

文章编号:1003-8345(2004)05-0037-04

## 焦炭性能对冲天炉铁液质量的影响

蔡教战

(柳州第二空压机总厂,广西 柳州 545005)

**摘要:**在分析铸造焦与冶金焦不同点的基础上,着重论述了焦炭性能,如灰分、块度、强度、水分、硫分以及反应性和气孔率等对冲天炉铁液质量的影响。

**关键词:**焦炭性能;铁液质量;冲天炉;铸造焦;冶金焦

**中图分类号:**TG223;TG232.1 **文献标识码:**A

### Influences of Coke Properties on Cupola Metal Quality

CAI Jiao-zhan

(Liuzhou No.2 Air Compressor General Works, Liuzhou 545005, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing the difference between foundry coke and metallurgical coke, the influences of the properties of the coke, such as ash content, size, strength, moisture, sulphur content, reaction ability and porosity rate, on quality of cupola metal was described.

**Key words:** coke properties; quality of molten iron; cupola; foundry coke; metallurgical coke

我国的冲天炉数量已超过1万台<sup>[1]</sup>,担负着80%以上的铸铁件熔炼任务。目前由于价格和认识上的原因,许多冲天炉仍在使用质量差别较大的冶金焦和地方焦,致使熔炼的铁液质量不高。

高炉炼铁和冲天炉熔炼是两个性质截然不同的冶金过程<sup>[2]</sup>。高炉用焦,一是作为铁矿石的还原剂,二是作为将铁熔化成铁液的热源。而冲天炉用焦,还原剂的作用不存在了,主要是供给铸铁熔化的铁液过热的热量,同时也使铁液渗碳,造渣和承担炉内的床层进风。

铸铁在冲天炉内的熔炼过程,实际上是金属料的重熔过程,这一过程所需的大量热能和高温

靠焦炭燃烧提供。因此,焦炭质量的优劣将对冲天炉的铁液质量起决定作用。本文就近年来国内外有关这方面的理论研究和生产实践以及笔者的部分试验工作,作一简要论述。

### 1 灰分的影响

焦炭的发热量与灰分的直接关系为:

$$Q = 8000(1-A)$$

式中: $Q$ ——焦炭发热量,kcal/kg (1 kcal = 4.1868×10<sup>3</sup>J);

$A$ ——焦炭中灰分含量,%。

灰分不仅降低了焦炭的固定碳含量,降低了焦炭的发热量,而且熔化灰分还要消耗一部分热量。此外,灰分还影响风口前区的燃烧,需增大熔剂量和送风速度,以及影响铁液与焦炭间的热交换和冶金反应。

收稿日期:2004-04-30

作者简介:蔡教战(1938-),男,广西鹿寨人,教授级高工,全国铸造信息网特聘专家,柳州市铸造学会理事长,研究方向:冲天炉熔炼、铸造工艺及材料等。

地脚及机壳中截取加工成 $\phi 8 \times 70$ 的力学性能试棒,做力学性试验。根据200炉次的试验,抗拉强度和硬度几乎不随铸件的壁厚而变化,硬度大于230 HBS,抗拉强度大于350 MPa。

### 参 考 文 献

- [1]陶令桓.铸造手册(铸铁)[M].北京:机械工业出版社,1993:243.
- [2]陶令桓.铸造手册(铸铁)[M].北京:机械工业出版社,1993:244.
- [3]陶令桓.铸造手册(铸铁)[M].北京:机械工业出版社,1993:205.

国外的试验表明<sup>[3]</sup>:焦炭灰分每增1%,在双排进风操作中,铁液温度降低5℃;而在单排进风操作中,下降7℃。国内在铸造焦试验中得出的结论是<sup>[4]</sup>:灰分每减少1%,铁液温度约提高10℃。在笔者的冲天炉除湿送风的试验中表明<sup>[5]</sup>,当焦炭灰分增5%左右时,不除湿时,铁液最高温度降低30~50℃,平均温度降低30℃,除湿后铁液最高温度下降30~40℃,平均温度下降18℃。

由上可见,不管何种冲天炉,其铁液温度均随焦炭中灰分含量的增加而降低的结论是一致的。只是由于各种冲天炉结构和操作工艺等方面的不同,而使得铁液温度下降的幅度不同而已。

在实际生产中,最令人头疼的是焦炭灰分的不稳定。因为这将会使铁液温度和增碳出现不可控制的波动,导致铸件产生缺陷。

一些工业发达国家,如美国、德国、日本等把降低焦炭灰分作为提高铸造焦质量的一个重要手段。国内外的铸造焦标准,均是以灰分含量的多少作为主要依据来划分等级的。

## 2 块度的影响

日本曾对焦炭的形状进行过研究<sup>[3]</sup>,认为近似球状的粗块焦炭,比细长有棱角的柱状焦炭在炉内容易下降,透气阻力小、炉况稳定。用球状粗块焦投炉,比用有棱角的柱状焦熔化率提高15%,铸件废品率也有所下降。

英国的R Cairns将不同块度的焦炭用于冲天炉熔炼,并进行了实用和技术经济方面的探讨。结论是:焦炭块度每减少10 mm,铁液温度将下降4℃<sup>[3]</sup>。

我国沈阳铸造研究所和湖南省机械研究所曾分别做了不同的焦炭块度的熔炼试验,结果表明,不同大小的炉子都有其相应的最佳焦炭块度:中小型炉子为平均炉内径的1/6~1/10,大型炉为1/10~1/12<sup>[4]</sup>。

北京焦化厂曾结合生产进行了“焦炭块度对冲天炉熔炼的影响”的系统试验,得出如下结论<sup>[6]</sup>:

(1)焦炭块度的大小应与冲天炉内径大小相适应。试验中所用焦炭块度分为4个级别,即:30~50 mm, 50~70 mm, 70~90 mm, 90~110 mm。冲天炉内径为600 mm,结果以50~70 mm组的焦炭(即冲天炉内径的1/9~1/12)效果最好。焦块过小,会直接影响焦炭的燃烧,使氧化带过分缩短,

扩大了还原区。焦炭块度越小,单位质量焦炭的表面积越大,燃烧效率越低,CO<sub>2</sub>与C之间的气化反应加剧,导致废气潜热损失增加。另外,过小的焦炭还会增加送风阻力,使风不易吹到炉子中心,造成中心燃烧恶化,增加焦耗,降低铁液温度。反之,焦炭块度大,则其表面积小,可抑制CO<sub>2</sub>的还原反应,同时使燃烧比增大。因此,在正常情况下,随着焦炭块度的增大,铁液温度呈上升趋势。但是,过大的焦炭块度将使燃烧不集中,炉气上升缓慢,风口附近冷区加大,反而造成铁液温度下降。

(2)焦炭块度的均匀性对熔炼过程的影响也很大,试验中,在用块度不均匀的焦炭(>80 mm占25%, 60~80 mm占40%, 40~60 mm占20%, <40 mm占15%)时,铁液温度仅为1 328.6℃,熔化率为2.37 t/h,而全部用50~70 mm的焦炭时,铁液温度可达1 390.6℃,熔化率为2.72 t/h,分别提高了4.7%和14.8%。

## 3 强度的影响

对焦炭本身而言,有抗压、抗磨损和抗冲击三种强度。

计算表明,冲天炉炉底所承受的压力为(4.9~9.8)×10<sup>4</sup> Pa,而用于铸造的焦炭,其抗压强度一般为(1 176~1 470)×10<sup>4</sup> Pa。因此,焦炭的抗压强度在常温下是足够的。但在实际生产中,焦炭要在冲天炉内1 500℃左右的高温下工作,其抗压强度将直接影响冲天炉的整个熔化过程。

对于抗磨及抗冲击强度的要求,铸造焦和冶金焦不同。高炉炉身的有效高度为20~30 m,焦炭在炉内的停留时间长达10 h以上,在随矿石、熔剂和其他材料的下降过程中,焦炭始终受到巨大的摩擦破坏作用。因此,高炉用焦要求有更高的抗磨强度。而冲天炉的炉身有效高度一般只有4~6 m,炉料在炉内的停留时间只有30~40 min,对抗磨的要求较低,但焦炭在冲天炉内受到加料时铁料的冲击作用,故应有较高的抗冲击强度。

强度高的焦炭具有下列优点:

(1)减少焦炭在运输过程中的破损,提高焦炭利用率。

(2)减少投炉和在冲天炉内的破碎,保持焦炭的块度和均匀度。

(3)有利于底焦燃烧,保持炉况稳定。

(4) 提高铁液温度和冲天炉的热效率。

文献[3]指出,提高焦炭落下强度可明显提高铁液温度,如图1所示。

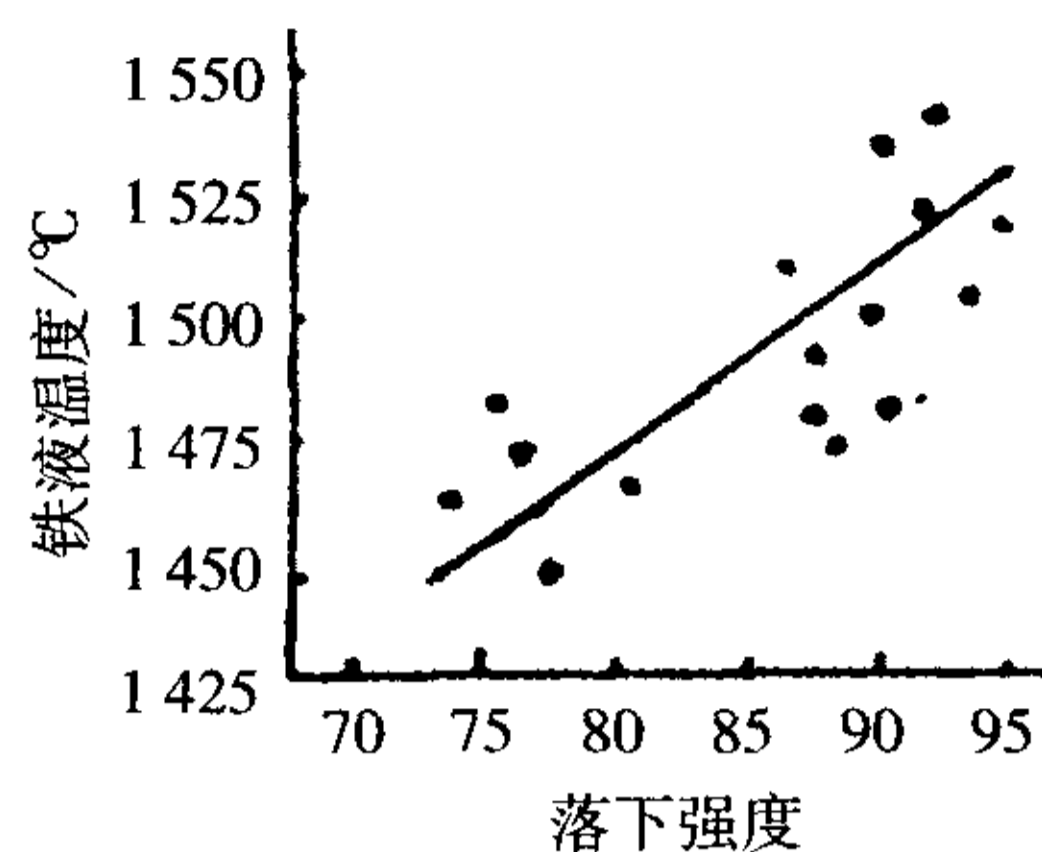


图1 焦炭强度与铁液温度的关系

Fig.1 Relationship between metal temperature and coke strength

目前,美、英、日等国,大都以落下强度作为焦炭的强度指标,而德国的研究工作者认为,用较高的米库姆转鼓指数,如M80、M100能更好地反映出抗碎性能。国内各焦化厂一般都用米库姆试验来测定焦炭的强度。

由于冲天炉所用的焦炭主要是受冲击破坏,焦炭强度的测定应该用落下试验为好。转鼓试验的M40指标,主要是反映焦炭的裂纹情况,并不能正确反映焦炭强度。M40值高只是说明焦炭的裂纹小。因此,在我国铸造焦的现行标准中,用M40来作强度指标是值得商榷的。

#### 4 水分、硫分和挥发分的影响

水分过高或过低均对冲天炉不利。但含水量多少合适,至今未有统一数字。前苏联有人主张,焦炭水分以7%为宜,而日本人则认为水分5%的焦炭最合适,我国铸造工作者希望焦炭水分不高于4%<sup>[7,8]</sup>。

实际上,在焦炭所有的性能指标中,水分最难控制。为计价方便,焦炭生产厂仅控制焦炭水分上限以便出厂。焦炭在从生产厂到用户的过程中,水分变化很大。因此,要严格控制投炉焦炭的水分含量,对大多数铸造厂而言比较困难。过多的水分在炉内蒸发,不仅吸收大量的热,而且还会增加铁液的含气量和氧化程度,大大恶化熔炼过程,降低铁液质量。

硫是铸件中的有害元素,必须严格控制。铸件中的硫,除了由各种金属炉料本身带入外,焦炭中

约有35%的硫将转入到铁液中,其关系式如下:

$$S_{\text{铁液}} = 0.75 S_{\text{炉料}} + \alpha \beta S_{\text{焦炭}}$$

式中:  $S_{\text{铁液}}$ ——铁液含硫量;

$S_{\text{炉料}}$ ——金属炉料含硫量;

$S_{\text{焦炭}}$ ——焦炭含硫量;

$\alpha$ ——吸收系数,取0.35;

$\beta$ ——焦炭用量,%。

因此,铸造行业希望焦炭中的硫分越低越好。

焦炭中的挥发分主要是指炭化过程中残留的挥发性物质。

焦炭中挥发分含量与固定碳含量成反比,挥发分是焦炭成熟度的一个指标。焦炭挥发分含量高,表示焦炭不熟,强度低,块度小。另外,挥发分中主要是 $H_2$ 和 $CH_4$ ,着火温度为 $500\sim 700\text{ }^\circ\text{C}$ ,主要在冲天炉装料口附近燃烧,对预热炉料无益,且恶化操作条件。另外,随着挥发物的析出,焦炭气孔率增大,反应表面及反应能力也随之加大,对熔炼过程带来不利影响。

因此,作为铸造用焦,对于挥发分应加以限制,一些工业发达国家的铸造焦要求挥发分小于1%,我国国家标准规定挥发分小于1.5%。

#### 5 反应性和气孔率的影响

焦炭的反应性是指在高温下,焦炭中的碳与二氧化碳的气化反应能力,即: $CO_2 + C = 2CO$ 。此反应为吸热反应并消耗大量焦炭。因此,冲天炉炉气中排出的CO越高,焦炭的潜热损失越大。

当冲天炉使用小块焦时,由于单位质量焦炭的表面积增大, $CO_2$ 和C之间的气化反应加剧,导致废气的潜热损失增加。另外,随着焦炭灰分中碱含量的增加,气化反应呈直线上升。

为研究焦炭反应性对冲天炉熔炼的影响,各国铸造工作者近年来做了大量的试验研究工作,由于试验结果不同,导致意见不一。

美国铸造工作者协会曾进行过8次熔炼试验,定量考察焦炭的反应性对冲天炉熔炼效能的影响。试验表明,焦炭反应能力低时,焦炭燃烧所产生的热量较多,但多出的热量仅仅影响炉气温度;不管反应性高低,对铁液温度和熔化率均无明显影响。

加拿大A B Draper等人对30座不同容量冲天炉的热效率进行研究后发现,其中熔炼效率最

低的是两座用高反应性焦炭作燃料的冲天炉<sup>[3]</sup>。

我国也进行过类似的试验研究工作。比较一致的观点是:焦炭反应性的高低,对炉温和炉内气体中 CO 含量有很大的影响。当焦炭反应性低时,炉内温度高,而且第二排风口上方的炉气中,CO 含量也较低。华中科技大学用不同反应性的焦炭所作的熔炼对比试验表明,低反应性的焦炭对提高铁液温度是有利的。

焦炭气孔率是指焦炭气孔所占的体积与焦块体积之比。可借测得的假密度与真密度的值来求得,即:

$$\text{气孔率} = (1 - \text{假密度} / \text{真密度}) \times 100\%$$

焦炭气孔率对铁液温度有着明显的影响。由图 2 可见,铁液温度随着气孔率的增大而降低。

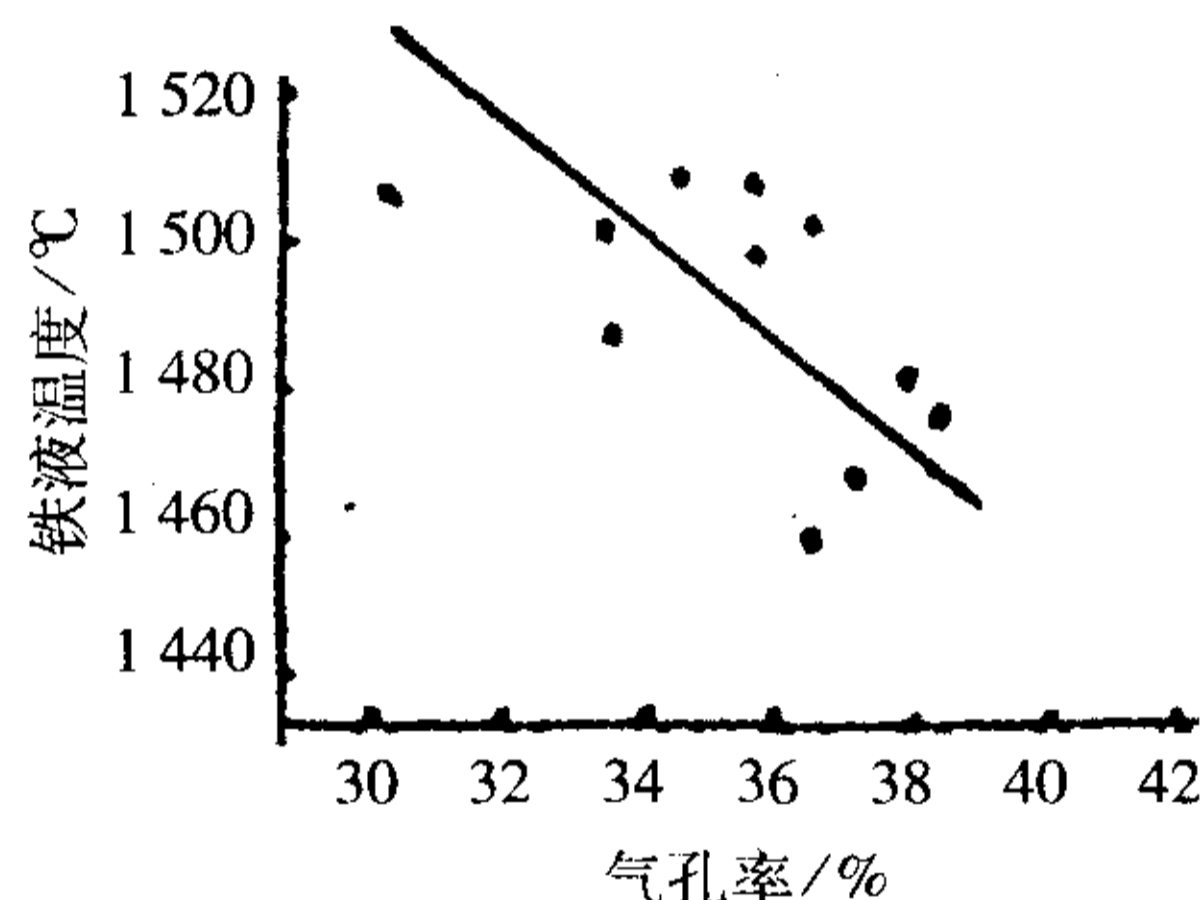


图 2 焦炭气孔率和铁液温度的关系

Fig.2 Relationship between metal temperature and porosity rate of coke

由于焦炭是多孔体,二氧化碳和焦炭的气化反应可以在焦炭表面或内部进行。因此,气孔率对冲天炉熔炼的影响作用与气孔组织的密度、气孔的大小、形状、分布以及孔壁的厚薄有关。日本铸造用焦的气孔率为 25%~40%,欧美国家为 45%~52%。在我国的铸造焦国家标准中,气孔率小于 45%。

## 6 结语

(1) 焦炭性能对冲天炉铁液质量的影响很大。铸造焦与冶金焦是两种要求不同的焦炭,因此,即使是优质的冶金焦也不能成为好的铸造焦。

(2) 在实际生产中,我们不仅要注意焦炭的固定碳、灰分、硫分、挥发分、水分等化学成分方面的性能,同时还应该掌握焦炭的合适块度、高的强度以及低的反应性和气孔率等方面的物理化学性能。

## 参 考 文 献

- [1]宋强.全面提高冲天炉技术,创铸铁件产业新辉煌[J].铸造设备研究,2000,(6):1~6.
- [2]中国机械工程学会铸造分会.铸造手册(第1卷)铸铁第2版[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [3]Cairns(英).铸造焦技术国外资料汇编[M].钱湛芬译.北京:机械工业出版社,1987.
- [4]刘幼华.近年来国内冲天炉发展中若干问题的探讨[J].球铁,1989,(3):1~5.
- [5]蔡教战.冲天炉冷冻除湿送风技术的试验及应用[J].铸造技术,1994,(增刊):40~42.
- [6]钱燮祥.焦炭块度对冲天炉熔炼的影响[J].北京焦化,1983.
- [7]刘幼华.冲天炉手册[M].北京:机械工业出版社,1990.
- [8]周继扬.冲天炉问答[M].北京:机械工业出版社,1995.

## 我国已成全球最大铜消费国

2003年,我国铜消费量增加24%,今年预计将继续增长15%。我国已超过美国,成为全球最大的铜消费国。国际铜业研究组织 International Copper Study Group ICSG 在 2004 年~2005 年铜市展望报告中称,今明两年铜需求增长速度仍将超过产量增长速度。5月,该组织预计全球精铜市场供给缺口大约为 75 万吨。报告称,该缺口明年将降至大约 52.1 万吨。

供给缺口大小基本取决于我国经济增长以及政府的降温举措力度如何。

## 国产铸机出口澳大利亚

日前,由青岛铸造机械集团公司生产的 3 台 3TN 抛丸清理机出口澳大利亚。

为了满足澳大利亚客户的要求,该公司对原 3TN 抛丸清理机进行了改进与完善,使它的安全性能更加完好,外观更加漂亮。

青岛铸造机械集团公司董事长、总经理董志强认为,我国抛丸清理设备已具备一定的水平,完全可以更多地走出国门。青岛铸机要瞄准国外市场,千方百计扩大出口,把企业做大做强。(吴浩)