

钢铁译文

(氧气转炉专辑)



2

太原钢铁公司科技处

征 稿 启 事

为了贯彻执行伟大领袖毛主席“洋为中用”的指示，更好地为生产和科研服务，我处决定除陆续编译出版《硅钢片参考资料》之外，特增办一种不定期的《钢铁译文》刊物。为将本刊办好，热烈欢迎广大革命职工提供如下稿件：

1. 有关国外钢铁工业方面的先进技术和发展动态；
2. 国外有关钢铁工业方面的科研成果及技术论文等；
3. 国外有关钢铁生产方面的经济技术指标。

本刊欢迎综述、编译、节译、全译的稿件，文种字数不限，最好经校对后送来，并请注明文章出处，以便校对。

来稿请送太钢18宿舍西小楼，公司科技处情报科。

氧 气 转 炉 专 辑

钢铁译文	编辑：太原钢铁公司科技处情报科
第 2 期	出版：太原钢铁公司科技处
1973年11月	发行：太原钢铁公司科技处情报科
	印刷：太 原 印 刷 厂

目 录

顶吹氧转炉炼钢的二十年.....	(1)
提高氧气转炉生产率的可能性.....	(11)
碱性氧气炼钢的反应机理 (一)	(17)
碱性氧气炼钢的反应机理 (二)	(27)
碱性氧气炼钢的反应机理 (三)	(35)

※ ※ ※ ※ ※

纯氧顶吹转炉的吹炼方法 (专利)	(43)
LD转炉加速石灰溶解的方法 (专利)	(47)
探测钢液面高度的装置 (专利)	(52)
50吨转炉的炼钢操作规程.....	(54)
LD转炉炼钢过程的计算	(58)
转炉用的混铁炉铁水成份的计算.....	(64)

※ ※ ※ ※ ※

具有高耐磨性的氧枪和多孔喷头 (专利)	(67)
吹氧管 (专利)	(70)
多孔喷枪 (专利)	(72)
在高供氧强度条件下, 喷咀计算的气体动力学原理及其工作状态.....	(75)

※ ※ ※ ※ ※

按照炭的氧化速度控制转炉熔池的炭含量.....	(80)
-------------------------	--------

碱性氧气转炉终点炭的控制方法 (专利)	(83)
根据“脱炭模型”控制转炉炼钢过程的新发展	(85)
转炉吹炼中的脱炭速度	(89)
130吨转炉中予测终点炭的某些方法	(91)

※ ※ ※ ※ ※

吹炼中转炉熔池的升温计算	(94)
转炉炼钢热效应的某些问题	(96)
转炉吹炼中钢水温度的测定	(102)
转炉吹炼过程中予测出钢温度的方法 (专利)	(106)
130吨氧气转炉、停歇时间对炉衬热状态的影响	(108)
130吨氧气转炉、炉衬的磨损对停歇期热损失的影响	(113)

※ ※ ※ ※ ※

千叶厂LD车间的计算机控制系统	(117)
氧气转炉的计算机控制	(126)
氧气顶吹转炉的数学模型	(137)
控制钢水炭含量及温度的方法 (专利)	(154)

顶吹氧转炉炼钢的二十年

林茨新建的顶吹氧转炉炼钢厂（以下简称LD—炼钢厂），于一九五二年十一月在工业生产中吹炼了世界上第一炉转炉钢。继之，多纳维茨的LD—炼钢厂于一九五三年投产。自林茨厂开始转炉炼钢，到现在已有二十年了。值此机会回顾一下在此期间LD—炼钢的进展情况是有必要的。

先简单谈一谈一九五二年以前的情况。在上世纪末、本世纪初，奥地利一直是用平炉以废钢矿石法炼钢。由于用钢厂所在地的本地矿石，生产成本很高。林茨厂为了发展生产力，多纳维茨厂为了生产技术的近代化，都希望摆脱这种旧的炼钢方法，终于搞起试验，用纯氧从上部吹向铁水的办法进行炼钢。经过深入的准备（这不是本文的主题），一九四九年十二月九日在奥地利联合钢铁公司管理人员的一次会议上作出决议，在新建的林茨厂，将新发展的纯氧顶吹转炉炼钢法用于工业生产。这个方法被称为LD—炼钢法，L、D是这两个厂名字的第一个字母。

此后钢铁生产上出现了革命性的发展。

经过很短的一段试生产，这是全世界炼钢工作者都注视奥地利的林茨厂与多纳维茨厂的一个阶段。此后LD—炼钢法就很快地推广了，一九七〇年世界上所生产的钢，几乎百分之四十是用此法制成的。先是哪里想扩大钢铁生产，哪里就建造起LD—炼钢厂。到后来，托马斯转炉钢厂及西门子——马丁炼钢厂也被LD—炼钢厂代替了。按炼钢法划分的世界原钢产量见表1。

表1 世界原钢产量按照炼钢方法的分配情况

年 度	平 炉 钢		托 马 斯 钢		电 炉 钢		LD—钢		其 它		总钢产量
	10 ⁶ 吨	%	10 ⁶ 吨	%	10 ⁶ 吨	%	10 ⁶ 吨	%	10 ⁶ 吨	%	
1954	175	78.1	24	11.0	18	7.9	0.7	0.3	5	2.4	223
1958	205	74.7	32	11.7	27	9.8	6	2.1	5	1.7	274
1963	253	67.3	36	9.6	47	12.4	37	9.7	4	1.0	376
1964	283	64.7	38	8.8	55	12.5	57	13.1	4	0.9	438
1965	280	61.0	35	7.7	58	12.7	82	17.8	4	0.8	459
1966	270	56.9	33	7.0	62	13.0	106	22.4	3	0.7	474
1967	263	52.8	30	6.1	65	13.1	137	27.4	3	0.6	499
1968	264	49.8	30	5.6	70	13.1	164	30.9	3	0.6	530
1969	264	46.0	29	5.0	77	13.5	201	35.0	3	0.5	574
1970	249	42.25	24	4.1	83	14.1	230	39.05	3	0.5	589

在此暴风骤雨般的发展过程中,LD—炼钢法的基本原理并未改变。即借助于下端是一个铜喷嘴的水冷吹氧管,把纯度大约为百分之九十九的氧气笔直地从上方吹到熔池。喷嘴尺寸、喷嘴端部的氧气压力、喷嘴到熔池面的理论距离应相互关联,以免氧气吹入熔池太深,同时要保证在13至20分钟之短暂时间内完成钢水的吹炼过程。基本原理未变,但其他方面在这二十年内却有显著的发展,这是本文要谈的。这涉及转炉形状、悬置装置、炉体的轴承与传动装置、转炉尺寸、喷嘴式样、生产过程、炉衬、特殊炼钢法的发展、自动化及钢的品种等方面。最后谈一谈作为炼钢法发展结果的钢厂布置的发展情况以及环境保护问题。LD—炼钢二十年历史的概貌就谈到这里。

炉 体 形 状

起初对称炉体与非对称炉体各占一半,后来逐渐倾向于对称炉体。近年来按装的都是对称炉体。原因是:砌衬简单,便于布置附加料的加料装置及自动化装置(特别是测温装置),也便于布置废气通路,使废气中无过剩空气,甚至阻止空气进入。

吹氧时降低活动烟罩使落在炉口上就能作到这一点。能阻止废气中一氧化碳被烧掉的转炉称为“闭合型转炉”。可燃气体可以被烧掉、回收或在废气锅炉内有控制地使之燃烧,这要看人们的愿望了。相对于开放型转炉,“闭合型”转炉的蒸汽发生量可提高15%,炉子也可节省热量,从而可以多加废钢大约1.5%。由于制止了喷溅,有利于提高钢水收得率;喷溅及热辐射对职工的危害也可减少。

“梨形转炉”是对称型转炉的一个特殊形式。为了扩大泡沫渣部份的空间(特别是在炼高磷铁水时),这种炉子在钢水面上部是向外倾斜的(图1)。

把出钢口开在炉顶的肩部,是炉身结构的一项重要发展。人们在很久以前,已经这样作了。这样做有很多好处,到讨论操作过程时再详述。现在带出钢口的炉形已被视为标准结构了。

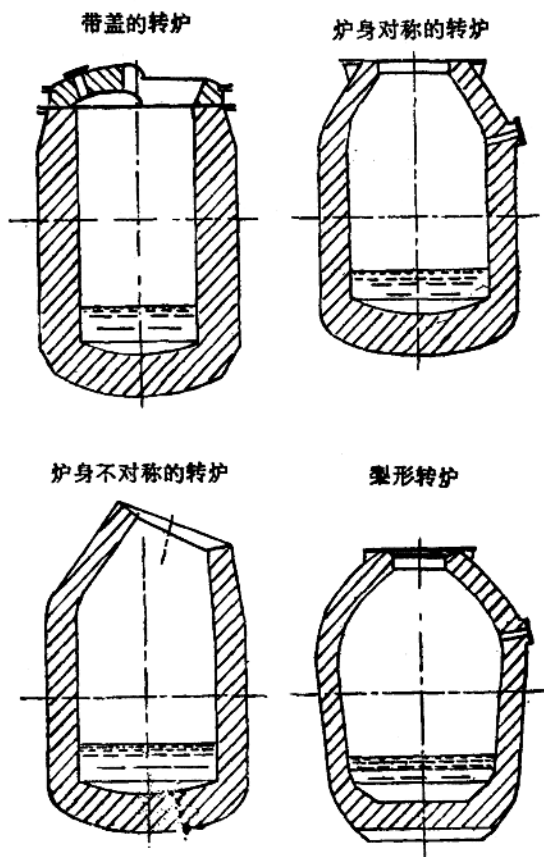


图1 转 炉 形 状

一九六〇年为了进行冶金试验，首次在林茨钢厂按装的有盖转炉，是转炉的一种特殊构造。砌衬简单可以很快地砌成，炉盖在专用的台子上单独砌筑，到炉体砌完之后将砌好了的炉盖装到炉身上去。此种炉体结构可适应多种操作方法，在试验性转炉上已被充分证实。此种转炉已有成效地用在大规模生产上，例如用在南斯拉夫的斯科普里，那里铁水的硅含量及磷含量高，冶金条件特殊。对于正常的冶炼条件，这种方案只用在某些小型转炉上；它没有把古典的炉体形式排挤掉。

至于炉底，从开始就有两种结构式样：闭合炉底及可拆炉底。两种结构式样不相上下，每一种都有某些优点和缺点。闭合型有结构简单、省去了砌衬后按装炉底这一道工序（由于转炉钢壳可能发生变形，按装炉底不是全无困难的），以及在炉壁与炉底之间不需要加垫层等优点。可拆炉底的拥护者，把在重砌炉衬前便于炉体冷却以及便于布置砌衬设备，当作它的优点。两种方案都涉及冷却装置与砌衬装置（二者几乎是同等重要的），都有将砌衬时间缩短到最低限度的解决办法。

转炉的悬置装置、轴承与传动装置

炉身的悬置同样有两种方案：一种是无炉身支圈的，一种是有炉身支圈的。第一种方案，支承轴颈是通过加固结构被安装到转炉上。后一方案是有炉身支圈的，炉身即按装在支圈内。那种没有支圈的结构，在炉身尺寸相同的情况下，具有轴承距小，结构重量轻的优点。

带支圈结构的优点是，它能适应炉身膨胀而且支圈的热应力不太严重，总重量当然要大一些。此种结构便于更换用坏了的炉身。那些原来在小型炉子上使用的、被拧固的平爪，在最近的结构上已给炉身膨胀留下位置，使在炉身的悬置装置与支圈间的任何位置上都衔接很好，力的传递也均匀。

还有一种叫做“炉身可换转炉”的特殊结构式样。这种转炉的支圈与悬置装置是这样构造的，当其与转炉提升车协同动作时，不难用新砌的炉身将用坏了的炉身替换下来。

转炉的轴承也有重要发展。从前流行的是滑动轴承，现在使用的已是滚柱轴承了，它能适应支圈轴劲的膨胀及轴颈位置可能的不正。延长此种轴承寿命的特别重要的条件，是有能防止污物侵入的良好密封。支承轴颈的冷却也给轴承带来了好处。

在传动装置的结构上也进行了彻底的改造。一开始人们就根据托马斯炼钢厂内的结构，为转炉的倾动建造了液压传动装置。使用电气传动装置通过齿轮使转炉作 360° 的旋转，从操作技术上考虑是有好处的，人们对此极为重视。

转 炉 尺 寸

在LD—炼钢法的发展过程中，转炉尺寸总是越来越大的。奥地利首创的两所LD—炼钢厂用的是30吨转炉。十年之后（1962）最大转炉的公称容量为250吨。近来工业上

使用的转炉容量的情况见表2。

表2 工业上使用的转炉容量的情况 (注¹)

转 炉 的 容 量 (吨)	1 9 6 2 年 底 之 情 况		1 9 7 1 年 底 之 情 况	
	转 炉 台 数	%	转 炉 台 数	%
0 至30	11	11.6	40	9.8
31至100	64	67.2	178	43.6
101至200	14	14.9	126	31.0
201至300	6	6.3	38	14.1
301	0	0	6	1.5
总 计	95	100	408	100

(注1) 根据BoT, 世界LD——炼钢能力第1、1节, 1972年。

近十年转炉容量在提高, 1971年底的转炉容量最大到300多吨, 很明显转炉尺寸是往大容量方向发展的。其主要原因是大转炉和小转炉的工艺流程并无差异, 用大转炉可以大大提高生产能力, 而各钢种的质量也并不逊色。

有显著变化的不限于炉子的大小。在每吨钢所占反应体积方面, 向较小的方向发展的趋势是很明显的。以前认为 $1\text{米}^3/\text{吨钢}$ 的比容是必不可少的, 现在证明只需要 $0.6\text{米}^3/\text{吨钢}$ 就够了, 这和使用多孔喷嘴有很大关系。这一变化对于LD—转炉的影响是如此之大, 以致越来越多地不以转炉容量(吨), 而以裸露的转炉空间(米^3)作为炉子的特征了。

表3 LD—炼钢厂的生产能力 (820个工作日/年¹)

转 炉 的 容 量 (吨)	每 炉 冶 炼 时间 (分钟)	年 产 量	
		两台转炉 (一台操作) 吨	叁台转炉 (两台操作) 吨
30	30	460,000	920,000
100	35	1300,000	2600,000
200	40	2300,000	4600,000
300	45	3100,000	6200,000

1) 根据奥地利联合钢铁公司某厂工业设备部的资料。

无可置疑在对钢的需求量很高的前提下, 凡是对于钢种及钢锭尺寸有统一规划的钢厂, 使用大转炉都极有利。但在既生产合金钢也生产普通钢的炼钢厂, 生产流程出入很

大，即使将来也只能用最大容量为100吨的转炉。

喷 嘴 式 样

由于转炉尺寸及装料重量的增长，这些年内吹氧管的结构式样也经历了许多变化。多孔喷嘴是这一领域内的主要变化。近来至少在大转炉上，多孔喷嘴已被视为标准型。它的动态特征曲线和单孔喷嘴的一样，可视为完全等效。在大转炉的操作中有溅渣、蚀损炉衬及钢内氮含量高等困难。使用多孔喷嘴可使吹氧管靠近熔池表面，能产生象小转炉使用单孔喷嘴时那样的氧气击中区，同时还避免氧气过深地吹入熔池。

多孔喷嘴吹氧基本上是温和的，对改善脱磷情况极为有利。对于炼较高碳含量的合金钢及普通钢也极有利。对于高磷铁水的第一吹炼期，情况也如此。

有几种用于LD—AC—炼钢法，以及用于LD—炼钢法的特殊情况的喷枪，它能同时吹出氧气与石灰粉。还有一种环式吹氧管也有同样作用，通过中心管将石灰粉或细粒石灰输送到喷嘴口处。这几种吹氧管也适合于吹炼硅含量特别高的铁水。双环式吹氧管也是一种具有特殊结构的吹氧管，为了达到特殊效果，两个同心环内的氧气压力可以调节得不同，这种结构起码对LD—AC—转炉有利。

氧—燃喷嘴也是喷嘴的一种特殊形式。这种喷嘴用在废钢比例大，需要在转炉内预加热之情形。这种喷嘴可以同时引入氧气及液态或气态燃料。

生 产 过 程

和开始时之情形相比，LD—炼钢厂的生产过程基本上变化不大。但仍有一系列改进，其目的都在于提高钢厂的生产力。其基本内容是：缩短出钢周期，既缩短吹氧时间、也缩短吹氧以外的时间。最初人们认为，为了使石灰得以完全溶解并得到足够的反应时间，最少需要20分钟的吹炼时间。近来已能在短得多的时间内得到反应性强的炉渣。这应归功于对吹炼过程的研究，及最适用的焙烧石灰的出现。在吹炼时间短的情形下，需使用小块废钢以保证石灰完全溶解。现在认为13分钟至18分钟的吹炼时间已经够用的意见已占优势，并正在多方探讨是否还可能进一步缩短。

对缩短吹氧以外时间所作之努力，引起一系列炉形结构方面的变化。最重要的一项变化是把出钢口开在转炉炉口的肩部。这样可以节省出钢前的排渣时间。虽然出钢后尚须倒渣，但所费的时间要少些。出钢口的此种按排法，是双渣炼钢的必要前提。

为了很快地将大量废钢加入转炉内，已创造出能使全部废钢尽可能沿着溜槽滑入炉内的、动作迅速的吊车结构。加铁水的天车也是大功率的，不论是往混铁炉里倒铁水，还是往转炉里倒铁水，都已使用了靠得住的电子秤。

加散状料的技术已提高到一个很高的水平。创造出许多用于称量散状料往料仓中装料，及从料仓中取料的效率高、称量准确的输送设备。即使大量的散状料也能很快地

送入炉内，在吹氧过程中的配料工作作得既准确又及时。石灰造渣添加剂及矿石的破碎、分类对于快速造渣之必要性已为人所注意，并且创造了许多相应的设备。许多工厂还致力于用相应的加料装置，将电气干燥除尘收集到的烟尘再送回去炼钢。

炼合金钢时要用大量合金料，为了避免吹氧完毕时熔池因加合金而过度冷却，人们创制了合金预热炉。近来倾向于用电气加热炉（大都是中频—感应炉）预熔合金料。通过加熔化了合金料，缩短了加合金料时间，而钢水包内可达到更均匀的成分分布。

炉体加大及由此引起的生产过程之变化，大大提高了钢厂的生产能力。表3给出不同尺寸的转炉所能达到的冶炼时间，与设有两台及三台转炉的钢厂的钢产量。两台300吨的转炉，其中总有一台进行生产时，一年可生产三百多万吨钢。没有别的炼钢设备可以达到这样高的钢产量。从表上还能看到，从两台转炉增至三台（其中总有两台保持生产）钢产量可以提高一倍。

砌 衬

炉衬使用何种耐火材料，各厂有各厂的作法，从一开始即已如此。林茨厂从一开始就用压制的非烧结焦油镁砖砌炉，而多纳维茨厂则用烧结镁砖。人们从经验中学到不少成功的砌衬办法，这里不拟一一介绍。经证实，如果成份合适，白云石砖也能用为转炉的炉衬砖。也有白云石砖和镁砖混合使用的。近来除了大块白云石之外，还使用“掺焦油的压制砖”、“掺焦油的经热处理的压制砖”及“瓷质结合浸渍砖”砌炉的。这样作可以缩短砌炉时间。在特别容易磨损的部位上使用特殊砖，在局部地方根据受力情况砌入抗磨损的砖，使原已不低的炉龄又有很大的提高。

炉衬的寿命取决于：铁水及所炼钢的成份、温度控制、炉渣的成份、助溶剂的消耗量及吹炼时间等一系列操作条件。近来吹炼低磷铁水时，炉衬寿命可以达到500至800炉，相当于每吨钢2至4公斤的耐火砖消耗。采用LD—AC—炼钢法的情形下，炉衬寿命大约低20—25%。

特殊炼钢法的发展

特殊炼钢法是从LD—炼钢法中演变出来的，最重要的是几种高磷铁水的吹炼法。很久以前，人们就致力于解决这个问题，后来认识到欲炼成优质钢，那种脱碳与脱磷合并进行的托马斯炼钢原理必须放弃。西门子—马丁法却成为生产程序的榜样，这是一种双渣法的生产程序。第一阶段主要是脱磷；第二阶段再解决剩余含碳量的问题。第一阶段的炉渣富有 P_2O_5 ，是要排出的，第二阶段的炉渣 P_2O_5 少、而富有 FeO ，是要留下并在炼下一炉钢时为了脱磷还要使用的。

这一原理表明完全可行，但运用到LD—炼钢法上则是困难的。首先，很久以来第一阶段就是难掌握的。一方面使用泡沫炉渣确能很好地脱磷，但另一方面此种体积大的

炉渣，又易于溢出及喷溅。经过艰苦的努力，这一困难总算解决了（这项工作是由卢森堡——比利时及法国的冶金工作者首先进行的）。这个方法的内容是随着氧气流加进细粒石灰或石灰粉，并通过特殊处理方法控制炉渣泡沫。第一所LD—AC—炼钢厂于1962年在杜德林根（德国）投产。

首先解决顶吹氧炼钢法吹炼高磷铁水问题的，是瑞典发明的“卡尔多”——炼钢法。炉身的机械旋转运动是解决此问题的关键。由于炉身的转动，钢水与炉渣间就进行着大的相对运动，它给脱磷提供了界面反应的机会。曾有过将LD—炼钢法与“卡尔多”——炼钢法结合起来的设想，使炼钢过程得到改进，取得特别低的磷值与硫值。根据此种设想，在波罗威顿士（美国）厂建造了一台如此结合的炉体。基本上达到了所预期的效果，但费用太高，在一般情况下是不值得这样作的。

吹炼过程及自动化

准确掌握加料过程的主要困难在于，在强大的钢水涡流与炉渣涡流下，加料进程中很难取出代表性的试样。近来已发展到，纵然取样时不可避免地有种种误差，但炼钢过程的冶金学规律已达到充分掌握的程度，有了支配吹炼过程的可能，从而提高了钢的质量。

除炼钢的物理化学过程之外，温度的变化及达到最终温度的准确程度也极重要。至今人们在创造连续进行的、有代表性的温度测量装置上，下了很大的功夫。某些新方法如“VP”一法，可望不仅从技术上、而且也从经济上解决问题。随着对冶炼过程了解的深刻化，人们实现自动化的愿望也愈趋强烈。人们通过两条途径实现自动化：一条是统计—静态模型，另一条是动态模型。于第一种情形下，人们在不同地点用自己的方法取得了很好的成果。迄今尚无适用的动态程序控制，原因不在于程序的数学描述太困难，而是由于至今尚不能及时提出控制量的准确测试值。近来静态模型已成功地用于预先计算炉料及附加料，并在无人参与的情形下控制冶炼过程。这对于大型LD—转炉的冶炼操作确为一大进步。用静态模型取得之成果，没有改变了另一些人通过动态进行程序控制的愿望。这个问题还是照样有人在研究，但人们心里清楚，测量技术上的困难是太大了。

用许多仪器对吹炼过程进行持久的准确的监控，就必须从中央控制室进行程序控制（也对多台转炉进行控制），并把计算机设在中央控制室附近。近来在转炉附近大都只剩下倾动传动装置的控制装置、钢水包车和渣罐车了。

环境保护

专家们很快地看到LD—转炉在冶金及经济上的优点。但如果不是及早地在不太费钱的情况下解决了除尘问题，LD—炼钢法就难以如此快如此广泛地继续发展。除尘问

题的研究，在此炼钢法的研究阶段就已开始了。由于太困难、太费钱，直到两所首建厂已经生产了一段时间之后，才完全取得成功。从事此项研究工作的，不限于林茨厂与多纳维茨厂，在不同地点用不同方法也找到了解决这个问题的办法，详谈这些发展那就离题太远了。目前实用的有以下几种除尘办法：文氏涤气器，多文氏管系统湿法除尘，湿运转或乾运转电气过滤机及布袋除尘器。

不论是何种除尘设备，废气离开转炉之后都必须冷却才行。所用的装置，若非兼有利用废气物理热及化学热之作用，则只是冷却作用。于前一种情形下，废气烟道内是装有锅炉系统的。最初转炉炉口与烟罩间的间隙留得很大，不仅捕集了从转炉内涌出的一氧化碳气，而且吸收了大量过剩空气。其结果是锅炉功率低、抽风机能量消耗大、除尘设备大。为了减少过剩空气的进入量，后来就降低了烟罩，终于创造了全部阻止过剩空气进入的“闭合式转炉”。它的优点已在“转炉形状”一段中谈过。它大大减少了废气冷却设备的投资与操作费用。根据锅炉系统设计的废热利用装置总是间歇性的，这当然是一大缺点。为了克服这一缺点，人们创造了几种在转炉停吹时候进行辅助加热的锅炉。

不是到处都可以利用废热的，在得不偿失的时候，锅炉系统就被部份地或全部地放弃了。为了随后在冲水废气烟道内，将废气降低到除尘设备的进入端温度，在热量的局部回收过程中，废气在锅炉内被降低到 1000°C 。如果全部舍弃废热，可建造冷却烟道。为了使冷却烟道具有足够的冷却能力，烟道被建成具有焊接管壁的结构，或者单纯用钢板作成，另加喷水以吸收废气中的热量。

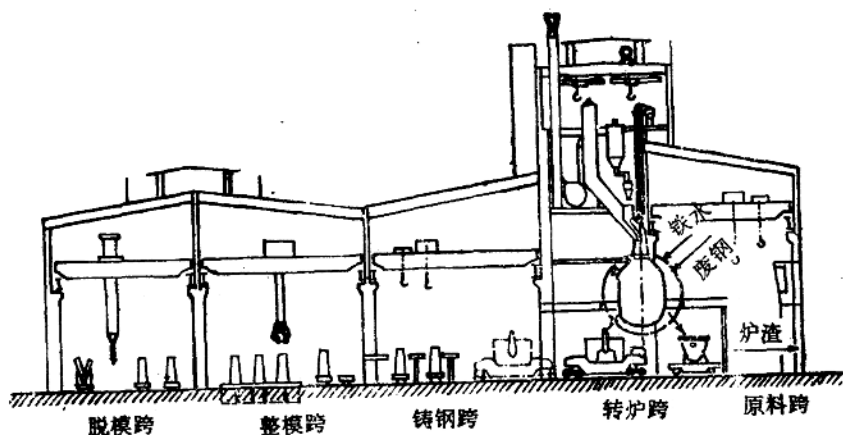


图2 一个具有连续物料流线的LD—炼钢厂的截面图

炼 钢 厂 布 置

关于LD—炼钢厂的布置，这里只想通过几幅原理图表示出设计的趋向。将炼钢厂

建在原有的厂房之内，还是加建在它的旁边，或建在空地上是有重大差别的。随着转炉容量的提高，混铁炉、原料及转炉跨所占的面积，相对于铸锭、脱模及整模跨所占的面积是缩小了。

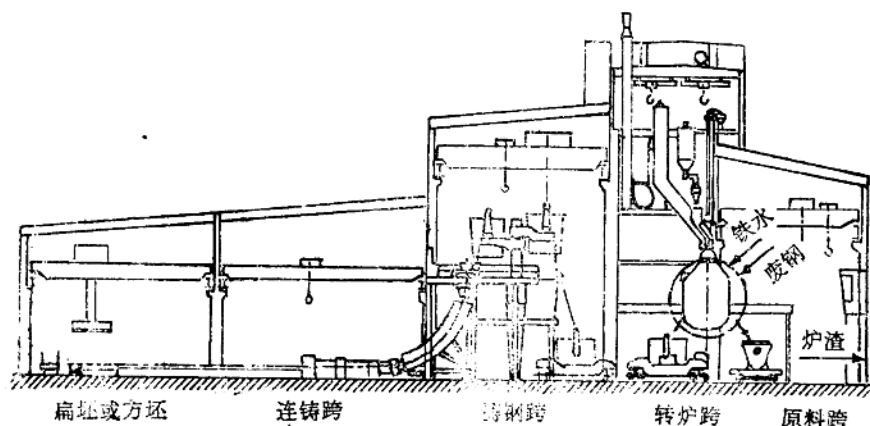


图3 一个具有连续物料流线及连续铸锭机的LD—炼钢厂的截面图

关于混铁炉的必要性，还是一个尚有争论的问题。无疑一个能容数倍于转炉铁水装料量的混铁炉，可使铁水成份稳定。如果按装两台混铁炉，铁水成份就能在长时间内保持相近。问题在于这个无可置疑的优点，能否被高的投资及操作费用相抵。与使用鱼雷式铁水包的情形相比，混铁炉占的地方太大。如果从鱼雷式铁水包内取铁水，总的说来铁水的温度较高，但各个炉次的铁水成份不一样。在以前，铁水成份之波动，无疑是一个必须考虑的缺点，但自计算机担负起计算炉料及附加料的任务以来，这一缺点就变得很小了，部分地消失了。

总的物料流线，对于LD—炼钢厂的设计十分重要。如果在同一侧加铁水与废钢，而且出钢也在这一侧，转炉跨就十分拥挤。过去建造非对称式转炉，这种布局总是回避不了的。自从愈来愈多地采用带出钢口的，对称式转炉以来，物料流线就有了自由选择的余地，并常常采用图2所示的布置法。如果在一台或多台连续铸锭机上进行连续铸锭，物料流线可以设计得更合理（图3）。在短的时间间隔内，能有规律地炼出同量钢水的大型转炉和连续铸锭机结合起来，是十分有利的，这将是一个发展方向。

现在讲一种转炉跨的特殊形式。这就是前面讲过的，为了节省时间、充分利用吹氧设备而按装有“炉身可换转炉”的情形。从支圈上将炉衬已用坏的转炉拆开，送往砌衬台上去砌衬。将已经砌好的另一个转炉炉身换上。

钢 种

适合于LD—炼钢法冶炼的钢种特别广。从低碳钢到高碳钢；从非合金钢到低合金钢及高合金钢几乎无所不包。到现在留给电炉或中频感应炉炼的只有不多几个钢种了。恰恰是在钢的品种上，LD—炼钢法的发展最为显著。很早已能炼出氮含量特别低的钢，还能很容易地达成低的碳值与磷值。因此多次出现过这样的意见，LD—炼钢法大概只适于炼低碳钢。不久，人们就学会了炼高碳钢，并且把西门子—马丁炉的整个炼钢过程接受过来。现在高级低碳钢的冶炼，已变成了LD—炼钢法的一个特殊领域。用在冷加工，特别是用在要求极其严格（车身钢板）的冷轧薄板上的钢种，全世界都是优先考虑用LD—转炉来炼的。近几年已有了更好的铁水脱硫法，特别是使用低硫废钢，LD—钢的硫含量也可以降得很低。如果结合使用钢水除气装置，可进一步达到特别低的碳含量，那么LD—转炉将得到更广泛的应用。

最初为了生产出符合不同国家标准及分级协会的结构钢规格，LD—炼钢法曾忍受了长时期的责难。但即使在此钢种领域内，LD—炼钢法也表明，除了通过脱碳或增碳能准确地调节碳含量之外，还能将别的杂质元素调节得很低。现在就是象在高压容器结构上、及锅炉结构上用的高强度可焊接钢，及低温下使用的钢，也可用LD—炼钢法冶炼了。不容忽视，尽可能低的磷含量及硫含量有利于大钢锭。结合连续铸锭，可以提高钢的质量，铸成钢锭的机械性能的各向异性也很小。

能制造低合金结构钢及工具钢亦应视为在钢的品种方面之一项发展。由于准确地控制冶炼操作，现在已能作到在未合金化之前，钢水的基本成份已十分均匀了。有一系列钢种在炼成之后需要进行真空处理，但这种处理法并不是LD—炼钢法所独有的。用别的方法炼成的钢常常也要进行除气处理的。

用LD—炼钢法炼钢时，很少以降低氧含量及氮含量为目标，更多地是以特别低的碳含量及尽可能低的杂质含量为目标。事实表明，有许多低合金钢用LD—转炉来炼是又好又省的。

许多地方都研究出有成效的LD—转炉与真空处理相结合冶炼高合金钢的办法。首先是低碳、高铬、高镍奥氏体钢，已能以低的成本用此法冶炼了。

译自 “钢与铁”（德）

1972年15期

P 709—716

提高氧气转炉生产率的可能性

为了提高氧气转炉的生产率，多半采用高强度的吹炼。因而研究氧气流股和熔池的相互作用正成为更现实的问题。

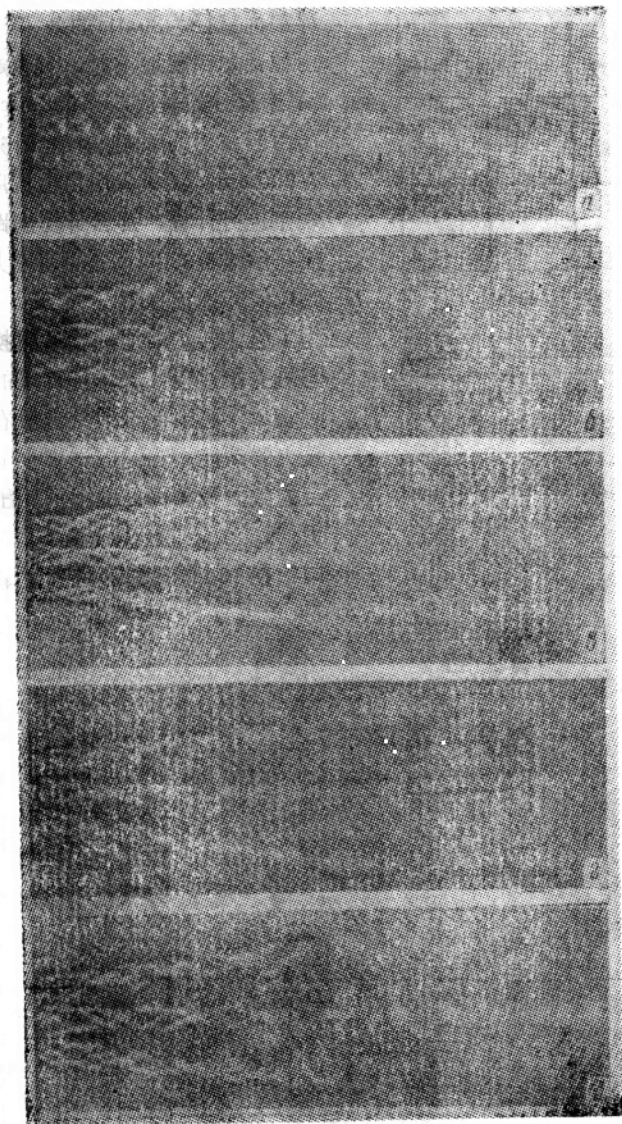


图1 拉瓦尔型三孔喷咀射出气流的长度 L_c 随着喷咀前表压力 P_i 而变化的情形。

作者由试验确定，从喷咀到熔池表面的整个长度上，气流中心实际上是超声速的或者近似声速的。

在用德泊列尔法测定流股超声部分可见的长度时，是利用了它的光学不均匀性特征。采用与现行转炉同样的马赫数进行模拟吹炼($M = W/a$ ，式中 W ——喷咀出口的速度， a ——音速)，这就保证在模拟条件下和工业条件下，射流过程具有物理相似。在模拟吹炼时 M 值从1.56变化到2.46，而在转炉吹炼时表压相应地从3变到15(大气压)。

图1示出空气流股的长度随着喷咀前表压(P_i)的升高而变化的情形。空气由试验的拉瓦尔三孔喷咀射入大气的； P_i 从3大气压(a)变到15大气压(Д)；Б, В, Г——分别为6, 9, 12大气压。图2表示出光谱测定的气流超声速部分的相对长度与初压力 P_i 的关系。

在工业条件下时常观察到，喷咀前表压在3——6大气压的情况下，拉瓦尔喷咀(A)较之圆柱状的喷咀(Б)没有什么优越性。在较高的压力

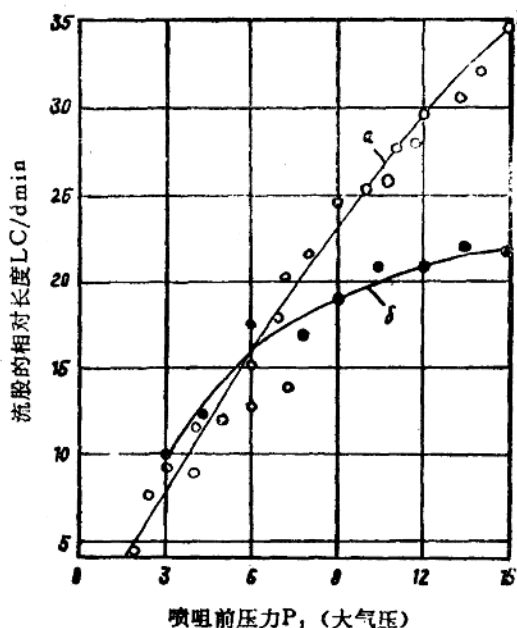


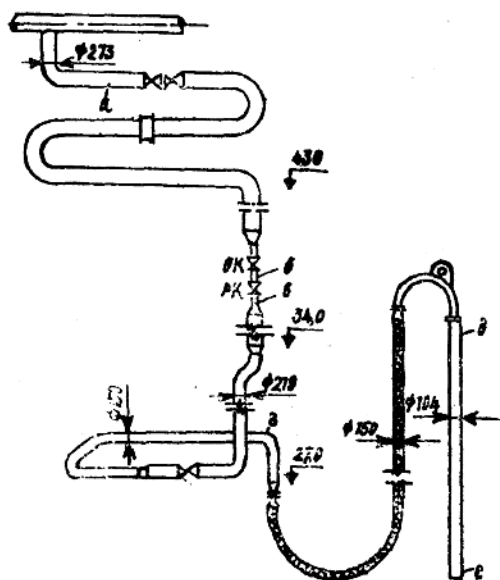
图2 喷嘴前的压力 P , 对流股超声速部分相对长度(以喷嘴口径的倍数表示)的影响。

a——拉瓦尔喷嘴, b——圆柱形喷嘴

气流股动力学特性的试验。喷嘴A的临界截面面积为 23cm^2 喷嘴B的临界截面面积为 40cm^2 。用喷嘴A和喷嘴B操作时,最大供氧强度分别为260和300米³/分。

在用喷嘴A和B操作时,为了测定氧气通路各段上的氧气压力,在干线上(a)、关闭阀(OK)和调节阀(PK)之前(b和

图3 车间内氧气通路系统及各测压点的装置(a—c)
OK——具有公称通径的关闭阀($D_y = 100\text{mm}$);
PK——调节阀($D_y = 125\text{mm}$)。



下,拉瓦尔喷嘴的优点是无可争辩的,流股无因次的长度和拉瓦尔喷嘴前压力的关系,近似于直线。

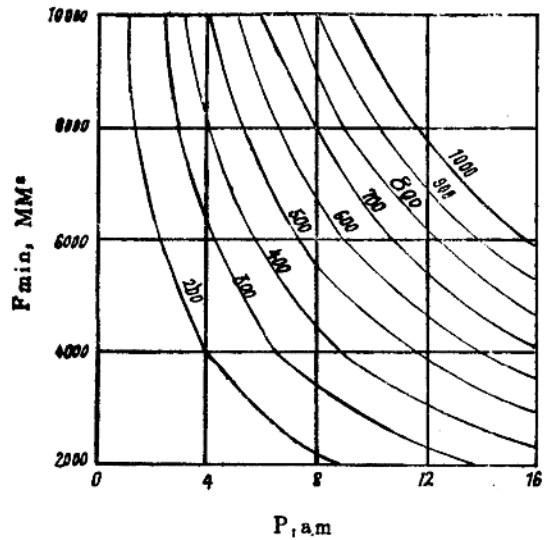
在初始表压为12大气压和临界截面直径为30mm的条件下由拉瓦尔喷嘴射出时,气流超声速部分的长度等于900mm,而由圆柱形的喷嘴射出时只有600mm。如果应用自由流股规律进行计算,那么计算出距拉瓦尔喷嘴900mm处的速度大约比实际速度低五分之四。为了强化转炉熔池的物质交换与热交换过程,为了提高氧的吸收率,必须保证氧气流股有最大的动能。为此应该减少喷嘴的截面和提高喷嘴前的压力。

在130吨转炉里进行了氧

Б)、软管前 (г)、喷咀前 (д) 以及距拉瓦尔喷咀 (А和Б) 前50mm和150mm的地方 (е), 均安装了记录压力的气压计 (图3、а)。测定的氧压见表1。

表 1 130T转炉经过具有不同供氧强度Q (N—三孔喷咀的功率) 的风咀А (Fmin=23cm²) 和风咀Б (Fmin=40cm²) 吹炼时, 氧气通路的压力分布

喷咀类别	Q, M³ /分	各 段 的 压 力 (大气压)						各段的压力损失 (大气压)					N 千瓦
		а	б	в	г	д	е	а—б	б—в	г—д	д—е	(Σ) а—е	
А	260	15.5	12.8	11.2	10.86	9.68	8.7	2.7	1.6	1.18	0.98	6.80	730
	250	15.0	13.2	10.7	10.16	9.08	8.14	1.8	2.5	1.08	0.94	6.86	695
	230	14.6	13.5	10.0	9.23	8.20	7.39	1.1	3.5	1.03	0.81	7.21	616
	210	14.4	13.7	9.2	8.52	7.52	6.76	0.7	4.5	1.00	0.76	7.64	560
	190	14.3	13.8	8.4	7.77	6.87	6.22	0.5	5.4	0.90	0.65	8.08	486
Б	300	13.9	10.6	8.0	7.92	6.69	5.52	3.3	2.6	1.23	1.17	8.38	734
	280	13.8	10.9	7.2	7.15	5.95	4.83	2.9	3.7	1.20	1.12	8.97	651
	260	13.6	11.3	6.6	6.55	5.41	4.36	2.3	4.7	1.14	1.05	9.24	578
	240	13.3	11.6	6.2	6.02	4.92	3.92	1.7	5.4	1.10	1.00	9.38	512
	220	13.1	12.0	5.8	5.53	4.48	3.52	1.1	6.2	1.05	0.96	9.58	454
	200	13.0	12.3	5.3	5.10	4.00	3.11	0.7	7.0	1.10	0.89	9.89	390



由喷咀Б流出的氧气流 的动能, 在供氧强度260米³/分 的情况下是578千瓦, 而由 喷 咀А流出的氧气流的动能在同量氧的情况下是730千瓦 (提 高 25%)。在用较小的强度吹炼时, 这个差数增加的更大 (表 1)。

流股的动能随着喷咀截面的增大和随着喷咀前压力的降低而减少。

图 4 喷咀前 的临界截面 强度Q (曲线 分) 之间的