

· 工艺材料进展 ·

我国电炉钢生产现状及发展前景

李 晓 彭 锋

(冶金工业规划研究院冶炼处,北京 100711)

摘 要 我国电炉钢产量逐年上升,2007年已接近5 000万 t,同时电弧炉容量趋向大型化,2007年 ≥ 50 t电弧炉产能约占电炉钢总产能的83.5%,电耗接近300 kWh/t,冶炼周期 ≤ 60 min,平均电极消耗2.43 kg/t,但炉料结构、生产钢种、节能环保等方面的技术开发仍需加大力度,未来我国电弧炉流程仍有很大发展空间。

关键词 电弧炉炼钢 生产现状 发展前景

Present Status and Future Development of Domestic Electric Arc Steel Production

Li Xiao and Peng Feng

(Department of Metallurgy, Metallurgical Industry Planning and Researching Institute, Beijing 100711)

Abstract The output of domestic arc furnace steel increased year by year which was near to 50 million ton in 2007. The number of large electric arc furnace increased obviously, in 2007 the output of ≥ 50 t electric arc furnaces was about 83.5% of total electric arc steel, electric consumption decreased near to 300 kWh/t with tap-to-tap time ≤ 60 min and average electrode consumption 2.43 kg/t, but the processes related to charging, steel grade, energy saving and environmental protection need to be promoted. The domestic electric arc steelmaking process is forging ahead.

Material Index Electric Arc Steelmaking, Present Status, Future Development

废钢-电弧炉炼钢流程与铁水-转炉炼钢流程相比,具有占地少、建设周期短与投资回报快的优点,同时可降低能源消耗,节约动力,减少水污染和废弃物排放量,并可节约投资,如建设一个联合型钢铁企业,每吨生产能力需投资1 000~1 500美元,而建设一个短流程电弧炉炼钢厂,每吨生产能力只需投资500~800美元^[1]。

1 我国电炉钢生产现状

1.1 电炉钢比重

近年来,世界电炉钢产量占钢总产量的比重为32%~35%,欧盟电炉钢的比重已达到50%。由于电力资源不足以及废钢资源的短缺,我国电炉钢所占比重仍较低。从1993年至今,我国电炉钢生产的发展可分为3个阶段^[2],近几年我国电炉钢占钢总产量比重总体呈下降趋势(图1)。

1.2 电弧炉装备水平

目前,世界上现有较大型电弧炉约1 400座,最大电弧炉容量为400 t。发达工业国特别是欧洲和日本等主流电弧炉容量为80~120 t,近几年来有增至150~200 t的趋势。

由表1可见,我国电弧炉座数逐年减少,炉容趋向大型化。据不完全统计,2007年 ≥ 50 t电弧炉产

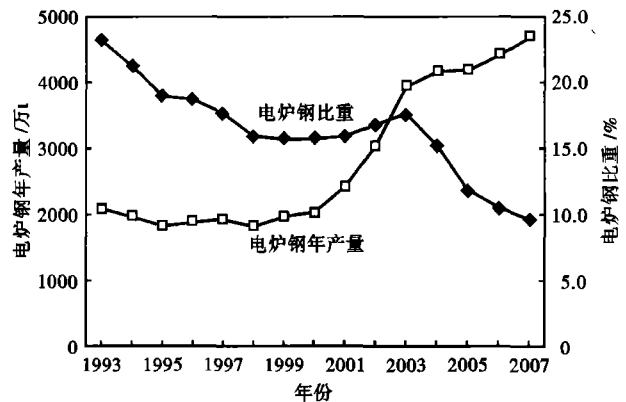


图1 1993年~2007年我国电炉钢年产量及电炉钢比重
Fig. 1 Output and ratio of domestic electric arc steel in 1993~2007

表1 我国重点大中型钢铁企业电弧炉装备情况
Table 1 Electric arc furnaces at domestic key large and medium-sized iron and steel enterprises

年份	电弧炉数/座	≥ 100 t	50~99 t	11~49 t	≤ 10 t
2000	204	12	20	100	72
2001	201	11	22	102	66
2002	199	12	24	104	59
2003	182	13	30	91	48
2004	164	12	28	79	45
2005	159	12	32	76	39
2006	152	17	36	70	29
2007	148	22	49	53	24

注:数据来源于中国钢铁协会统计。2007年据不完全统计。

能约占电炉钢总产能的 83.5%，成为我国电炉钢生产的主体设备，但是 ≥ 100 t 电弧炉产能占电炉钢总产能的比例不及 45%，与发达工业国家仍存在较大差距。因此，新建电弧炉应严格按照《钢铁产业发展政策》规定，公称容量不小于 70 t。

1.3 生产情况

1.3.1 生产钢种

目前国外 150 t 以上的电弧炉几乎都用于冶炼普通钢，许多国家电炉钢产量的 60% ~ 80% 均为低碳钢。而我国受废钢和电力资源不足的限制，电弧炉主要用于冶炼高合金钢、大型铸锻件用钢、不锈钢等钢种。随着技术开发力度的继续加大，我国电炉钢质量有较大提高，一些企业成功开发出氮含量 $\leq 80 \times 10^{-6}$ 钢种，最低的氮含量可控制在 30×10^{-6} [3]，达到了转炉钢的水平，但目前电弧炉普遍生产转炉钢种不具备成本优势。

1.3.2 炉料结构

我国电弧炉消耗钢铁料结构发生变化，吨钢废钢消耗逐年减少，而吨钢生铁消耗逐年增加（图 2）。

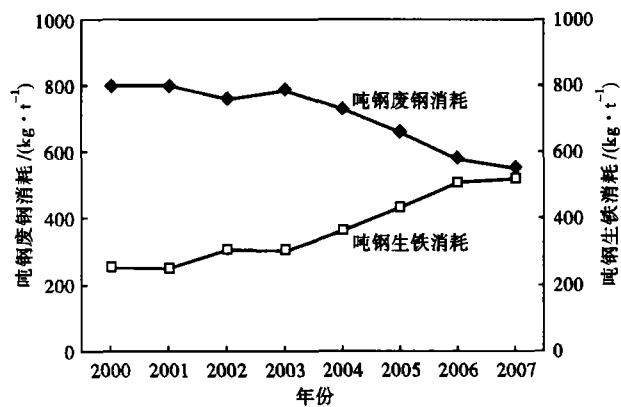


图 2 2000 年~2007 年我国重点大中型企业电弧炉吨钢废钢和生铁消耗

Fig. 2 Consumption of scrap and pig iron per ton steel melted with arc furnace at domestic key large and medium-sized enterprises in 2000 ~ 2007

为降低生产成本，多数钢铁企业电弧炉炼钢采用配加高炉铁水工艺。根据实践经验，我国电弧炉炼钢采用热装 30% ~ 35% 的高炉铁水效果最佳 [4-6]，也有少数钢铁企业选择配加 40% ~ 50% 的热铁水。目前国外还有电弧炉配加 Corex 铁水的冶炼工艺，与高炉铁水相比，铁水质量无明显优势，但是生产和运行成本较高，进一步推广还有较大难度。

1.3.3 技术指标

我国重点大中型钢铁企业电弧炉吨钢冶炼电耗

不断降低，由 2000 年 504 kWh/t 降至 2007 年 328 kWh/t，降幅达 35%。随着能耗高、污染重的落后电弧炉产能的逐步淘汰，预计 2008 年重点大中型钢铁企业电弧炉吨钢电耗会降至 300 kWh/t 以下。据不完全统计，我国 50 t 及以上超高功率电弧炉的冶炼周期已普遍控制在 60 min 以内，电弧炉利用系数已达到 40 ~ 50 t/(MVA·d)。相当数量的电炉钢冶炼周期不超过 50 min，冶炼电耗为 170 ~ 300 kWh/t，生产效率已与转炉相当，易于与连铸机衔接匹配。

我国重点大中型钢铁企业电弧炉吨钢电极消耗总体呈下降趋势，由 2004 年 4.17 kg/t 降至 2007 年 2.43 kg/t 左右，降幅在 42% 左右，预计 2008 年仍能保持良好下降势头。

1.3.4 工艺措施

目前电弧炉技术开发主要以提高能量输入、缩短冶炼周期、提高生产效率为主。随着国内外电弧炉炼钢向大型化、超高功率以及计算机自动控制等方向发展，生产企业为缩短冶炼周期、提高生产效率、降低电耗，研究了多种冶炼方式，并采用了不同的强化冶炼工艺技术和装备。

近年来出现的主要新型电弧炉有双壳电弧炉、Consteel 电弧炉、带废钢预热装置的竖式电弧炉等 [7-9]，甚至出现了双炉壳、同时带有电极和氧枪，能根据炉料变化以电弧炉和转炉两种工艺操作的 CONARC 炉，称为电转炉。电弧炉冶炼工艺不断改进，总体目标是缩短冶炼周期，工艺措施分类总结如下：

- (1) 提高吨钢输入电功率，如超高功率电弧炉、直流电弧炉、高阻抗或变阻抗交流电弧炉；
- (2) 提高电效率、功率因数，如优化电弧炉供电制度和短网结构、采用导电横臂、长弧操作、吹氩搅拌等；
- (3) 提供化学热源，如二次燃烧、氧燃烧嘴、碳-氧喷枪、底吹氧、外加热铁水技术等；
- (4) 提供物理热源，如废钢预热、加适量的热铁水显热等；
- (5) 优化工艺，如偏心底出钢、机械化加料系统和连续加料方式、快速测温取样分析等。

1.3.5 存在问题

若按照全部采用冷装炉料的标准进行衡量，我国电弧炉炼钢的主要技术经济指标并不乐观，还有较大节能空间。目前我国电弧炉生产工艺能源回收利用不足，大多数生产企业未对电弧炉产生烟气余

热进行回收利用,造成大量显热浪费。

我国电弧炉产生烟气含尘量较大,多数钢铁企业采用第4孔排烟和屋顶排烟装置,除尘效果一般。在一定的环境容量下,除尘技术需要不断升级或研究采用更有效的除尘方法,以缓解环境压力。

我国电弧炉工艺副产品开发利用较少,如除尘灰、钢渣等利用技术有待进一步开发,从而促进我国钢铁企业循环经济发展。

2 我国电炉钢发展前景

2.1 电炉钢产量

世界电炉钢生产发展的历史表明,电炉钢比例逐年增长的总趋势不会改变。随着社会废钢资源的积累,直接还原技术的开发,电力工业的发展,电弧炉炼钢技术和二次精炼技术的飞速发展,电弧炉生产成本会相对下降。未来国家对能源、资源和环保标准的进一步提高及管理的加强,促使我国电弧炉炼钢走出低谷,与工业发达国家电炉钢生产趋势相同,预计我国电炉钢比例至2020年可达25%,如采用加35%铁水的电弧炉冶炼工艺,2020年我国电炉钢比例会超过30%。

2.2 废钢替代品

在我国废钢资源短缺的情况下,有必要适度开发直接还原铁等原料替代产品,这既可减少对废钢的过分依赖,又可提高钢的纯净度。直接还原铁的生产技术进步很快,特别是热压块(HBI),为电弧炉炼钢提供了高密度、高化学能的纯净铁源。

在世界范围内直接还原铁的生产技术以气基法为主,气基法在直接还原铁产量中占90%。然而,由于我国天然气缺乏,优质铁矿较少,大批量优质、低成本生产直接还原铁尚需一段时间。因此,在电弧炉冶炼废钢原料匮乏的情况下,有必要适当加大包括煤基法生产直接还原铁在内的技术开发力度,促进直接还原铁生产技术的发展。

2.3 装备水平和工艺特点

未来 ≥ 70 t电弧炉将是我国电炉钢生产的主体冶炼设备。但是仍应清醒的看到,我国是一个发展中国家,各类各层次钢铁产品需求不同,地区发展和资源配置又极不平衡,炼钢装备呈现出“大、中、小结合,先进与落后并存”的多层次局面,不会在很短时间内得到彻底改变。

目前,我国电弧炉冶炼配加铁水工艺,可弥补废钢资源的不足,且缩短冶炼周期,使电弧炉与连铸更加匹配。在我国废钢和直接还原铁资源尚未达到足

够丰富的情况下,考虑到成本压力,电弧炉配加铁水工艺将在一定时期内存在。

2.4 节能减排技术

节能减排技术是未来我国电弧炉冶炼工艺发展的主要方向。随着我国节能环保要求的不断提高及规范管理的不断加强,电弧炉冶炼工艺需要不断开发完善新型节能环保技术,如电弧炉烟气的回收利用,除尘设备的技术升级等。目前我国已有企业成功回收利用电弧炉余热产生蒸汽,并不断完善装备技术水平,回收蒸汽供给真空精炼装置,对于整个生产流程的节能降耗起到促进作用,值得借鉴和推广。

3 结语

目前我国电炉钢生产工艺已取得很大进步,近年来电炉钢产量不断增加,技术装备水平快速提高,但是电炉钢生产工艺仍然存在一些问题需要解决。随着社会工业化进程的发展,钢铁蓄积量的不断增加,直接还原铁技术的进步,电弧炉炼钢技术的不断完善和发展以及电弧炉流程的结构优化,电弧炉炼钢的市场竞争力将不断增强,未来电弧炉炼钢的优势将会逐步凸现。同时,随着我国政府对节能减排管理制度的逐步加强,会促使废钢-电弧炉流程和铁水-转炉流程冶炼工艺互相渗透,并存发展,直至在最佳点上达到平衡。

参考文献

- 1 徐匡迪,洪新. 电炉短流程回顾和发展中的若干问题. 中国电炉流程与工程技术研讨会文集,2005
- 2 傅杰,柴毅忠,毛新平. 中国电炉炼钢问题. 钢铁,2007,42(12):1
- 3 秦勇,李翔. 电炉流程低氮钢生产技术研究. 2006年全国炼钢、连铸生产技术会议文集,2006
- 4 张露,孙开明,宋嘉鹏. 150吨电弧炉的技术进步. 2006年全国炼钢、连铸生产技术会议文集,2006
- 5 李广亮. 对舞钢90 t电弧炉的技术改造. 中国电炉流程与工程技术研讨会文集,2005
- 6 Fanutti Giuliano. Consteel 电弧炉和铁水炉料. 第四届中国国际钢铁大会技术交流会,2006
- 7 李洪勇,柴建铭,姚娜. 石横特钢65 t Consteel 电弧炉铁水热装的节能实践. 特殊钢,2005,26(2):58
- 8 毛新平,庄汉洲,李春艳,等. 珠钢150 t EAF-LF-CSP 工艺 X60 管线钢的开发. 特殊钢,2006,27(4):45
- 9 朱荣,王新江,牛重军,等. 安钢100 t 竖式电弧炉高热装铁水比的工艺实践. 特殊钢,2008,29(1):40

李 晓(1982-),女,工程师,2006年北京科技大学毕业,钢铁规划及炼钢工艺、能源环保研究。

收稿日期:2008-09-01