

混合碳势控制法渗碳

济南轻骑发动机有限公司 (山东 250101) 王冰 程志斌

7615 B

用于渗碳的介质有很多,其中有将城市煤气等碳氢化合物在触媒的作用下与空气混合生成的吸热型发生气体作为载运气体,将碳当量高的碳氢化合物作为富化气加到载运气体中,通过调整 C_p (碳势) 以控制钢件的渗碳性。

气体渗碳时将工件投入到周期式炉中,炉内温度由 900°C 降到 700°C 以下,此时炉内的 C_p 大幅降低,低温时若通过富化气将形成炭黑,因此一般升温过程停止通入富化气。

为了能在升温过程也可以通入富化气而又不形成炭黑,仓桥等开发了混合 C_p 控制法,运用此方法可缩短处理时间,节约能源及原料等。

1. 现有的气体渗碳控制方法

现在常用的渗碳气氛的控制方法有:氧探头控制法,即用氧探头测定炉内 O_2 浓度算出 C_p 的控制方法;红外线 CO_2 分析仪控制法,即用红外线 CO_2 分析仪测定炉内 CO_2 浓度算出 C_p 的控制方法。

用这些方法时,一般在升温时不通入富化气,不然对于 O_2 控制法,氧探头上将产生炭黑而无法控制 C_p ;再者, CO_2 控制法需从炉内取样分析,这将造成测量的滞后性,从而导致通入过量的富化气,在炉内形成炭黑。用这些控制方法,在升温时要通入富化气,无论哪种方法对于防止炭黑的产生都是必要的。

O_2 控制法、 CO_2 控制法可通过试验用小型渗碳炉(容量 50L)调整炉内温度与富化气流量,来测定炭黑发生的条件。试验结果表明,载气按 20% CO 、39% H_2 、41% N_2 的比例以 25L/min 的流量通入炉内,富化气流量在 0.6~0.7L/min 以下,温度在 850°C 以上不产生炭黑。将富化气流量控制在一定值下,即使在升温过程中也可以通入富化气。

2. 混合碳势控制法

(1) $C_{p_{\text{O}_2}}$ 与 $C_{p_{\text{CO}_2}}$ 的特性 图 1 为 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 与 $C_{p_{\text{CO}_2}}$

随时间的变化。

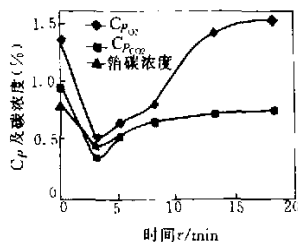


图 1 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 及 $C_{p_{\text{CO}_2}}$ 随时间的变化

$C_{p_{\text{CO}_2}}$ 与实际 C_p (钢碳浓度) 的碳浓度同测定时间几乎一致,但 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 比 $C_{p_{\text{CO}_2}}$ 的值高。这是由于氧化锆式氧探头,传感器部分用 Pt,传感器附近存在 CH_4 等,由于 Pt 的催化作用局部使碳氢化合物分解,使 H_2 分压上升,为此, $C_{p_{\text{O}_2}}$ 上升,产生了 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 与 $C_{p_{\text{CO}_2}}$ 之差。炉内碳氢化合物浓度提高, $C_{p_{\text{O}_2}}$ 首先提高,从而使 $\Delta C_p = C_{p_{\text{O}_2}} - C_{p_{\text{CO}_2}}$ 变大。

(2) 混合碳势控制法的思维方法 由前述可知,炉内碳氢化合物浓度愈高, ΔC_p 愈大。由于碳氢化合物浓度高易产生炭黑,控制富化气流量,将 ΔC_p 控制在一定值内,抑制炭黑形成的 C_p 控制法是可能的。基于此思维分析开发了根据 ΔC_p 的大小决定富化气流量的混合 C_p 控制法。混合碳势控制法的思维程序如图 2 所示。

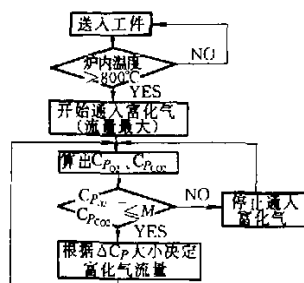


图 2 混合 C_p 控制法流程图

混合碳势控制法由于能抑制炭黑产生,因此能提高最大富化气流量的设定值,可以加大渗碳初期



的富化气流量。由于在升温过程可以通入富化气，故能缩短渗碳时间，节约能源及原料，提高生产效率。

3. 应用评价

(1) 试验条件 在实际渗碳炉中进行混合碳势控制法的性能试验。渗碳炉用甲醇滴注式的介质，将试样（材料 30CrMo、 $\phi 30\text{mm} \times 60\text{mm}$ ）与材料为标准样件的 CrMo 结构钢件一起进行渗碳试验，富化气流量由 O_2 控制法、 CO_2 控制法、混合碳势控制法控制，分析试样的硬度及金相组织。

混合碳势控制法由于升温过程可以添加富化气，此次的渗碳条件与其他方法相同，炉温达到 930℃ 后，开始增加富化气。渗碳条件如下表所示。

渗碳气氛控制条件

控制方法	渗碳期目标 C_p (渗碳时间 80min)	扩散期目标 C_p (扩散时间 60min)	均热期目标 C_p (均热时间 20min)	最大富化 气流量 $/\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$
CO_2 控制法	$1.0(C_{p_{\text{CO}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{CO}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{CO}_2}})$	20
O_2 控制法	$1.3(C_{p_{\text{O}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{O}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{O}_2}})$	10
混合碳势控制法	$1.0(C_{p_{\text{CO}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{CO}_2}})$	$0.7(C_{p_{\text{CO}_2}})$	10

注：1. 温度：渗碳、扩散期 930℃，均热期 860℃。

2. 氧气控制法渗碳期的目标 C_p 要考虑氧探头的特性设定。

(2) 试验结果 各控制方法的渗碳气氛的变化如图 3、图 4、图 5 所示。

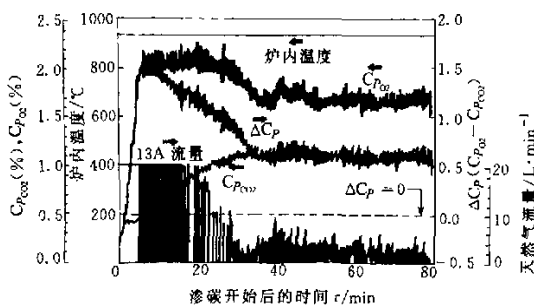


图 3 用 CO_2 控制法炉内气氛的变化

CO_2 控制法，渗碳初期 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 急速上升，因此，为抑制炭黑产生，在 $C_{p_{\text{O}_2}} = 2.0$ 时应停止通入富化气。 O_2 控制法，由于炉内的残留碳氢化合物使 $C_{p_{\text{O}_2}}$ 升高，达不到渗碳初期富化气的必要量，因此达到 C_p 的目标值的时间要长些。

混合碳势控制法，渗碳初期根据 ΔC_p 控制富

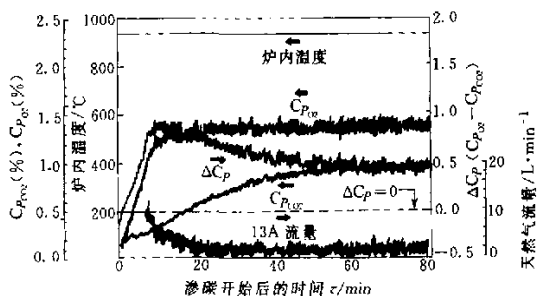


图 4 用 O_2 控制法炉内气氛的变化

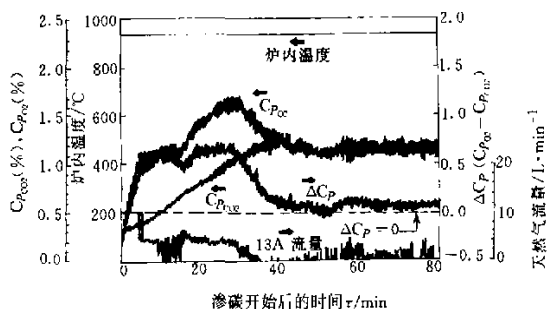


图 5 用混合碳势控制法炉内气氛的变化

化气流量，这样一方面抑制炭黑形成，而且以最高限量添加富化气。与 O_2 控制法相比能缩短达到 $C_{p_{\text{CO}_2}}$ 既定值的时间。

各控制法富化气使用量的比较结果如图 6 所示，因此，混合碳势控制法最能降低富化气的使用量。

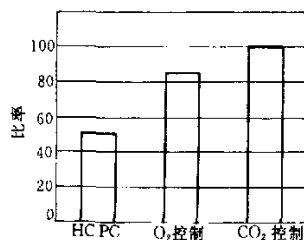


图 6 不同控制法富化气流量的比较

测定各试样，其硬度及截面硬度分布都达到了目标值，所有条件得到的马氏体组织都正常。

4. 结语

混合碳势控制法不仅得到了正常的渗碳组织还降低了富化气用量，节约了原料。升温过程也能通入富化气，无炭黑形成的危险，缩短了渗碳时间，提高了生产效率。

(20020728)