为金屬料)的含硅量，加速造渣；

(2) 拟定合理結構的吹氧管^①及噴咀，以便在氧流从噴咀出来后减小其冲击和波动(氧流波动可能会使熔池产生波浪)[12]；

(3) 选择合理形式的轉爐^②，以减小熔池深度、击退飞濺及减小爐气和爐渣的回流强度；

(4) 矿石分小批或以粉状均匀地装入爐內。

①模型試驗表明，当吹氧管伸入熔池时，可大大增大吹炼性。这一趋向就要求在半工业性条件下进行認真仔細的研究。为了得到正常氧化度的爐渣，在这种情况下，显然要求采用第二根吹氧管或者斜着运送一部分氧流。

在轉爐冶煉初期及末期，未利用的吹煉潛力是很大。

改善造渣及降低熔劑消耗。欲達到此目的，可採取下述措施：

(1) 採用規定質量的石灰^②；

(2) 將石灰磨碎，以大大增大其表面積、加速它在爐渣中溶解和擴散（在大轉爐內不添加 CaF_2 對平爐冶煉生鐵時，這一趨向看來是主要的）；

(3) 採用石灰礦石團塊；

(4) 將金屬料的含硅量降低到最適宜的範圍和降低礦石中的 SiO_2 含量，以及採用高鹼度優質燒結礦或球團礦；

(5) 在轉爐內留一部分後期渣（在這方面，在平爐冶煉生鐵時進行的第一批試驗給出了良好的結果）。

操作過程自動化。是解決該問題的最主要方向，看來是應當採用程序控制，最適宜地控制冶煉進程（確定爐料成分、添加劑數量及其加入時間、吹氧制度）及自動地加入添加劑。為此，應採用分析計算機，分析計算機可得到關於生鐵、金屬添加劑、熔劑的溫度及成分、轉爐狀況、該爐及上一爐的冶煉情況、等等的信息。

還有一個與此有着密切關係的屬於局部性的但卻很重要的任務，即在很大程度上決定鋼的質量的熔池溫度的自動檢查及調節。幾乎已經掌握用熱電偶（帶有高壽命接頭）及輻射儀器連續檢查熔池（氣體）溫度。如欲分小批地加入礦石或吹入粉狀礦石，根據分析計算機的信息（見上述），可以保證按需要的或給定的制度極其準確地調節吹煉時期及冶煉末期的溫度。

採用計算機（還不很完善的）計算爐料及添加劑、保證鋼的終點溫度範圍很小的經驗，已經獲得了一些[14]。

在第一階段，採用計算機、根據所得到的生鐵及金屬添加劑成分、礦石用量及耗氧量（由氧氣耗量表或氧氣累算器示出）等信息，可以解決定碳停吹及檢查的自動化這一任務。這時，連續地和精確地檢查爐內、外爐氣

②在原理上應過渡到卡度型轉爐或球形轉爐。國外許多大轉爐正是按這一趨勢來減小 H/D [2.13]。

③通常，“急烈”焙燒給出的結果比“緩慢”焙燒還不好。同時不容許未

数量及成分($\text{CO} + \text{CO}_2$)是非常重要的, 因为根据这种检查可以判断熔池成分(按爐气中 CO/CO_2 之比)及冶炼初期氧化掉的碳量。如果采用新型密封排气系統[2](烟罩下为正压, 几乎不吸入空气), 則上述检查方法可認為是最为精确和最易实现的。对于新型密封排气系統, 应仔細地进行研究。

为了正确地停止吹炼, 应该力求直接利用各种确定吹炼金屬性質(电导率、电化学反应性等)的物理方法来求得熔池成分的数据。

增大爐衬寿命及降低耐火材料消耗。欲达到此目的, 可采取下述措施:

- (1) 加速造渣(見上述)及降低金屬料的含硅量(降低生鉄中的Si, 采用废鋼);
- (2) 根据最适宜的制度进行調节及吹炼(特别是在最后阶段);
- (3) 采用比較便宜的焦油白云石砧及焦油白云石鎂砧;
- (4) 探求合理形式及結構的轉爐。

例如, 对于在承重圈內作旋轉的、爐衬修补容易的轉爐[6]的使用試驗, 是值得注意的。整个爐衬或烧損最大的烟罩采用强制冷却, 也是非常引誘人心的。小轉爐試驗証明, 这时有壁渣生成, 因而能安全地进行吹炼[5]。当然, 应研究該措施在工业条件下的技术經濟合理性及热工方面的問題。

連續轉爐炼鋼的想法。毫無疑問, 这就要求認真地进行試驗研究。目前, 提出和試驗了两种方法:

- (1) 用氧流吹炼;
- (2) 用許多吹管吹炼放在槽子中的生鉄。

热損失大及設備結構复杂是該两方案的缺点。

(樊經恕譯自 “ИЗВ.ВУЗ. Черная металлургия”,

1964, №2, 49—54頁)

氧气顶吹转炉的自动化(发展和改进)

W. Liesegang, Karlsruhe

1. 进一步自动化的必要性

大约80年以来,形成了两种基本炼钢法。一种是底吹转炉炼钢法(托马斯法和贝塞麦法),在转炉内,除造渣所需熔剂外,主要是装入生铁[1]。另一种是西门子—马丁法(即平炉炼钢法),用平炉把废钢和铁水冶炼成钢[2]。为使固态物料熔化和进行精炼,平炉炼钢需要用煤气或油作燃料。

最近十几年, LD—转炉应用了氧气,给炼钢方法开辟了一个新的途径[3]。在氧气顶吹炼钢中希望氧的纯度大于99%,最低不小于98.5%[4]。氧气通过喷枪吹入炉内,喷枪是水冷的,喷枪的位置在转炉的中心轴线上。喷枪末端的圆柱形喷嘴高出理论液面约1.5米,其高度是可调的。铁中的某些元素,如硅、

锰、碳、磷,在吹氧时发生氧化(图见1),所以在吹炼过程中有热量放出。氧气转炉炼钢法(LD法、LD-AC法、OLP法和Kaldo法)快速发展的原因,首先在于设备费用和生产费用的节约。表1是德国(西德)1960年钢产量同1966年计划和估计产量的对比。其中托马斯钢减少了约30%,平炉

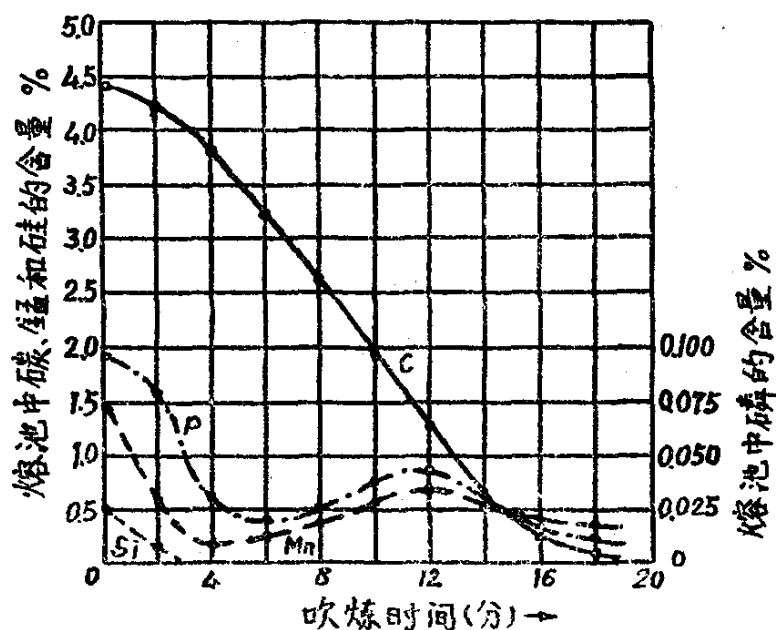


图1 LD转炉的精炼曲线

鋼減少約7%，而氧氣轉爐鋼由90萬噸增加到1966年年產1,100萬噸。表2指出氧氣轉爐煉鋼廠投資甚少，其優點十分顯著。一個擁有3×150噸的LD轉爐煉鋼廠（年產2,400萬噸），其設備費用約15,000萬馬克，即每年每噸鋼平均62.5馬克。生產能力與此相同的平爐煉鋼廠需要350噸的平爐8座，所需費用超過一倍（33,000萬馬克），每年每噸鋼平均137.5馬克。

表1 西德的鋼產量

煉鋼方法	產 量 (百萬噸)	
	1960	1966(預計)
托馬斯法	14.9	10.0
氧氣煉鋼法	0.9	11.0
平爐法	16.1	15.0
電爐法	2.2	3.0
	34.1	39.0

顯然，在新建煉鋼廠時，要儘量建設氧氣煉鋼廠並且要充分利用現代化的測量和控制技術，包括：測量技術、調節技術、數據處理、電子稱量和運用生產過程計算機的計算技術。目前，對150～300噸氧氣轉爐的裝料量必需進行計算。測溫的誤差、稱量的誤差、氧氣分布的不均勻、噴槍位置的不適當、噴槍和煙罩冷卻水回路的缺水都會使加料的數量產生差誤，因而帶來不可挽回的損失。所以對於測量、調節和控制設備要精心設計，並結合使用經驗進行制作，以滿足純氧精煉過程的嚴格要求。

2. 氧氣流的計量和調節

由制氧機出來的氧氣一般具有10～20公斤/厘米²的壓力。圖2表示手動截止閥、電動遙控閥和調節閥的合理配置圖。轉爐在吹煉過程中手動截止閥(1)總是開著的，只有在停爐或修理過程中是關閉的。兩個串聯的控制閥(2)執行控制任務，當吹煉開始時可以在操作台上通過按鈕和磁力閥把它打開，取樣或停吹時把它關閉。作為操作閥門的動力可以用氧氣管路中的氧氣或壓縮空氣。許多氧氣煉鋼廠的經驗證明，象圖3那樣裝有兩個串聯閥的系統是好用的，這種閥經過多年的運行，密封質量良好。

近代化的150~300吨的大型轉爐要求差压式可調的氧氣流量計〔9〕，它可以進行壓力校正和溫度校正。流量的測量和調節以標準米³/分計。用青銅雙座調節閥調節流量，閥的錐體和座由V4A（材料）或青銅製成。

目前還有許多轉爐的吹煉是手動控制的，由煉鋼工人根據冶金工藝的需要按照指示圖表進行操作。操作中儘量避免下列情況：由於溫度太低再

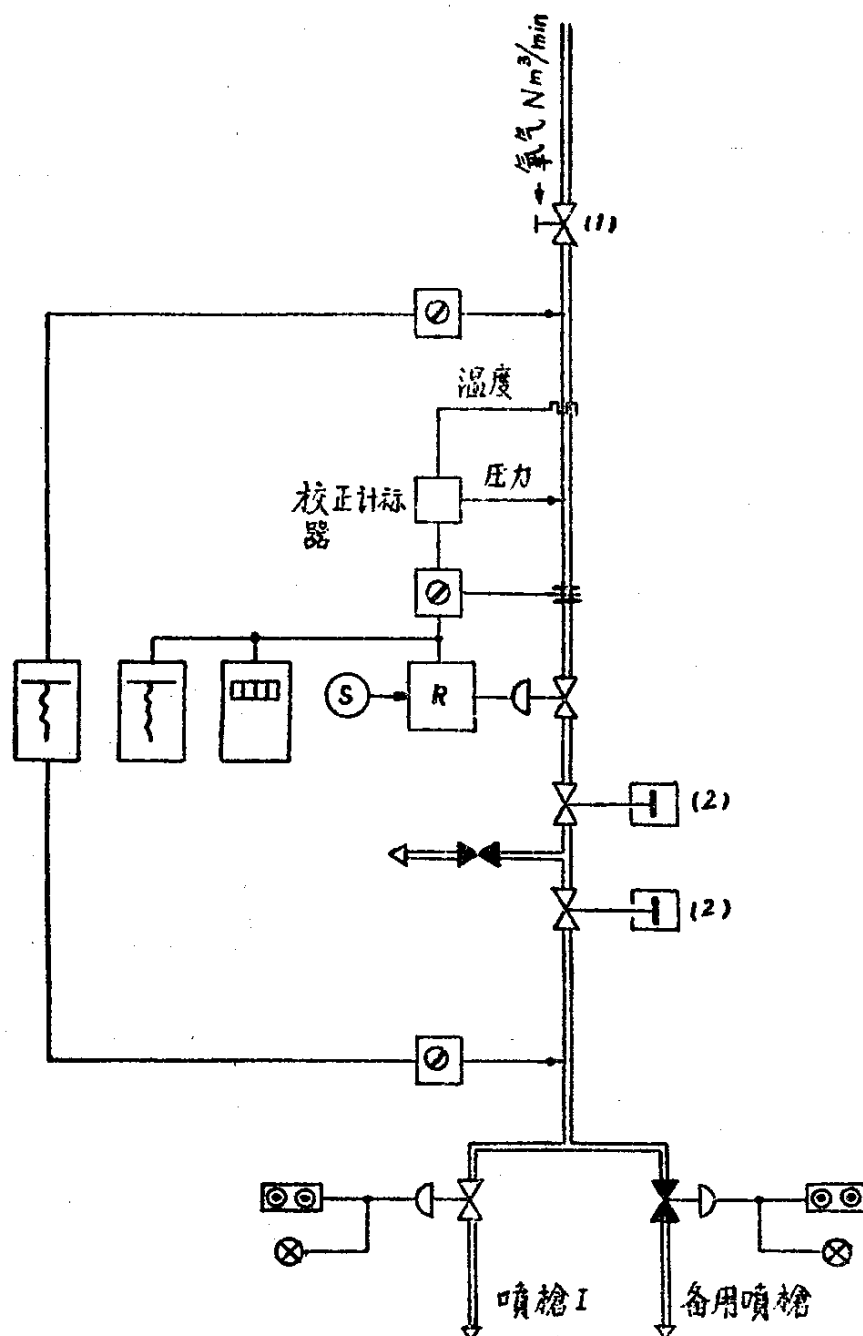


圖2 使主管中的氧氣通向1號噴槍的調節回路配置圖

进行吹炼，或由于温度太高再加入冷却剂。实际生产的經驗証明：在人工控制吹炼的爐次中，有相当多的一部份，达不到希望的終点温度。在美国的某些炼鋼厂用数字计算机来控制吹炼过程，这样就消除了操作人員的許多主觀因素，由各种輸出信号直接反映氧气吹炼的过程。计算机可以在流量調节回路中調整氧气流量的給定值并且連續地进行校正。如果終点温度和終点成份已經达到要求，计算机可以停止氧气的供应。最后发出傾倒轉爐的信号。

表 2

炼鋼厂的投資費用(据A. Michel)

生产能力 吨/年	設 备 种 类	爐子的数量 和容量(吨)	投 資 費 用		管理費用 馬克/吨
			百万馬克	馬克/吨年	
2.400万	平 爐	14×150	380	158.00	19.00
		8×350	330	137.50	16.50
	轉 爐	3×150	150	62.50	7.5

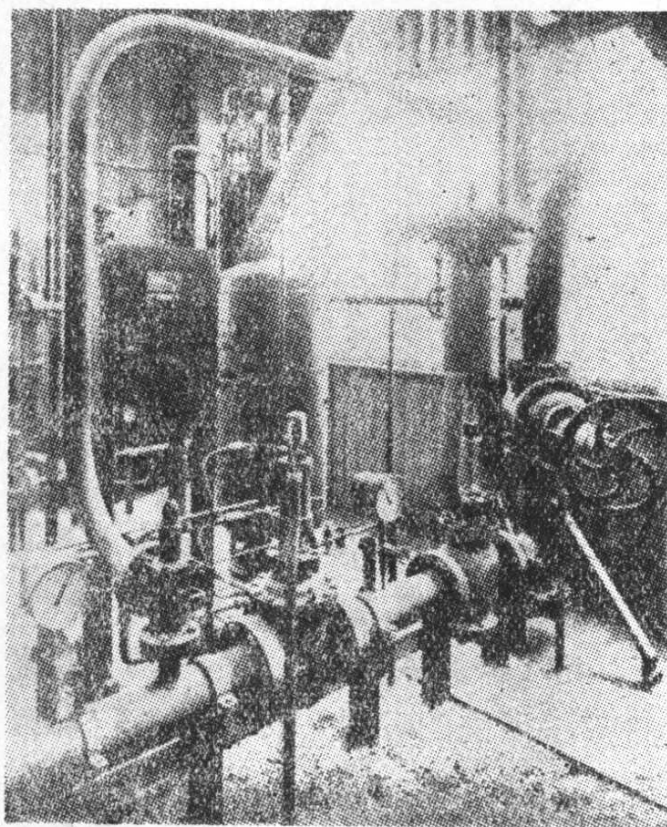


图 3 氧气主管路中截断閥和調节閥的配置图

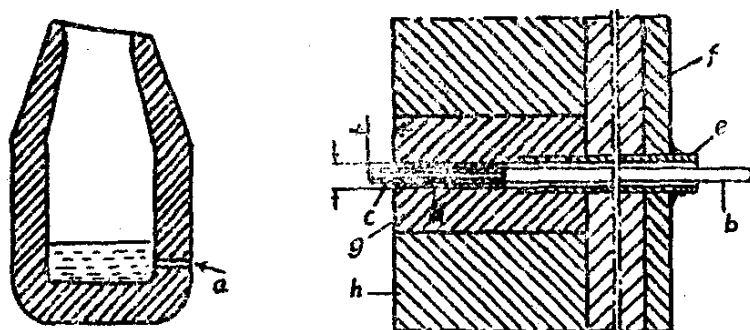
右起：手动的截断閥，調节閥，两个遙控的截断閥，压力校正計算器的压力表

3. 熔池温度的测量

金屬熔池的温度对于指导氧气頂吹过程有重大的經濟意义。欧洲某些轉爐工厂主要是利用LD-AC和OLP 或 Kaldor轉爐吹炼高磷生鉄。

为了提前脫磷和抑制脫碳，吹炼过程必須在較低的温度下进行。所以要用插入式高温計进行温度的测量，但这种测量只能在爐体傾斜之后进行。要控制吹炼过程达到最佳状态只靠插入量法是不够的，几年来人們正在根据冶金原理寻求可靠的熔池温度連續測量法。

为連續測量熔池温度并利用其結果指导和控制精煉过程，曾在15吨和40吨托馬斯轉爐和LD-AC轉爐进行試驗，結果証明：熔池温度的測量和記錄原則上是可行的。在現場試驗中采用Pt-PtRh-18型热元件，它同剛石保护套一起組成一个测温枪，装测温枪的砖(見图4)用死燒鎂砂制成，該砖的尺寸和爐衬砖相同。Sicromal 套管(E)和轉爐外壳(f)焊接在一起。Kromet 套管(C)位于测温枪的端部，它保护测温枪头部的探針不受鋼水和爐渣的影响。該管在未嵌入砖孔之前先用耐火陶瓷材料(d)包起来，



a = 嵌入的位置； b = 測量套管； c = Kromet 管；
d = 填料； e = Sicromal 管； f = 轉爐爐壳；
g = 有圓孔的磚； h = 轉爐爐衬

嵌入位置为熔池高度的40%

图4 在18吨LD-AC轉爐上連續測溫的配置图

它在砖孔內膨胀和凝固，得到可靠的密封。

在目前的条件下，为了保护热元件，在每一爐停吹之后就更換一次Kromet管。拆、装测温头所需的時間一般不超过5分鐘。用这种方法取得的温度曲綫(图5)經過插入式测温法进行校对証明是正确的。可以予料，連續測溫在氧气頂吹轉爐进一步自动化方面，将發揮重要的作用。图中还画出18吨LD-AC轉爐在三段吹炼時間(分別为11、8、5分鐘)內

的情况。最突出的是熔池和爐渣内的温度同反应过程之間的关系。

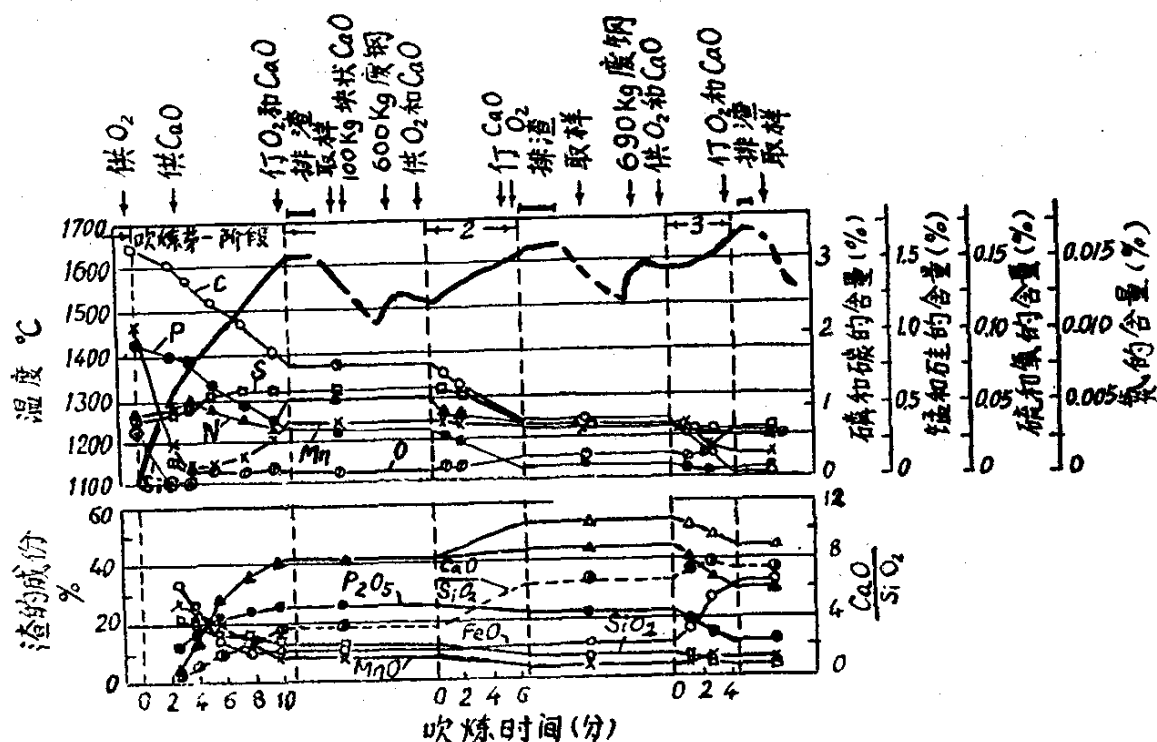


图5 按图4的配置方法在1.8吨轉爐上測得的温度曲綫，
熔池和爐渣的反应过程指出了温度的影响和意义

4. 脫碳速度

除氧氣流量和熔池温度之外还需要把另外一些参数送給計算机。这些参数直接反映冶炼情况，并且在吹炼过程中是变化的。例如：鉄水的含碳量就是这种参数之一。以Lothringen的某一吹炼爐次为例，見表3。

表3 碳和磷的初始数据和終点数据

初 始 数 据 (鉄 水)		終 点 数 据 (鋼)
C	3.70%	0.076%
P	1.80%	0.024%

經驗証明：脫碳和脫磷是相互影响的，脫碳的程度和速度可以根据廢气排出的强度作出判断。但是要利用計算机使轉爐吹炼过程进一步自动化，还缺乏許多重要参数。

在某一試驗轉爐上曾采用一种新的測量方法，对实际的炼鋼生产提供了有益的效果。按这种方法，可以根据鉄水的含碳量、鉄水和爐渣的重量、CO 和 CO₂ 的分析結果和废气的气流来計算吹炼过程中任何一瞬間的碳含量和脫碳速度。这时需要一个模拟計算机，上述各参数作为計算机的輸入，計算結果可以指示出来也可以連續記錄下来。測量系統見图 6。

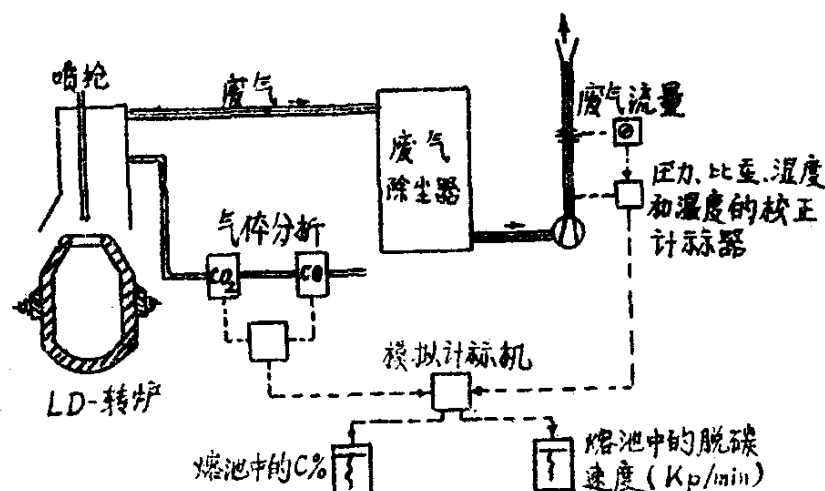


图 6 指示熔池中脫碳速度和含碳量的仪表配置图

5. LD-AC轉爐的調节回路

LD-AC 炼鋼法是由比利时的“Centre Nationale de Recherche Metallurgique”厂和卢森堡的“Arbed”工厂共同发明的。这种方法是把氧气和石灰粉通过喷枪噴向轉爐熔池，对于高磷生鉄頗为适用。由于噴入了氧气和石灰粉，在轉爐內很快就形成了反应能力很强的爐渣，这种爐渣除了吸收硅和錳之外，还可以高速脫磷。吹炼的第一阶段結束之后把爐渣倒出，这时渣內含有 20%~25% 的五氧化二磷，第二阶段重新造渣，該过程主要是脫碳。

LD-AC 炼鋼法的特点是要有石灰粉的供应（見图 7）。石灰粉罐相当于一个配給器，罐內存有石灰粉，石灰粉的数量是为吹炼一爐鋼准备的。在主管路（O₂）上对氧气的主流进行測量和調节。当封鎖閥打开之后有一股氧气支流（O₂''）通过多孔的罐底进入石灰粉罐，氧气进入之后使石灰粉飞揚起来，氧和石灰粉的混合物如同流体一样在罐內沸騰，打旋，混合物的輸送管将罐和混合噴管連通起来。軸向噴管的閥門可由馬达調节。只要混合噴管前方的閥門打开之后，氧气—石灰粉混合物噴向混合噴管的管路