

气体渗碳炉气碳势的测量与控制*

黄晓峰

(盐城工学院机械工程系, 江苏 盐城 224003)

摘 要 渗碳零件质量的好坏取决于表面的碳浓度和渗碳深度, 而零件表面碳浓度又取决于炉气碳势。分析了零件气体渗碳处理中的炉气碳势测量原理, 提出用测氧传感器测量碳势及碳势的自动化控制方法。

关键词 气体渗碳; 碳势; 控制

分类号 TG156

文献标识码 A

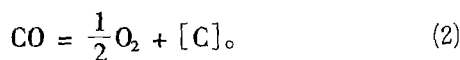
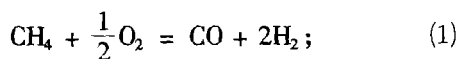
文章编号 1008-5092(2000)02-0053-03

气体渗碳是机械行业中应用比较广泛的化学热处理方法之一。经过渗碳处理的零件表面具有高硬度、高耐磨性, 而心部却保持良好的塑性和韧性。渗碳零件质量的好坏取决于表面的碳浓度和渗碳深度。然而在企业生产中, 一般都是凭经验判段和检查试棒来控制渗碳工艺过程。渗碳零件表面往往碳浓度波动大, 在表层组织中经常产生大量有害碳化物, 大大降低了零件的使用寿命, 严重影响了产品质量和生产效益。渗碳零件表面碳浓度取决于炉气碳势, 因此如何精确测量和控制渗碳过程中的炉气是迫切需要解决的问题。随着技术的进步, 采用露点仪或红外线 CO_2 气体分析仪测定并控制碳势的方法已获得工业上的广泛应用。近年来, 氧探头的出现给气体渗碳处理带来了一场技术革命, 它对碳势变动的灵敏度高, 响应时间短, 而且探头通过炉壁直接插入炉气中, 克服了红外线 CO_2 分析仪必须从炉气中取出气样才能进行分析和测量的弊端, 减少了误差, 提高了反应速度, 并和计算机结合实现对炉气的自动控制。本文以煤油作渗剂, 对碳势测定原理、方法和计算机控制碳势作简要分析。

1 碳势控制原理

所谓碳势是指一定温度和炉气成分条件下, 钢在奥氏体状态下与炉气成分间达到平衡时的碳浓度。该量值是气氛的特征, 也是钢的特征, 而且

只有在系统处于平衡状态时才有意义^[1]。当用煤油作渗剂时, 其裂解产物主要为甲烷(CH_4), 在高温下产生下列反应:



$[\text{C}]$ 是产生的活性碳原子, 这些活性碳原子吸附于钢件表面, 逐渐溶于奥氏体并向内层扩散。

式(2)反应的平衡常数为:

$$K_2 = \frac{[P_{\text{O}_2}]^{\frac{1}{2}}}{P_{\text{CO}}} \cdot a_{\text{C}} \quad (3)$$

式中: P_{O_2} 、 P_{CO} ——炉气中的 O_2 、 CO 的分压;

a_{C} ——碳的活度, 它与碳浓度有关, 其近似值为:

$$a_{\text{C}} = \frac{C_{\text{p}}}{C_{\text{sat}}} \quad (4)$$

式中: C_{p} ——溶于奥氏体中的碳浓度, 当 C_{p} 达到平衡时, 即为碳势;

C_{sat} ——奥氏体饱和碳浓度。

由(3)、(4)式得:

$$C_{\text{p}} = K_2 \cdot C_{\text{sat}} \cdot \frac{[P_{\infty}]}{[P_{\text{O}_2}]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

在炉温和渗剂种类一定的情况下, 平衡常数 K_2 和奥氏体饱和碳浓度 C_{sat} 均为定值, 当炉气中

* 收稿日期: 1999-10-13

作者简介: 黄晓峰(1973-), 男, 江苏东台市人, 助教。

P_{∞} 变化不大时也可以认为是一常量。则(5)式可改写为:

$$C_p = \frac{K}{[p_{O_2}]^{\frac{1}{2}}} \quad (6)$$

由(6)式知,炉气碳势与氧含量成反比,因此,测定和控制氧含量,就能控制碳势。这就是氧探头测量和控制碳势的理论基础。

2 碳势的测定

炉气中的氧含量是用氧探头测定的,其结构如图 1 所示。该传感器由两个铂电极和氧化锆电解质组成。测量时,探头外侧与炉气接触,内侧通入参比空气,空气比被测气体的氧分压高得多,其中在氧分压低的一侧(被测气)氧离子放出电子成为分子态氧,而氧分压高的一侧(空气)氧原子得到电子成为氧离子,所以在两铂电极上产生电势。

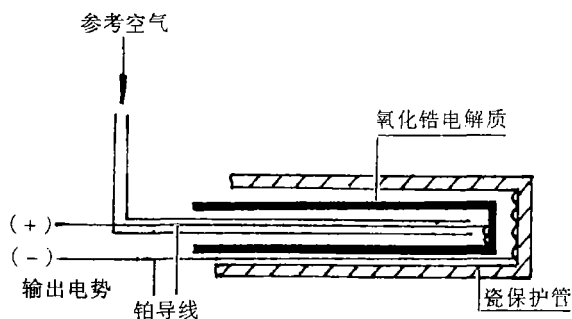


图 1 氧探头结构图

Fig. 1 Figure of structure of oxygen sensor

根据热力学公式有^[4]:

$$E = 4.96 \times 10^{-2} T \lg \frac{[P_{O_2}]}{[P_{O_2}]}, \quad (7)$$

式中: E ——氧探头输出电势(mv);

T ——温度(K);

P_{O_2} ——气中氧分压,其值约为 0.21;

P_{O_2} ——炉气中的氧分压。

将 P_{O_2} 的值代入(7)式,再由(6)、(7)式得:

$$C_p = K \cdot \left[\frac{E}{\frac{100.0496T}{0.21}} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

由(8)式知,在温度一定时,炉气碳势和氧探头输出电势成正比,可用现场测定的方法,将低碳钢箔放入炉内渗碳,达到平衡后,测出不同温度下的含碳量即碳势和电势值的对应关系,图 2 为 860℃和 920℃碳势和电势值的对应关系曲线。当渗剂改变时,它们的对应关系也发生变化。

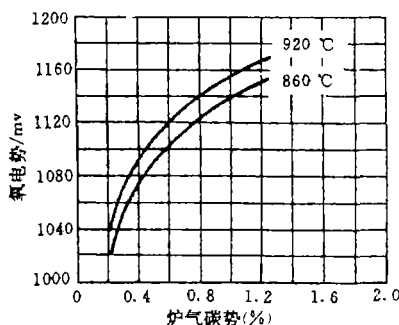


图 2 炉气碳势与氧电势、温度的关系(渗剂:煤油)

Fig. 2 Relationship of stove gas carbon tendency, oxygen electromotive and temperature

3 碳势控制

炉气碳势控制量是可控气氛渗碳的关键控制参数,碳势控制精度决定了工件表面含碳量的精度。由(1)式知向炉内滴入一定量的煤油将消耗一部分氧,而(2)式的反应不断生成氧。二者相互抵消,使炉内氧含量达到平衡,此时炉气碳势保持不变。如果增加煤油滴量,炉内氧含量下降,由(6)式知炉气碳势则随之升高。要使气氛恢复到原来碳势则必须减少滴油量。

由此可见,煤油滴量的大小直接影响炉内氧含量的高低,从而改变碳势的值。因此,在渗碳过程中通过控制煤油滴量来控制碳势。由于渗碳气氛中氧含量非常低,约为 $10^{-17}\%$ 氧。因此,炉气氧含量只要煤油滴量增减稍有变化,氧探头输出电势就会有较大响应,也就是说探头输出电势对煤油滴量十分敏感。控制碳势精度一般可达 $\pm 0.05\%$ C。根据这一特性,氧探头和计算机相结合实现对碳势的自动控制^[2]。即建立碳势控制数学模型,控制时只需输入工件成分和设计要求,计算机对整个工艺过程进行连续监测和数学模型在线运算,计算碳势控制设定值并与氧探头测出电势值计算出来的碳势瞬时值比较,输出控制信号给执行机构,调节渗剂的滴入量,实现对碳势的动态控制。其控制程序框图如图 3 所示^[3]。其中 C_g 是炉内气氛的碳势, C_s 是零件表面的碳浓度。

为了使渗碳零件获得所需的碳浓度,同时又尽可能缩短渗碳时间,在强渗、扩散、降温三个阶段采用不同的碳势值。例如在对材料为 20CrMnTi 齿轮进行渗碳,渗层要求为 0.1~1.3 mm 时,三个阶段的碳势分别取 1.15% C、0.9% C 和 0.75% C。其渗碳工艺曲线如图 4 所示。

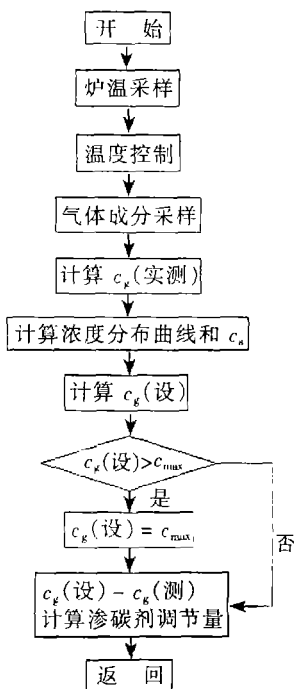


图3 动态碳势控制程序框图

Fig.3 Framework of dynamic carbon tendency control program

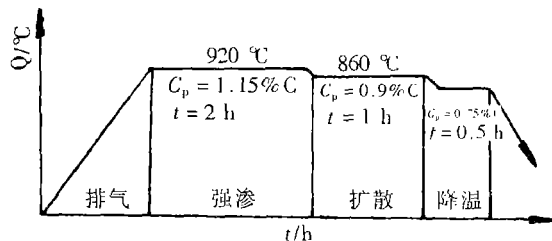


图4 20CrMnTi 渗碳工艺曲线

Fig.4 Processing Curve of 20CrMnTi carburizing

在强渗、扩散、降温阶段通过计算机控制执行机构调节煤油滴量,将碳势控制在设定值。渗碳处理后,检验出齿轮表面含碳量为 0.75%。

4 结束语

氧探头精确测量和计算机实时控制碳势能获得优良的渗碳层,对提高渗碳零件的质量,提高经济效益十分显著,具有较高的经济价值。

参 考 文 献

- 1 王振清. 炉内气氛及计算机测控应用[M]. 北京:航空航天大学出版社,1995.
- 2 顾百揆. 微型计算机在热处理中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
- 3 夏国华. 现代化热处理技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1996.
- 4 杨世璇. 滴注式可控气氛热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1991.

On Measurement And Contuol of Gas Carburizing And Carbon Tendency

Huang xiaofeng

(Department of Mechanic Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

Abstract The quality of curburing works depends on its surface carbon density and the degree of carburizing while carbon density depends on carbon tendency of stove gas , this article analyzes the measurement principle of stove gas carbon tendency when gas carburizing being handled, proposes using oxygen sensor to measure carbon tendency and its automatic control.

Keywords gas carburizing; oxygen sensor; carbon tendency