

综 述

# 高炉喷吹物料及其演变趋势

杨绍利 郭兴忠 徐楚韶 张丙怀

(重庆大学 重庆 400044)

**摘 要** 介绍了几种高炉喷吹物料的作用及现状,指出凡是块状形式从炉顶加入的物料,均可以粉末形式从风口喷入炉内,作为高炉冶炼达到优质、高产、低耗、长寿的必要调剂手段,高炉喷吹应向以喷吹煤粉为主的复合喷吹方向发展,并与环境保护及二次资源利用结合起来。建议进一步开展对复合喷吹的研究开发工作,以及开展对高炉喷吹废弃可燃物(如废塑料、废轮胎)的有关研究开发工作。

**关键词** 高炉 喷吹 物料 资源

中图分类号:TF538.6 文献标识码:A 文章编号:1004-7638(2000)02-0034-06

## MATERIAL INJECTION INTO BLAST FURNACE AND EVOLUTIONAL TREND

YANG Shao-li, GUO Xing-zhong, XU Chu-shao, ZHANG Bing-huai

(Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract** Present state and action of several BF material injection processes are introduced. It is indicated that every material, which may be fed into BF through the furnace roof in the form of lump, can be injected into BF at tuyere as powder, which is taken for an adjustable means required to achieve high quality, high yield, low consumption and long life. Combined injection method mainly based on pulverized coal injection should be taken as the developing trend of BF injection in consideration of the environmental protection and the secondary resource utilization. It is suggested that the combined injection and combustible waste material injection into BF, such as waste plastics and tyre, should be researched further.

**Key Words** blast furnace injection; material; resource

## 1 引言

出于对高炉冶炼的不同需要,可向高炉内喷吹不同的物料。这些物料可分为喷吹燃料、喷吹熔剂、喷吹助燃剂、喷吹铁矿粉、喷吹护炉剂等。按其存在形态可分为气态喷吹物、固态喷吹物、液态喷吹物及气-液和气-固两相喷吹物。

高炉喷吹物料的种类较多,大体上可以分为五种,即燃料、熔剂、铁矿粉、助燃剂和护炉剂。随着高

炉喷吹技术的不断发展,喷吹物料的种类也发生了较大的变化。作者拟就高炉喷吹物料及其演变趋势作简要的回顾。

## 2 高炉喷吹物料种类及作用

### 2.1 喷吹燃料

目前高炉喷吹物料仍以燃料为主,按其形态可分为气态、液态和固态及液-固两相等。气体燃料为最早的高炉喷吹燃料,如天然气、焦炉煤气、发生炉

煤气等。液体燃料如重油、柴油、煤焦油等。以上这两类燃料,特别是重油,大多数国家由于价格及成本等因素早已停止喷吹,只有少数几个国家(如俄罗斯等)因资源比较丰富,目前仍在喷吹天然气。固体燃料以喷吹煤粉特别是无烟煤煤粉为主,同时还有粒煤、焦炭粉等。近几年又出现了喷吹废塑料、生态水煤。高炉喷吹燃料的分类情况如下:

高炉喷吹燃料的作用众所周知,它可部分地代替价格较高的冶金焦炭,从而降低生铁成本。因喷吹的燃料多是价格低廉、量大易得及利用二次资源的燃料,其价格、成本均低于焦炭。各种燃料代替焦炭的置换比见表 1。

表 1 各种喷吹燃料的置换比

天然气 <sup>[1]</sup>	重油 <sup>[1]</sup>	煤粉 <sup>[2]</sup>	粒煤 <sup>[3,4]</sup>	废塑料	生态水煤 <sup>[5]</sup>
1.12~1.66	1.20	0.79~0.90	0.66~0.98	约 1.20	0.47

由表 1 可知,单从置换比上看,各种燃料的替代作用相差较大。其中天然气、重油及废塑料是较好的焦炭替代品,而煤粉和粒煤次之,生态水煤相对较差。目前国内外喷吹燃料仍以喷吹煤粉为主,但喷吹粒煤技术也有加快发展的趋势。高炉喷吹粒煤技术最早由英国钢铁公司发明。目前在法国的洛尔丰特厂、英国的克利夫兰厂、德国的勒克纳厂、瑞典的律勒欧厂、美国的伯利恒厂等高炉上也在进行粒煤喷吹,在技术上是成功的。国内仅见鞍钢在 13 m<sup>3</sup> 高炉上做过喷吹粒煤试验<sup>[6]</sup>。

粒煤与煤粉的最大区别在于粒度组成不同。通常粒煤组成为:100% < 5 mm(其中 < 2 mm 为 95%, < 0.074 mm 仅占 10%~30%),平均粒度为 0.6~0.7 mm。而煤粉的粒度组成 80% 以上 < 0.074 mm。

喷吹粒煤技术的主要优点如下:

①粒煤的制备费用较低,生产效率高。据法国高炉统计数据,与煤粉相比,粒煤制备系统投资及生产维修费用可节约 30% 左右。在同样条件下,生产粒煤的产量至少是生产煤粉的两倍,其动力消耗仅为煤粉的 50%;②工艺流程简单,易于输送。与喷吹煤粉流程相比,喷吹粒煤的工艺流程简单得多,特别是粒煤制备系统比煤粉系统要简单。如粒煤破碎设备为锤式破碎机,比煤粉破碎设备一球磨机要简单得多,而且其系统的除尘、防爆等设施均较为简

其水分含量须控制在 1% 以下,而采用粒煤时,可保留其中的大部分水分。因为粒煤相对较粗,不易粘结,既减少了烘干所需要的能量,又利于气力输送;③安全性好。煤粉在输送和贮存过程中,存在较大的爆炸性(特别是烟煤)。而粒煤由于细小粒度的含量较少(< 0.074 mm 最多占 30%),所以发生爆炸的危险性较小,相对安全性较高。迄今为止,未见有粒煤发生爆炸的报道,而喷吹煤粉已发生了多起爆炸事故;④燃烧率较高。据报道<sup>[7,8]</sup>,煤粉在风口区仍有燃不尽成分,而粒煤较粗,反而燃尽率较高,置换比也较高。从喷吹粒煤的高炉煤气洗涤水中观察,证明喷入风口的粒煤已完全燃烧和利用。此外,粒煤技术适用的煤种也较广泛,大部分无烟煤和烟煤均可制成粒煤来喷入高炉。

## 2.2 喷吹(助)熔剂

从高炉风口喷吹的熔剂主要是指富含 CaO、MgO 的碱性熔剂,按含量不同,有 CaO 系和 MgO 系。CaO 系主要指石灰石和生石灰,MgO 系主要指菱镁石和白云石。

向高炉炉缸内喷入熔剂,可起到两个作用。一是可以脱硫、降硅,二是防爆(指与煤粉混喷时)。直接向炉缸内喷入熔剂,可维持较高的炉渣碱度,利于生铁脱硫,其脱硫效果要比从炉顶加入等量的熔剂好得多;从风口直接喷入高活性的 CaO、MgO,可使其迅速而有效地与自由状态的 SiO<sub>2</sub> 化合,生成难还原的复合化合物,从而使 SiO 挥发及炉渣中 SiO<sub>2</sub> 还原受到抑制,故可降低铁水中的[Si];向煤粉中添加 10%~20% 的石灰石粉,可使烟煤由强爆炸性变为弱爆炸性,利于安全喷吹<sup>[9]</sup>。

关于熔剂对煤粉的助燃作用,因为文献 10 和文献 11 所得结论相反,故有待于进一步商榷。

## 2.3 喷吹铁矿粉

高炉喷吹铁矿粉技术二十世纪 80 年代始于日本,其最初目的是使生铁降硅,后来则作为在高温、高富氧条件下确保高炉顺行、强化生产的一项重要而灵活的调剂手段。

实际生产中所喷吹的铁矿粉是广义的,既有精矿粉、富矿粉,又有烧结矿、球团矿的粉末,还有高炉、转炉炉尘及炉前、料仓的除尘灰等。因此,该项技术在强化生产、综合利用资源、消除污染及调剂炉况等方面有重要意义。

$\text{m}^3$  和  $576 \text{ m}^3$  高炉上进行了喷吹铁矿粉工业试验, 并获得成功<sup>[12]</sup>。喷吹用铁精矿粉的理化性能见表 2。喷吹介质为压缩空气, 使用煤氧喷枪。

表 2 喷吹用铁精矿粉的理化性能 %

TFe	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	水分	粒度 -200目)
68.26	28.20	4.30	0.85	0.50	0.1-0.4	71.90

当全焦冶炼、不富氧时, 在  $19 \text{ m}^3$  小高炉上进行喷吹试验。试验结果表明, 随着喷吹铁矿粉比 (10~26 kg/t) 的增大, 铁水含硅量基本呈下降趋势, 且下降幅度趋向增大, [Si] 平均下降 0.039%~0.424%, 铁水温度也明显下降, 大部分处于 1420~1480℃, 比不喷吹铁矿粉时约降低 20~40℃。

当富氧率为 2.67%、煤比为 80 kg/t 及高风温 (1066~1071℃) 时, 在  $576 \text{ m}^3$  高炉的两个风口上进行了喷吹铁矿粉试验。结果表明, 炉况一直顺行, (FeO) 增高、平均 [Si] 有所降低。喷吹精矿粉使 [Si] 降低的原因有二: 一是铁矿粉喷入炉缸后必然造成 (FeO) 含量增加、氧势增强, 由反应  $[\text{Si}] + 2(\text{FeO}) = (\text{SiO}_2) + 2\text{Fe}$  而使 [Si] 下降; 二是由于常温铁矿粉由常温空气喷入炉缸, 升温、降温、分解和直接还原均需要吸热, 吸收的都是炉缸热量。如无热补偿措施, 必然导致风口前理论燃烧温度和渣铁温度下降, 即使 [Si] 下降。在热补偿措施中, 提高风温时其热能利用率为 100%, 喷吹煤粉时为 60%, 而增加焦炭的热能利用率仅为 40%。

德国也在高炉上进行了喷吹含铁工业细粉尘的试验<sup>[13]</sup>。在喷煤量为 600 kg/h、细矿粉喷吹量为 600 kg/h 时, 取得了高炉操作保持稳定顺行的结果。

高炉喷吹铁矿粉是一项新兴的、具有多方面功能的新技术, 它可作为高炉热制度的一种机动而灵活的调剂手段。如当炉温偏高、转热或热难行时, 可以此手段来调剂, 它比降风温、停喷煤或增加焦炭负荷更经济、更及时和更有效。

## 2.4 助燃剂

指煤粉的助燃剂。助燃剂先与煤粉混合(有干混、湿混、浸渍等)后, 一同喷入炉缸。其作用是对煤粉的热解、燃烧起催化作用, 从而提高煤粉的燃烧率。如添加  $\text{MnO}_2$  粉时, 随着添加量的增加, 煤粉的燃烧率显著增加。添加 5% 的  $\text{MnO}_2$  可使无烟煤粉(挥发分为 8%) 的燃烧率增加 18%。其作用机理在于  $\text{MnO}_2$  受热分解, 释放出活性氧, 加快了煤粉着火初期的火焰传播速度<sup>[14]</sup>; 再如,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  及  $\text{CaCl}_2$  对煤粉燃烧的催化作用较强。浸渍 6% 的  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  可使双鸭山、阳泉无烟煤粉的挥发分产率分别增加 10.7% 和 5.2%<sup>[15]</sup>。其作用机理为:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  本身为氧化剂, 煤氧化后结构稳定性下降, 易于裂解。而  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  受热时分解出活性氧或氧气, 使热解环境气氛改善, 促进了热分解的进行, 故其催化作用较强<sup>[16]</sup>。

## 2.5 护炉剂

内含钛物料护炉技术应用以来, 护炉方法多是从炉顶以块状形式加入含钛炉料(如钛精矿、钒钛铁精矿、钛铁矿及高钛渣等), 对保护炉衬特别是炉缸部位炉衬起了重要的作用, 达到了修护炉衬、延长高炉寿命的目的。但是, 从炉顶部位加入含钛物料, 冶炼周期较长, 到达炉缸后散开面大、粘结范围广。为了提高护炉效果, 往往要增加含钛物料用量。这样不但会导致能耗增加, 而且会给高炉顺行带来不良影响。采用风口喷吹含钛物料技术, 直接从风口喷入含钛物料后, 能使受侵蚀部位炉衬附近的钛含量迅速增加, 生成高熔点碳化物, 从而对炉缸部位局部严重侵蚀的炉衬进行迅速的修复, 达到快速、准确、灵活的修护目的。

梅山冶金公司于 1991 年在  $1080 \text{ m}^3$  高炉上进行了喷吹含钛矿粉的护炉试验, 主要目的是有针对性地探索抑制炉缸部位炉衬异常侵蚀的迅速有效的护炉方法<sup>[17]</sup>。试验所用的两种含钛矿粉见表 3。

表 3 喷吹含钛物料的化学成分(%) 和粒度

组成	TFe	FeO	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	粒度/mm
钛精矿	31.01	35.87	47.51	2.68	1.23	7.32	0.62	0.13	0.07	1.65	<1
钒钛铁精矿	59.17		10.50	7.99	13.86	5.44	2.02	0.46			<2

喷吹含钛精矿粉试验于 1991 年分三次共进行了 18 天, 断断续续的平均喷吹量为 220~300 kg/

现有喷煤压缩空气和喷煤喷枪, 实现了顺利喷吹。试验结果表明, 第一次试验在正常冶炼炼钢生铁期

后两次试验在正常冶炼铸造生铁期间进行,喷吹风口“下游”方向有 2~6 个冷却壁进出水温差明显呈下降趋势,平均温差约 0.25~0.38℃,基本上达到了预期的目的。同年 9 月,鞍钢也在 7 号高炉上进行了喷吹钛精矿(含 TiO<sub>2</sub> 为 49.51%)护炉试验,效果也比较好<sup>[16]</sup>。

总之,从风口喷入含钛矿粉后,可对喷吹部位附近炉缸冷却壁进出水温差的升高有抑制作用,而且随着喷吹量的增大,冷却水温差下降幅度有增大趋势。风口喷吹含钛物料护炉的优点:含钛物料用量少,效率高,见效快,效果好,适用于炉缸局部或全部炉衬的修护,对炉况影响小;工艺流程简单,技术合理,容易实现。但也存在一些不足,单纯喷吹时,其喷吹量须与炉温相适应。因喷入大量冷的、未经还原的含钛矿粉,必然会在风口区吸收大量的热量,使风口区的理论燃烧温度大幅度下降,低炉温时,须有相应的热补偿措施,如富氧、喷吹煤粉等;现有喷吹设备一般多为喷煤而建,不完全适用于长时间喷吹密度大、硬度大的含钛矿粉。长期喷吹这种含钛物料,会对喷枪及输送管路的拐弯处、狭窄处造成严重磨损,也会使风口严重磨损,降低使用寿命。

综上所述,高炉喷吹的物料种类较多,作用也各不相同,但有一点是相同的,即凡是块状形式从炉顶加入的炉料,均可以粉末形式从风口直接喷入炉内,分别起到部分替代、补充、强化、调剂及修护等作用,从而使高炉冶炼达到高产、优质、低耗、长寿的目的。因此可以说,高炉喷物料技术是高炉生产的必要调剂手段和措施。

### 3 复合喷吹技术

以上所讨论的各种喷吹物料,多是单独喷吹时的情况(喷吹助燃剂时除外),所起的作用各不相同。当需要同时利用两种或两种以上喷吹物料的作用

时,则可采用复合喷吹技术。所谓复合喷吹,也可称之为混合喷吹、综合喷吹或多种物料喷吹,是指将两种或两种以上物料先混合后,再喷吹入炉,以达到降低生铁成本、调节物料性质、改善生铁质量、提高高炉生产率、延长高炉寿命、合理利用资源及保护环境的目的。

早在 1972 年,前苏联就已提出了综合燃料(如天然气+重油、重油+煤粉等)的概念,并成功地进行了工业喷吹。也提出了向高炉风口区喷吹不可燃物料,并于二十世纪 50 年代成功地喷吹了石灰石粉<sup>[17]</sup>。

高炉复合喷吹有多种组合形式,目前仍以无烟煤粉作为主要喷吹物料,其余如烟煤、助熔剂、铁矿粉、助燃剂、护炉剂、废塑料这些物料,可根据资源情况和使用要求,将其中一种、两种或三种与无烟煤粉混合后再行喷吹。

复合喷吹是一项很有发展潜力的高炉冶炼新技术,其优势显而易见。但它的下一步发展面临以下几个主要问题。一是混合料的制备、混均问题;二是混合料的输送问题。因为其中每种物料的物性不同或不尽相同,故与单纯输送煤粉时相比,其输送工艺参数会有较大差别;三是混合料喷吹入炉后的相互作用与影响,以及对高炉冶炼的综合影响;四是输送、喷吹管路的磨损问题。这些都需要做进一步的分析与研究。

## 4 几种新型的高炉喷吹燃料

### 4.1 喷吹废塑料

随着塑料制品在各行业及生活中的广泛应用,废塑料制品的生成量在不断扩大,对环境的污染也日益严重,为解决废塑料的再利用,1995 年德国人开发了高炉喷吹废塑料技术,日本人于 1996 年开发成功并将该技术用于工业生产中。表 4 为废塑料与煤、重油的化学成分比较<sup>[18]</sup>。

表 4 废塑料与煤、重油的化学成分比较

	C	H	S	灰分	Cl	K	Na	Zn	Pb
煤	79.60	4.32	0.97	9.03	0.20	0.2656	0.0816	0.0065	0.0050
重油	85.09	10.50	2.23	0.05	0.04	0.0010	0.0010	0.0001	0.0001
废塑料	83.74	12.38	0.05	3.08	0.75	0.0170	0.0200	0.0073	0.0002

由表 4 可看出,废塑料的含碳量、含氢量优于煤和重油,是一种比较有前途的高炉喷吹燃料。但使

据日本京滨 1 号高炉喷吹废塑料经验,Cl 含量应控制在<2.0%,吨铁料中 Cl<600 g<sup>[19]</sup>。

处理和制备 因其热塑性使其很难粉碎。试验表明: 废塑料粒度在 5 mm 以下即能满足气化、燃烧的要求。废塑料处理加工后, 比煤粉更易于输送。

#### 4.2 喷吹生态水煤

表 5 煤粉和生态水煤的化学成分

	C	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	S	A
煤粉	84.87	3.54	1.54	0.07	1.85	2.00	0.57	5.56
生态水煤	59.48	2.46	31.10	0.05	1.27	1.39	0.40	3.85

生态水煤与煤粉相比, 具有以下一些优点: ①防火及防爆性能强; ②生产工艺简单并且生产及喷吹系统费用较低。喷吹生态水煤的基建费用比喷吹煤粉时低 20 倍, 单位基建费用低 30 倍; ③喷吹生态水煤的操作费用比喷吹煤粉时低 14%。这主要是通过明显降低电能消耗、减少折旧和维修费用, 同时取消氮气及压缩空气费用来实现的; ④燃烧动力学条件更佳。这是因为燃烧区内形成的水蒸气具有激活作用且作为氧化剂参与燃烧过程。实验表明: 水煤的点火温度比煤粉低 150~400℃, 而火焰长度比煤粉短 1/2~2/3, 在空气过剩系数较低时也能保证充分燃烧。目前可将生态水煤视为很有发展前途的焦炭和煤粉的替代燃料。

#### 4.3 喷吹废轮胎的可行性

据报道, 日本新日铁(NSC)广畑厂在用废汽车轮胎代替煤粉, 作为冷生铁和废钢熔化炉的一种碳源和热源, 并获得成功<sup>[20]</sup>。美国 Norfolk 公司正在研究一种向电弧炉中喷入废轮胎的工艺, 向钢液中提供化学能。

轮胎中碳黑约占总质量的 25%, 钢丝占 10%, 合成橡胶及起稳定剂作用的硫等约占 65%。一个轻轮胎的燃烧值相当于 87 kW 的电能。

废轮胎能用于炼钢作热源, 能否将其作为高炉的喷吹燃料, 迄今为止未见这方面的报道。作者以为, 也可将废轮胎作为高炉的喷吹燃料。理由是: ①废轮胎的主要成分为碳氢化合物, 当然可作为燃料; ②废轮胎量大、易得、价廉, 来源不成问题。例如日本每年需处理的废轮胎约有 100 万 t; 美国约有 30 亿个废弃轮胎, 而且正以每年 2500 万个的速度增加, 目前将废轮胎交于垃圾场, 费用为轻轮胎 1 美元

俄罗斯成功地开发了一种以水和煤为主的新型高炉喷吹燃料<sup>[5]</sup>。由于这种燃料在燃烧时不会污染周围环境, 故称之为生态纯净水煤燃料, 表 5 为煤粉和生态水煤的化学成分。

一个, 卡车轮胎 3~4 美元/个, 随着我国汽车工业的不断发展及人民生活水平的不断提高, 可以预计, 废轮胎的数量也会不断增多。无论从环境保护方面还是从二次资源利用方面, 废轮胎的再利用问题都应引起人们的高度重视。

高炉若喷吹废轮胎, 首先必须解决好两个问题。一是废轮胎的分割、破碎问题。因里面含有钢丝, 切割、破碎均比较困难, 必须先将钢丝与橡胶分离开来。其处理难度可能比废塑料还要大; 二是硫的预处理问题。最好在喷入炉内之前, 将硫含量降低到不致于影响生铁质量的程度。如果高炉喷吹废轮胎技术开发成功, 将会对环境保护及二次资源的利用产生重大的影响。

## 5 结论及建议

(1) 凡是可以块状形式从炉顶加入的物料(助燃剂除外), 均可以粉末形式从高炉风口直接喷入炉内, 分别起到部分代替、补充、强化、调剂及修护等作用, 从而使高炉生产达到优质、低耗、高产、长寿的目的。高炉喷吹物料技术是现代高炉生产的必要调剂手段和措施。

(2) 高炉喷吹技术应向复合喷吹方向发展。这是一项很有发展潜力的高炉冶炼新技术。

(3) 高炉喷吹燃料应是量大、价廉、易得的燃料, 并与环境保护及二次资源利用结合起来。这也应是高炉喷吹技术的发展方向。

(4) 建议开展对复合喷吹技术的进一步研究开发工作, 以及开展对高炉喷吹废弃可燃物(如废塑料、废轮胎)的有关研究开发工作。

## 参考文献：

- [1] 文光远. 炼铁学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1994.
- [2] 刘述临. 高炉喷吹用煤的评价指标[J]. 炼铁, 1999(10): 50—52.
- [3] 蔡钢生译. 高炉喷吹粒煤[J]. 冶金译丛, 1999(1): 8—13.
- [4] 黄海波. 论粒煤技术改造武钢喷煤系统的可行性[J]. 武钢技术, 1997(5): 51—55.
- [5] ИФ Кунунов. Экономическая ЭФФективность Применя Вдоменной Плавкенового Топлива—ЗКОВУТ[J]. Сталь, 1997(5): 64—67.
- [6] 安云沛, 等. 13m<sup>3</sup> 高炉喷吹粒煤工业试验[J]. 炼铁, 1994(4): 10—13.
- [7] 薛立基等. 粒煤在高炉内燃烧行为分析[J]. 炼铁, 1993(5): 25—29.
- [8] 周建刚, 等. 高炉喷吹粒煤技术[J]. 钢铁, 1993(3): 31—33.
- [9] 车传仁, 等. 高炉喷吹熔剂若干问题的探讨[J]. 炼铁, 1996(6): 31—33.
- [10] 高斌, 等. 多种物料喷吹对煤粉燃烧率的影响[J]. 炼铁, 1994(5): 21—23.
- [11] 沈峰满. 提高煤粉燃烧率的试验研究[J]. 炼铁, 1996(3): 37—38.
- [12] 单泊华. 首钢高炉喷矿技术试验[J]. 炼铁, 1994(6): 13—16.
- [13] 吴铿, 等. 采用喷吹方法处理钢铁厂的细粉尘[J]. 钢铁, 1999(12): 60—66.
- [14] 沈峰满, 等. MnO<sub>2</sub>对煤粉燃烧的助燃作用及机理[J]. 钢铁, 1998(9): 1—3.
- [15] 徐万仁等. 煤粉热分解特性及添加助燃剂的影响[J]. 钢铁, 1999(6): 7—11.
- [16] 宋建成. 高炉含钛物料护炉技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994(3): 114—120, 205—209.
- [17] 杜奈耶夫, 等. 王筱留等译. 高炉喷吹粉状物料[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980(3): 7—8, 79—80.
- [18] Has-Ulrich Lindenberg, 等. 高炉喷吹废塑料的原料循环利用[J]. 武钢技术, 1998(4): 11—14.
- [19] 杜鹤桂. 国外高炉炼铁进展[J]. 炼铁, 1999(1): 1—5.
- [20] 新日铁喷吹废轮胎. 世界金属导报, 1999.11.16(3).

编辑 雷念慈

收稿日期 2000-01-28

## 攀钢半钢炼钢转炉炉龄新进展

浅渣护炉是近年发展起来的一项集补炉、护炉和造渣工艺于一身的极为有效的提高炉龄的新技术, 国内几大钢都相继开展了这方面的研究。攀钢于 1997 年开始浅渣护炉研究, 1998 年全面采用浅渣护炉技术。因多方面的原因, 炉龄一直徘徊在 1 600~1 800 炉。从 1999 年第四季度开始, 攀钢结合半钢炼钢自身的特点和特定的细长形转炉炉型, 进一步从过程造渣、过程温度、过程炉渣成分、吹氮溅渣参数、炉体维护等方面加强了控制, 并改变传统的操作工艺和操作方法, 摸索出一套适合攀钢条件的浅渣护炉技术, 使攀钢在冶炼品种多、产量任务重、溅渣率仅为 50%~60% 的条件下, 迄止 2000 年 6 月份, 半钢炼钢转炉炉龄已连续达到 4000 炉以上。

目前, 攀钢正在进一步优化和完善浅渣护炉工作, 预计攀钢半钢炼钢转炉炉龄达到 5000 炉的那一天已指日可待。

(文永才 供稿)