

深层渗碳对热处理设备的要求

南京高精齿轮股份有限公司 (210012) 袁家祥 刘 臻 汪正兵 钮堂松 朱百智

【提要】 近年来, 深层渗碳在大模数齿轮热处理中已经得到越来越广泛的应用。但因深层渗碳在高温状态下和高碳势气氛中时间较长, 在热处理过程中, 对设备也必须提出更高的要求。本文通过理论分析并配合具体试验数据较为明确地阐述了深层渗碳对热处理设备的一些具体要求。

自 20 世纪 80 年代以来, 某公司先后从国外引进多台世界先进的热处理设备, 从而使该公司多年来在齿轮的深层渗碳中一直处于国内领先的地位。

本文着重从温度的控制方式、碳势的控制方式及氮-甲醇气氛在深层渗碳中的应用等三个方面介绍深层渗碳对热处理设备的要求。

一、温度的控制方式

1. 观点

长久以来, 国内生产的井式气体渗碳炉 (典型的如 75kW、105kW 等井式气体渗碳炉) 均是采用炉外控温的方式实现对炉内温度的控制。而在欧洲, 早在 20 世纪 80 年代就已经大量运用了一种更为合理的温度控制方式, 即炉内主控方式。下面简要介绍炉内主控方式与炉外控温方式的区别, 以及实现炉内主控对深层渗碳时渗碳质量的影响。

炉内主控是指通过合理的数学模型, 以炉盖热电偶检测到的温度与目标温度之间的差值来实现对各个加热区的功率自动调节, 从而控制炉膛温度的一种温度控制方式。

这种控制方式的优点是可以更精确地控制炉膛温度, 减小炉温的偏差, 并可以显著提高炉温的可靠性。

以往的观点认为, 当达到热平衡后, 炉膛内外存在着一个固定的温差, 即:

$$T_{\text{内}} = T_{\text{外}} - \Delta T \quad (1)$$

式中

$T_{\text{内}}$ ——炉膛内的温度;

$T_{\text{外}}$ ——炉膛外的温度;

ΔT ——恒定的温度差值。

根据这个观点, 采用炉外控温的方式。当炉膛外的温度为一个定值的时候, 炉膛内的温度也应该是个定值。例如, 假设炉膛内外的偏差 ΔT 为 20℃, 我们要在 930℃ (即 $T_{\text{内}} = 930^\circ\text{C}$) 渗碳时, 只需要控制炉外的温度 ($T_{\text{外}}$) 为 950℃即可。我们认为这种观点是不切实际的。

实践证明, 炉膛内外的温差是随着保温时间的延长而不断变化着的, 即公式 (1) 中的 ΔT 是保温时间的函数:

$$\Delta T = f(t_{\text{保}}) \quad (2)$$

该函数具体的公式尚待进一步推理和大量的试验论证, 本文不作具体阐述。

根据这种推论, 我们可以预知, 随着保温时间的推移, 炉内外的温差在不断地变化着, 控制炉外的温度已无法保证炉内温度的偏差在工艺要求的范围内。因此, 可能造成渗碳时炉温过高, 奥氏体晶粒长大, 工件淬火后马氏体组织粗大, 从而影响工件的性能。

炉内控温是对炉盖热电偶检测到的温度与加热区热电偶检测到的温度之间的差值直接进行控制, 所以不存在公式 (1) 中 ΔT 随保温时间的延长发生变化而影响对炉内温度偏差的控制。

采用炉盖主控方式控制炉温的另一个优点就是能显著提高设备运行过程中的可靠性。这主要表现在: 当某个加热区的热电偶有较大偏差或损坏时, 可以通过仪表显示的各个加热区与主控热电偶之间的温度偏差而直接

来判断。而对于炉外控温，常常需要在校温或根据升温速度的快慢等现象来判断，这不但需要丰富的实践经验，而且不能做到及时发现问题。

2. 试验

控制方式 \ 到温后时间/h	炉内实际温度/℃							
	到温后 0.5	到温后 1	到温后 10	到温后 30	到温后 50	到温后 100	到温后 150	到温后 180
炉内主控	928	930	930	929	931	930	931	929
炉外主控	922	929	933	937	939	941	943	944

注：1. 工艺要求温度 930℃，仪表精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；2. 测量用热电偶达到国产工业二级标准；3. 本工艺过程是空炉从室温升温至 930℃；4. 温度检测采用的是高灵敏度电子电位差计；5. 炉外控温调试时，为了保证炉膛内温度达到工艺温度 930℃，我们设定加热区温度为 950℃。

从表中不难看出，采用炉内控制方式的设备，其炉内温度和工艺要求的温度相差无几，并和保温时间长短无关，温度偏差基本上控制在 $\pm 3^\circ\text{C}$ ；而采用炉外控温方式的设备，当保温时间足够长以后，随着 ΔT 的不断减小，炉内温度与工艺要求温度的偏差越来越大。

同时，我们从上表中也可以看出，随着保温时间的延长，炉膛内的温度越来越接近加热区设定温度。因此，采用炉外控温时，假设使用 930℃ 渗碳（即工艺温度为 930℃），常常设定温度为 930℃（即加热区温度为 930℃）。这种情况可能导致的结果是，炉膛内的温度在很长时间内均处在 930℃ 以下，而只有当时间足够长以后，随着 ΔT 的减小，炉内温度才趋向于工艺温度。这在实际生产中主要表现为：① 渗碳温度偏低，导致渗碳速度偏慢，不利于深层渗碳。② 温度偏差较大，渗碳速度可控性差，最终导致渗碳层深偏差大。

二、碳势的控制方式

1. 观点

通常的渗碳设备往往是依靠控制电磁阀的通断干预富化剂的滴入或停止来实现对渗碳碳势的调节，这里把这种碳势控制方式称之为通断控制碳势。

因为碳势的形成需要一个过程，而这个过程往往造成碳势调节的延时。所以，采用这种调节方式极易造成碳势在一定时间内过冲或过低，影响渗碳质量。

本文要介绍的是一种目前在国外已经应用相当普遍的碳势控制方法，这里称之为连续控制碳势。

连续控制碳势包括两个方面：一是通过比例阀的连

续调节来实现富化剂的按不同比例连续滴入；二是通过比例阀的连续调节来实现空气的按不同比例连续打入。

下面附表是该公司采用不同控温方式的两台同类型设备的调试数据。

续调节来实现富化剂的按不同比例连续滴入；二是通过比例阀的连续调节来实现空气的按不同比例连续打入。

这种碳势控制方式可以有效地避免通断控制碳势所造成的碳势过冲或过低现象，从而保证炉内碳势的偏差在相当小的范围内。

实践证明，采用连续碳势控制的大型渗碳设备，碳势偏差可以控制在 $\pm 0.02\% \text{Cp}$ 。

2. 试验

下面是在某大型齿轮制造公司热处理分厂所做的试验：

试样材质：20CrMnMoA 材料圆形试样；

试样尺寸： $\phi 20\text{mm} \times 50\text{mm}$ ；

装炉方式：随工件入炉；

目标层深：6.0mm (550HV)；

采用工艺：930℃ 强渗 115h ($\text{C}_s = 1.20\%$) + 扩散 35h ($\text{C}_s = 0.85\%$) + 660℃ 回火 + 850℃ 淬火 + 200℃ 回火。

选用设备 1：德国进口井式气体渗碳炉；

碳势控制方式：连续碳势控制；

结果层深：6.1mm (550HV)；

金相组织：碳化物呈弥散分布的颗粒状（见图 1）。

选用设备 2：国产井式气体渗碳炉；

碳势控制方式：通断碳势控制；

结果层深：6.3mm (550HV)；

金相组织：碳化物呈连续分布的网状（见图 2）。

试验表明，在同等试验条件下，采用通断碳势控制

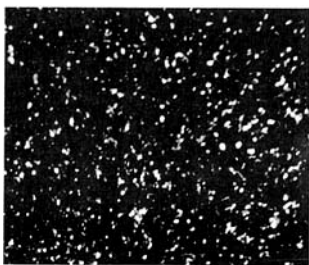


图1 连续碳势控制下的碳化物
(距表面 0.5mm, 400×)

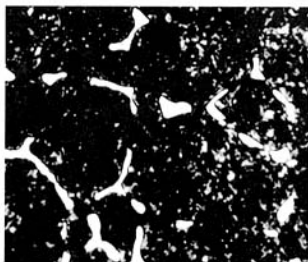


图2 通断碳势控制下的碳化物
(距表面 0.5mm, 400×)

方式的设备2较采用连续碳势控制的设备1渗碳淬火后的碳化物组织形态差。

三、氮-甲醇气氛在深层渗碳中的应用

1. 观点

相对于其他吸热性气氛来说,氮-甲醇气氛除了可以均匀炉内碳势外,还因其具有较高的安全性和良好的防晶界氧化能力而逐渐被更多的热处理厂家所接受和重视。

这里介绍氮-甲醇气氛在深层渗碳中的特殊应用,即让该气氛中的CO参与碳势的计算。

这种控制方法的特点是使用氧探头或L—探头控制碳势,CO参与计算,从而达到碳势控制的最佳效果。

因为运用了氮-甲醇气氛中的CO来参与计算,所以气氛中的CO的百分含量对碳势的稳定起到了尤为重要的作用。而在氮-甲醇气氛中,CO的百分含量取决于氮气和甲醇裂解气各自所占的百分比。在以往的资料中,推荐的最佳氮气与甲醇分解产物的比例为:40%氮气+60%甲醇裂解气。但实践证明,在使用CO参与计算的方法控制碳势时,上述推荐的最佳比例已不再使用。具体的比例方案应根据设备的具体情况而定,这里不作说明。

2. 试验

为了进一步证明采用CO参与计算的方法控制碳势的优越性,某公司做了以下试验。

选用设备:某公司大型井式气体渗碳炉。

设备说明:采用氮-甲醇气氛,异丙醇作为富化剂,红外分析仪检测炉内CO百分含量,L—探头控制碳势。

试验方法:通过钢箔测定两种状况下(即CO参与或不参与计算)炉内碳势的波动及与设定碳势的偏差。

试验结果:见图3。

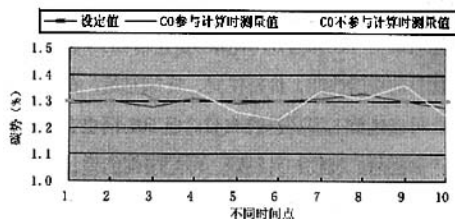


图3 两种碳势计算测定的碳势值比较

从图3中很容易看出,CO参与计算时,碳势波动和偏差均较小。

四、小结

综合以上几点,我们认为热处理渗碳设备采用炉盖热电偶主控温度,氮-甲醇气氛渗碳,并采用连续按比例调节的方式调节炉内碳势对渗碳钢深层渗碳的质量有明显积极的作用。

(20060208)

泛太汽车(大连)有限公司 铸造项目即将完成

全球著名刹车系统制造商澳大利亚泛太集团的一个海外铸造项目——泛太汽车技术大连有限公司铸造项目,11月8日开始安装关键工艺设备。大连是泛太集团在中国唯一的制造基地。铸造工厂启用后,加上8月已在连投产的机加工工厂,泛太汽车技术大连有限公司将成为集机加工、铸造和装配于一体的刹车系统制造公司,年产汽车铸件5万t。

泛太汽车技术(大连)有限公司一期投资额为2990万美元,主要为通用、福特、丰田、路虎、三菱等国际汽车公司提供配套铸件,生产工艺及机器设备均处于世界先进水平。