

氧气顶吹转炉炼钢用 耐火材料

梁訓裕編譯

中国工业出版社

本书阐述了氧气顶吹转炉炼钢的发展前途与使用耐火材料的特征；比较全面地分析了影响炉衬寿命的若干因素及其经济意义；并结合国内外的经验，详尽地介绍了焦油白云石砖及稳定性白云石砖的生产工艺：原料的性能及煅烧、砖料的制备以及砖坯的成型、干燥与烧成。最后，本书还探讨了两种白云石质炉衬的损毁机理。

本书可供从事耐火材料工业生产、设计以及炼钢操作的工程技术人员参考。

氧气顶吹转炉炼钢用耐火材料

梁训裕 編譯

*

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（北京修门内大街10号）

北京市书刊出版业营业许可出字第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 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $4 \frac{3}{4}$ ·字数113,000

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数0001—1,320·定价（科四）0.55元

*

统一书号：15165·4021（冶金-628）

前 言

最近十多年，氧气頂吹轉炉炼鋼法发展得很快，大有逐步取代平炉炼鋼的趋势，是一种有发展前途的炼鋼法。作为轉炉工作炉衬用的耐火材料，通常有烧成鎂砖、焦油鎂砖、方鎂石尖晶石砖、焦油白云石砖与稳定性白云石砖等。其中，白云石质炉衬約占整个炉衬用量的三分之二，因此是应用得最广泛的一种炉衬材料。我国白云石资源丰富，同时在生产焦油白云石制品方面，也积累了較多的經驗。随着氧气頂吹轉炉炼鋼的发展，白云石质制品的生产必将逐步地得到发展。因此，研究这种炼鋼工艺的特征，探討操作过程中影响炉衬寿命的因素，并提高与改善白云石制品的质量，是一件有现实意义的事情。

近几年来，由于工作的需要，笔者参加了有关的調查研究与科学試驗，并且收集了不少資料。現将有关資料整理成册，供耐火材料及炼鋼工作者参考用。由于水平所限，加之時間也比較仓促，資料收集不全，立論恐有所偏废，錯誤之处在所难免，敬希讀者不吝指教。

目 录

前言

第一章 氧气顶吹转炉炼钢的发展前途	1
第二章 氧气顶吹转炉炼钢的特征	5
第一节 氧气顶吹转炉炼钢使用耐火材料的特征	5
第二节 LD炼钢法	6
第三节 Kaldo 转炉炼钢法	28
第四节 迴转式转炉炼钢法	33
第三章 影响转炉炉衬寿命的若干因素	38
第一节 提高转炉炉衬寿命的经济意义	38
第二节 影响转炉炉衬寿命的若干因素	39
第四章 焦油白云石砖	56
第一节 白云石原料	56
第二节 白云石的煅烧	59
第三节 粒度组成	72
第四节 废砖的回收与利用	79
第五节 结合剂	80
第六节 白云石砂的加热	88
第七节 制品的成型和冷却	97
第八节 焦油白云石制品的水化	101
第九节 制品的热处理	102
第五章 稳定性白云石砖	104
第一节 稳定性白云石砖的应用	104
第二节 稳定性白云石砖的制造原理	105
第三节 工艺因素对稳定性白云石熟料性能的影响	107
第四节 原料的制备	116
第五节 熟料的煅烧	119
第六节 砖坯的制备	125
第七节 制品的干燥与烧成	127
第六章 白云石质炉衬的损毁机理	137
第一节 焦油白云石质炉衬的损毁机理	137
第二节 稳定性白云石炉衬的损毁机理	141
参考文献	145

第一章 氧气顶吹转炉炼钢的发展前途

利用氧气炼钢的想法，虽然早就有了，但以前由于不能生产大量价廉的氧气而未能付诸实现。直到最近三十年，在大规模地生产成本低廉的工业纯氧以后，利用氧气炼钢才有了实现的可能性。但是，真正地在工业规模上使用纯氧炼钢，还是最近十来年的事。经过不断地试验与改进，氧气顶吹转炉炼钢法在世界各国得到了迅速广泛的发展。

氧气顶吹转炉由于使用了纯氧吹炼，钢中含氮量比空气或富氧吹炼的贝塞麦转炉要低得多。顶吹方式的采用，解决了贝塞麦转炉吹炼操作中由于空气内氧含量增加所引起的炉衬，尤其是风眼处剧烈损毁的问题。此外，氧气顶吹转炉炼钢的熔炼过程较短，产量较高，钢的质量好，从而氧气顶吹转炉炼钢法就兼具了贝塞麦转炉炼钢法与平炉炼钢法的优点。因此，氧气顶吹转炉炼钢法一经出现，就显示了它的生命力，成为平炉炼钢的主要劲敌，大有逐步代替平炉炼钢的趋势。与平炉炼钢法相比，其优越性可以概括成以下五个方面：

1. 氧气顶吹转炉的生产率比平炉高 氧气顶吹转炉的操作周期短，因而生产率高。例如，容量为 83.5 吨的转炉，整个熔炼周期仅 46 分钟，小时产量高达 108 吨〔1〕。美国 1961 年 9 月投入生产的容量为 230 吨的转炉，小时产量为 335 吨〔2〕。而某些国家使用氧气的 500 吨平炉，小时平均产量只有 45~50 吨。

2. 氧气顶吹转炉钢的质量与品种不次于平炉钢，而使用原料的范围则较平炉广泛 国外氧气顶吹转炉炼钢的实践证明，钢中氮含量可以低至 0.001%（用纯度为 99.7% 氧气冶炼时）。由于氧气吹炼时脱硫效果可以高达 50% 左右，因而钢中含硫量较低。磷的含量也可控制至需要的低含量。

氧气顶吹转炉不但可以冶炼出任何能在平炉中熔炼的钢种，

甚至还可以冶炼一小部分电炉冶炼的鋼种。这在西德、奥地利和法国的冶炼实践中已經得到証实。早在 1958 年奥地利就利用 LD 轉炉炼成了滾珠軸承鋼、鋸片鋼及鉻鉬合金热处理鋼等 8 种低碳、中碳及高碳合金鋼，其化学成份完全符合要求，而硫、磷的含量則比規定成份还低得多。目前氧气頂吹轉炉已能冶炼包括鉻、鎳、鉬、鈮、錳、鈷、鈦、鋁及錒等元素的合金鋼。

氧气頂吹轉炉用鉄水的范围比平炉广泛，例如鉄水的含磷量可高达 2%，比傾动式平炉用原料的含磷量范围宽得多，为合理地利用资源创造了有利条件。

3. 氧气頂吹轉炉車間的基本建设投资比平炉車間少 在美国建設一座年产 100 万吨鋼的氧气頂吹轉炉車間的单位产品投資为 14 美元，而相同吨位的平炉車間单位产品投資需 30.3 美元^[3]。例如，阿利魁巴厂的設計产量为 75 万吨（实际年产量早已超过 90 万吨），总投資为 1,100,000 美元，每吨鋼的投資为 15 美元。在苏联一般认为氧气頂吹轉炉車間的投資約为平炉車間的 50~70%；根据日本的建厂資料，亦仅平炉的 70%。若考虑到轉炉用的废鋼配比較低，則还必須在鉄水制备系統上再花費一笔資金。

4. 氧气頂吹轉炉，尤其是 LD 轉炉的结构及其辅助设施比平炉轻便简单 氧气頂吹轉炉炼鋼法的热效应比平炉炼鋼法高，烟气的排出量远較平炉为小。由于烟气量不大，可以节约一套复杂的烟道和蓄热系統。此外，氧气轉炉只需要相当于平炉容量十分之一的容量，就可以获得同样的鋼产量。这意味着炉体結構、輔助設施（如鋼水罐、起重機与鑄錠設備等）都相应地輕便简单些，因而可以减少設備制造的困难，并縮短設備制造及工厂建設的期限。

5. 氧气頂吹轉炉所需耐火材料的消耗量比平炉小，耐火材料的品种比平炉简单 LD 頂吹轉炉耐火材料的消耗量，一般不及平炉用量的十分之一，如表 1 所示。

除了耐火材料消耗量有显著的差別以外，氧气頂吹轉炉只需

表 1 各种炼钢法单位产品的耐火材料消耗量

炼 钢 法	D.W.N. 皮茨的资料		J.H. 切斯特的资料
	废钢配比 %	耐火材料消耗量 公斤/吨	耐火材料消耗量 公斤/吨
平炉炼钢法	33	73.0	37.5~70.0
托马斯转炉炼钢法	5	17.0	—
LD炼钢法	25	6.0	5.5
Kaldo转炉炼钢法	30	33.0	22.5
廻轉炉炼钢法	15 (矿石)	56.0	55.0

用作永久炉衬与工作炉衬的炉衬材料。永久炉衬通常以镁砖砌筑，一般是不经常更换的。经常更换的工作炉衬，大都采用焦油白云石砖。这两种砖的外形比较简单。而平炉用耐火制品的品种繁多，例如吊挂式炉顶砖、炉墙用砖、蓄热室格子砖及烟道用砖等。平炉用耐火制品的品种，就化学矿物组成而言，共有铬镁砖、镁铝砖、镁砖、高铝砖、硅砖及粘土砖等多种。除了品种繁多外，平炉用耐火制品的外形要求较严且形状也较复杂，给耐火材料的生产带来一定的困难。

氧气顶吹转炉炼钢法也有他的缺点，主要是不能大量处理废钢。例如 LD 炼钢法与 Kaldo 法，目前均只能使用 50% 废钢，而平炉炼钢法在必要时可以全部使用废钢。这的确是氧气转炉不如平炉之处。

由于氧气顶吹转炉炼钢法有着显著的优点，就引起了世界各国的注意，并且得到了迅速的发展。1952年以来，世界各国氧气顶吹转炉钢的总产量有了急剧的增长，如表 2 所示。

表 2 各国氧气顶吹转炉钢的总产量

年 份	1952	1954	1955	1957	1958	1960	1962	1965①
产量(万吨)	12	75	170	250	650	1200	3200	10000

① 估计数字。

估计 1964—1965 年氧气顶吹转炉炼钢的产量将占钢产量总

量的 20~25%，即 1 亿吨以上。例如，美国 1961 年氧气顶吹转炉的生产能力仅为 465 万吨以上，至 1965 年预计将达 4000 万吨。苏联今后将不再兴建平炉，炼钢能力的增长，除了强化现有平炉的操作以外，将有赖于建造顶吹转炉与电炉。至 1965 年，苏联氧气转炉钢的产量将达到 2000 万吨。日本 1962 年氧气顶吹转炉炼钢能力为 1067 万吨，而 1965 年钢的总产量计划达到 3530 万吨，其中氧气转炉钢将占 1320 万吨；至 1970 年钢产量计划为 5300 万吨，其中氧气转炉钢预计达到 2800 万吨，即氧气转炉钢的比重从 1960 年的 12% 增至 52%。英国 1965 年钢的总产量预计达到 3400 万吨，其中氧气顶吹转炉钢为 460 万吨。欧洲煤钢联盟（西德、法国、意大利、卢森堡、比利时、荷兰）1960 年氧气转炉钢的产量仅 200 万吨，1964 年达 1890 万吨，即为 1960 年的 9.5 倍。西德 1962 年转炉钢产量为 330 万吨，计划增加至 700 万吨以上。法国 1962 年转炉钢产量为 57 万吨，计划增加至 475 万吨。意大利计划建七座转炉，产量约为 611.8 万吨，其中有两座转炉的容量为 290 净吨。比利时计划建 8 座转炉，总产量为 242 万吨。澳大利亚正在建设的转炉炼钢能力为 180 万吨，其中两座容量为 165 吨的转炉已于 1962 年 12 月 12 日投入生产。巴西计划建设 148 万吨的转炉炼钢厂。此外，土耳其、阿尔及利亚及西班牙也正计划建设氧气转炉。

我国废钢较少，在大多数平炉中，废钢的用量只有 25~30%。因此，今后发展氧气顶吹转炉，不会出现废钢无法处理的情况。可以预言，随着炼钢工艺的改进，例如利用废热以及炉内加燃料等，用转炉法炼钢时，废钢的配比肯定还可以大大增加。此外，根据我国铁矿资源来看，今后氧气顶吹转炉炼钢法必将在我国取得迅速的发展。

第二章 氧气頂吹轉炉炼鋼的特征

第一节 氧气頂吹轉炉炼鋼使用耐火材料的特征

前面作者对于氧气頂吹轉炉炼鋼法与平炉炼鋼法从經濟价值上作了概括的叙述。現在从氧气頂吹轉炉炼鋼工艺要求方面来討論使用耐火材料的特征。

平炉炼鋼法是在反射炉式的熔池中进行冶炼的，作为冶炼热源的煤气或重油是从位于熔池端的噴口冲向熔池。由于平炉本身结构上的原因，热的利用率不高，产生相当大量的高溫废气，因而必需采用蓄热室系統来預热煤气与空气，以达到提高热效应与火焰溫度的目的。平炉操作时虽然尽可能地使燃料燃烧所放出的热量全部应用到熔炼所需要的部位上去，但是由于平炉结构上的特点，不能避免大量热量去加热不希望加热的部位。火焰在加热熔池中的金属的同时，还使平炉炉体（主要是炉頂与前后墙）承受热的冲击。

轉炉炼鋼的特点是，利用鉄水中非金属夹杂物氧化时放出的热量来进行熔炼。因此，这种热量大部分能够直接地用于液体金属的加热，以适应进行各种反应对热量的需要。对于底吹或側吹的轉炉來說，氧化非金属用的空气是从炉底或炉側的风眼中送入熔池內的，这样就势必在风眼部位产生局部的高溫，使該处耐火材料遭受剧烈的損毀。底吹与側吹轉炉的这种送风的方式，限制了在这样的轉炉上采用純氧来代替空气。如果空气中含氧量过大，則炉底損毀就过于迅速，因而目前底吹轉炉一般只使用含氧量达 35% 的空气来冶炼。

氧气頂吹轉炉由于氧气是經熔池上部的水冷噴嘴（不是耐火材料制的）送至熔池鉄水的表面上，因而高溫反应的中心在接近氧气噴嘴的鉄水部位。此处的溫度甚高，几乎接近于鉄水的沸

点，这样就增加了氧气的溶解度，并加速氧化铁向整个熔池扩散，因而氧气在此处加速进行反应。在吹炼过程中，依靠金属比重差及温度差造成的搅拌条件来进行冶炼。因此，可以看出，用氧气顶吹转炉炼钢时，必需要待金属本身加热至高温以后热量才可以传递至炉衬。

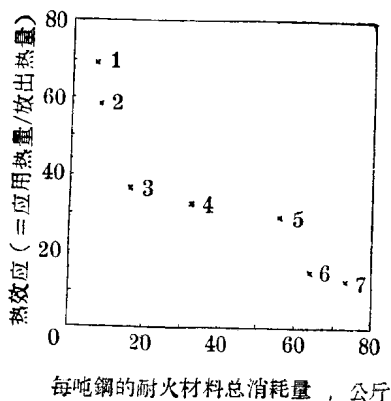


图 1 热效应与耐火材料消耗量的关系

1—LD 转炉, 25% 废钢; 2—电弧炉, 100% 废钢; 3—托马斯转炉, 5% 废钢; 4—Kaldo 转炉, 35% 废钢; 5—迴转炉, 15% 矿石; 6—平炉 (吹氧低碳钢), 35% 废钢; 7—平炉 (低碳钢), 35% 废钢

转炉的冶炼与平炉、电炉不同之点是，冶炼的热量来自金属本身，而不是依靠燃料或电力；炉衬的加热是在金属被加热之后。由此不难看出，氧气顶吹转炉的热效应高，因而耐火材料的消耗亦较小，如图 1 所示。

第二节 LD 炼钢法

LD 炼钢法是近年来利用纯氧炼钢的最早的、同时也是应用得最广泛的一种炼钢法。早在 1948 年 4 月顿路 (R. Dunner) 教授在瑞士的格拉芬根厂进行过纯氧顶吹试验获得成功。随后奥地利林茨 (Linz) 及杜纳维茨 (Donawitz) 两厂试验成功，并于 1952 年 11 月和 1953 年 5 月先后投入生产。所谓 LD 转炉炼钢法即由林茨工厂和杜纳维茨工厂而得名。

目前 LD 炼钢法的炼钢量占氧气顶吹转炉炼钢总量的 90% 以上。这种炼钢法的熔炉的容量也是氧气顶吹转炉中最大的。例如，美国大湖钢铁公司在 1962 年 9 月就有一座容量为 300 吨的转炉投入了生产。

LD 转炉的结构比较简单，形如普通的直筒转炉，但无风环、

风眼及风箱。炉壳由钢板焊接而成，套在一个轉环上，由轉軸支承在两个支架之間，能以每分钟 $0 \sim 1.5$ 轉的轉速在 360° 角內轉动。炉体的底部是一个实底（見图 2）。炉嘴与炉身直筒部分是同心圆的，有时也是偏心的。氧气通过伸入炉口內的水冷金属管送至熔池面上。

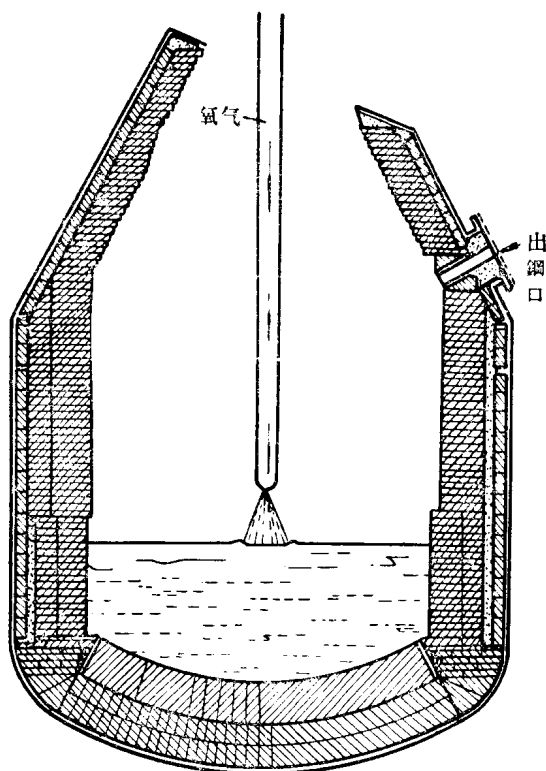


图 2 LD 轉炉的断面图

与底吹轉炉相比，利用氧气頂吹不但解决了由于吹氧冶炼时产生高溫而带来的风嘴砖剧烈損耗的問題，同时还解决了底吹富氧鼓风（由于风嘴的剧烈損毀而限制了采用純氧鼓风）时为了不使鋼水反回至风嘴而必需維持最低压力所带来的控制冶金反应的困难^[5]。此外，由于采用氧气吹炼，废气中因而不存在氮气，带

走的热量显著减少，可以获得很好的热平衡。这也就解决了原来在奥地利使用碱性贝塞麦转炉时经常遇到的由于铁水中非金属含量不高，以致热反应不足的困难。

LD 炼钢法的产生，原为适应冶炼奥地利的低磷生铁（含磷量为0.1~0.3%）的。如果磷的含量大，则渣量大，因而氧气不能穿透渣层而氧化铁水，这样就会阻碍精炼的进行。弥补这一缺陷的最有效的方法是先将铁水中的磷氧化成富有 P_2O_5 的炉渣，将这部分炉渣倾出后再进行吹炼，并将含氧化铁约20%的炉渣留在熔池中，作为下一炉的底料。这样可以熔炼含磷量为0.5~1.5%的铁水，但相应地延长了吹炼时间，并增加了炉衬的消耗量。

吹炼时每吨钢约需氧气 50~60 标准米³。氧气的操作压力为 6~15 大气压。水冷氧气喷嘴距熔池表面约 800~1000 毫米。喷嘴的使用寿命平均约为500炉次，最高时可达 2000 次，但与炉容量大小，以及与熔池的距离有关。使用的氧气的纯度影响着钢的含氮量。一般采用纯度为 98.5~99.5% 的氧气。

氧气转炉炼钢发展的主要障碍是缺乏铁水，因此必需要设法增加废钢的使用率。据梅得森报道，1962年曾进行过一次增加废钢的试验。在氧气吹炼中可以采用高至95%的废钢。试验时采用了特殊的试验喷管，所使用的炉料包括有在预热容器中的焦炭与钢锭模废钢的交替层，用高纯度的氧气吹炼成钢。冷料中的焦炭作为热源，并加入石灰以产生必要的炉渣^[2]。

LD 转炉的炉衬，分为永久炉衬与工作炉衬两个部分。通常先用40毫米厚的粘土砖砌于靠近外壳处，然后再大都衬以质量高的、死烧的、体积稳定的镁砖作为永久炉衬。这部分炉衬是不经常更换的。直接和钢水及炉渣相接触的炉衬称为工作炉衬，可以采用以焦油为结合剂的白云石砖、镁砖与镁质白云石砖，以及烧成的镁砖与稳定性白云石砖。根据 1959 年 1 月对世界32座氧气顶吹转炉用炉衬的统计，其中使用焦油白云石砖作为工作炉衬的占68.7%，焦油捣打料的占 6.2%，烧结白云石砖的占 3.1%，焦油白云石砖与烧结白云石砖混合砌筑的占 6.2%，焦油镁砖的占 9.4%，

烧成镁砖的占 6.2%。

兹将世界主要国家LD轉炉采用炉衬的情况,簡略介紹如下。

奥地利 奥地利缺乏白云石原料, 仅有菱镁矿以及含白云石的菱镁矿, 故用此制造轉炉的内衬。杜納維茨厂开始时在容量为 30 吨的轉炉上以普通镁砖作为永久内衬, 紧接着永久内衬的为一层捣打的焦油镁砂层, 然后再砌以焦油镁砖作为工作内衬。这种砖是在压力为 1200 吨的液压机上成型; 镁砂的成分及焦油的用量如下:

SiO₂ 1.8% CaO 6.05%
Fe₂O₃ 8.52% MgO 81.70%
Al₂O₃ 1.61% 灼烧减量 0.25%
焦油加入量 8.4%

炉底是用普通的烧結镁砖砌成。在絕热层上用两层平砌的粘土砖, 然后再砌四层侧砌的普通镁砖。在轉炉上下部相接处, 用一条 40 毫米的双层石棉圈填縫。砌砖情况如图 3 所示。采用这种砌砖方式, 炉衬的寿命仅为 138~172 炉。后来将炉底提高了 125 毫米, 并且在炉身直筒形下部砌了保护墙。砌砖方法的改善, 使炉衬寿命提高至 220~240 炉。由于炉底和炉墙寿命的提高, 进铁水方向的炉墙寿命配合不上, 加之冷料主要为重型废

鋼, 因而焦油镁砖的磨損加大, 用至 230 炉就消耗殆尽。为了改善这种情况, 采用了一种热稳定性高且质地致密的烧結镁砖作为

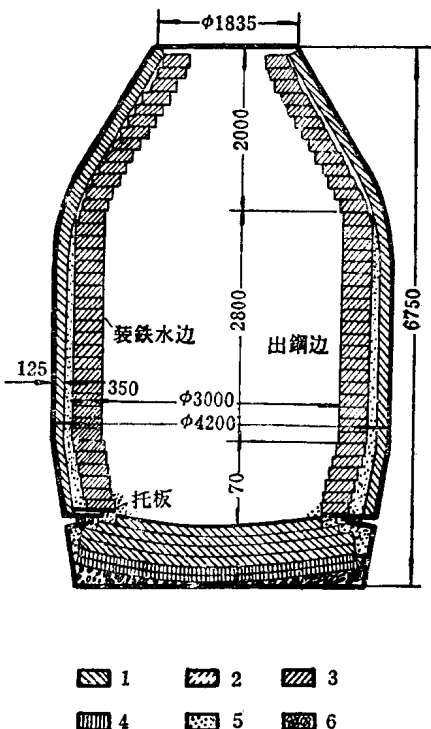


图 3 开始砌砖的状况

1—普通镁砖; 2—特殊镁砖; 3—焦油镁砖;
4—粘土砖; 5—焦油打結材料; 6—硅藻土

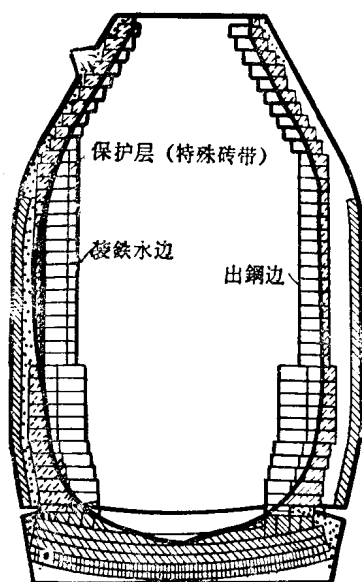


图 4 全部采用特殊镁砖内衬 (除炉底外) 的转炉 (使用 430 炉)

(砌砖图例与图 3 相同)

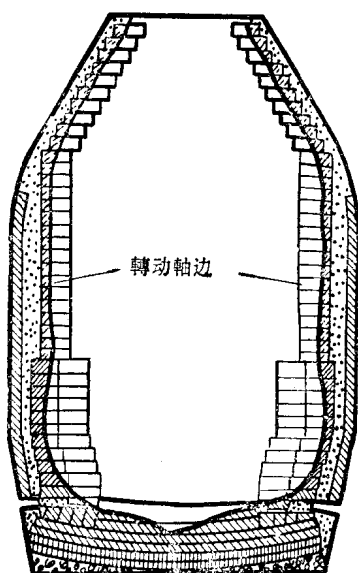


图 5 转炉在水平和直立位置时的两个渣线带用特殊镁砖砌 (使用 300 炉)

(砌砖图例与图 3 相同)

保护层。起初这种保护层由下部一直砌到倾斜炉帽部位，以后砌到了炉口。这种改进使炉衬的平均寿命提高至 280 炉。为了将炉衬寿命进一步提高至 400 炉或更高些，曾在整个转炉内采用高质量的烧结镁砖作为内衬。这种烧结镁砖的质量^[6]列于表 3。

砌筑这些特殊砖时也不许可留胀缝。采用了高质量的烧结镁砖后，炉衬寿命由平均 280 炉提高至 430 炉；再加上中间修补（在 48 小时以内完成），炉衬寿命就接近于 600 次。杜纳维茨厂的经验证明，烧结镁砖比焦油结合镁砖更适合于作为转炉内衬。该厂改进砌砖后的炉衬情况如图 4、5 及 6 所示^[7]。每炼一吨钢最后仅需 3.7 公斤镁砖。

奥地利联合钢铁公司运用一种称为“马克尼特”的高钙镁砂，以 2~20 毫米的颗粒制成焦油镁砖作为炉衬。“马克尼特”

的化学組成是： MgO 65~80%； SiO_2 2~5%； Fe_2O_3 4~6%； CaO 10~25%。

每炼一吨鋼仅需消耗 4 公斤“馬克尼特”，这是因为炉衬寿命长并且使用了回收的废砖的緣故。該厂 30 吨 LD 轉炉炉衬寿命多年来平均达到 380 炉。而其中一个容量为 50 吨的轉炉炉衬寿命达 400 炉以上，最高的寿命为 527 炉。林茨厂曾試用过普通的焦油鎂砂作为工作炉衬，其結果与使用“馬克尼特”的寿命相近似。最近在 30 吨轉炉中使用牌号为 Anker-T 的焦油鎂砖作为內衬，寿命达到 830 炉^①。

日本 日本共有七家鋼鐵公司設有 LD 轉炉。这些轉炉均使用鎂砖作为永久炉衬。主要采用

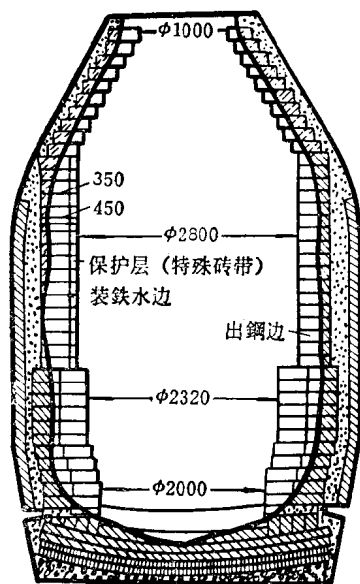


图 6 普通燒結鎂砖內衬在 380 炉后的侵蚀
(砌砖图例与图 3 相同)

表 3 燒結鎂砖的物理化学性质

	化 学 组 成, %							显气 孔率, %	体 积 密 度, 克/ 厘米 ³	2 公斤/ 厘米 ² 荷重軟 化开始 温度, °C
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	灼 减			
細粒結構	1.30~ 0.95	0.85~ 0.86	7.87~ 8.2	2.86~ 2.70	87.5~ 86.1	0.58~ 0.54	0.5~ 0.44	13.1~ 18.0	3.05~ 2.95	>1800
粗粒結構	1.46	1.02	5.35	2.80	88.5	0.5	0.44	14.3	3.05	

焦油白云石砖、燒結白云石砖作为工作炉衬，也有部份采用焦油鎂砖或焦油白云石搗打料的。日本 LD 轉炉的使用情况与炉衬寿命列于表 4 [8]。

① 冶金文摘，第五分册，1965，№ 2。

表 4 日本LD转炉的炼钢情况与炉衬寿命

公司名称	工厂名	转炉容量(吨) ×座数	投入生产日期	年生产能力, 万吨	钢锭的 成品率, % ^①	加入的 铁水比, % ^①	冶炼时间, 分钟		炼钢能力, 吨/时	使用的耐火炉衬 品种	炉衬寿命, 炉次 ^①	耐火材料 消耗量, 公斤/吨 钢锭 ^①
							吹炼 ^①	加料出 钢 ^①				
日本钢管公司	川崎	50 × 2	1958年 1月	96	92.3	86.9	22	33	89.4	焦油白云石捣打料	390~274	6.5
	水江	78 × 3	1960年 3月	155	91.7	85.1	22	37	125.5	同上	306~242	6.3
八幡钢铁公司	洞岡	61 × 2	1957年 9月	70	90.3	78.1	24	35	99.2	焦油白云石砖及烧成白云石砖	363~211	7.2
	户畑第一	71 × 2	1959年 9月	135	90.7	78.9	22	37	117.3	同上	421~343	6.1
富士钢铁公司	户畑第二	77 × 1	1960年 10月	120	92.2 ^②	75.1 ^②	27 ^②	42 ^②	198.4 ^②		301~166	9.4
	广畑	138 × 2	1962年 3月	85	90.4	77.9	24	35	132.2	焦油白云石砖及烧成白云石砖	410~210	6.0
住友金属工业公司	室兰	99 × 2	1961年 7月	100	91.4	78.9	21	35	168.8	同上	306~202	4.9 ^③
	小仓	47 × 2	1961年 5月	61	91.2	79.1	19	32	88.5	焦油白云石砖及烧成白云石砖	376~324	—
尼崎钢铁公司	尼崎	35 × 2	1960年 9月	26	90.3	82.5	23	32	88.5	焦油白云石砖及烧成白云石砖	610~334	—
	千叶	149 × 2	1962年 4月	150	91.6 ^③	85.8 ^③	27 ^②	46 ^②	193.5 ^②		242~164	7.7 ^③
神户钢铁公司	神户	71 × 2	1961年 11月	60	90.9	80.8	27	43	99.7	焦油白云石砖	356~118	10.0
	大岡	7.5 × 2	1960年 8月	6	91.6	99.0	20	30	14.8		369~284	6.7

① 1962年4~9月的实际数字。

② 1962年9月的实际数字。

③ 1962年8月的实际数字。

八幡鋼鐵公司是日本操作氧氣頂吹轉爐歷史較久的工廠。根據該廠的經驗，作為永久爐襯的鎂磚在一定工作條件下應具有良好的體積穩定性。該廠使用的鎂磚的性能如下：

體積密度，克/厘米 ³	2.91
顯氣孔率，%.....	18.5
耐壓強度，公斤/厘米 ²	450
2 公斤/厘米 ² 荷重軟化溫度，°C.....	>1700
化學組成，%：MgO.....	92.44
SiO ₂	1.06
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	4.95
CaO.....	1.07

作為工作爐襯的焦油白雲石磚，是用半穩定性的白雲石熟料與燒結鎂砂配合製成的。這些磚使用在爐底、熔池及爐腔等部位。半穩定性白雲石熟料是在迴轉窯內加入鐵磷及平爐渣煅燒而成，而鎂砂是用SiO₂結合，從海水中提煉出來的。

製造焦油白雲石磚用的白雲石原料、半穩定白雲石熟料及燒結鎂砂的組成（%）如下：

	白雲石原料	半穩定性白雲石熟料	燒結鎂砂
灼熱減量	45.72	0.87	0.20
SiO ₂	0.20	2.12	5.26
Al ₂ O ₃	0.04	1.46	0.45
Fe ₂ O ₃	0.66	3.57	0.47
MgO	19.44	30.16	92.43
CaO	33.77	60.60	1.23

配好的料於 700~1000 公斤/厘米²壓力下成型，在低溫將揮發物燒掉。製成的焦油白雲石磚的性能如下：

體積密度，克/厘米 ³	2.88
顯氣孔率，%.....	7.5
假比重，克/厘米 ³	3.12
耐壓強度，公斤/厘米 ²	350
2 公斤/厘米 ² 荷重軟化溫度，°C.....	1710