

文章编号: 1002-2090(2002)03-0040-04

钢零件焊接预热温度的确定

王黎明¹, 王晓², 左秀珍³, 刘广伟⁴, 杨秀英⁴

(1.黑龙江八一农垦大学工程学院, 密山 158308; 2.山东淄博; 3.黑龙江哈尔滨; 4.浩良河化肥厂)

摘要: 钢零件焊后, 冷却速度的快慢直接影响焊接质量, 预热是降低冷却速度的一种手段。作为钢的固有特性是临界冷却速度, 本文分析了影响临界冷却速度的因素即钢件的初始温度即焊前预热温度, 并对预热温度确定的四种方法进行分析比较, 得出它们的适用条件, 以期通过选择合适的预热温度提高焊接质量。

关键词: 钢零件; 焊接; 预热温度

中图分类号:

文献标识号: A

The Determination Parts on Weld Preheating Temperature of The Steel

Wang-Liming, Wang Xiao, Zuo Xiuzhen et al.

Abstract: After steel parts are welded, the cooling speed directly affects the quality of welding. The preheating is a means of decreasing the speed in cooling. But the steel's unique character is critical cooling speed. In this article, the factors that affect the critical cooling speed — the temperature before welding was analyzed. In addition the four methods used to determine the preheating temperature were researched too. By doing this, the author wants to improve the welding quality by properly choosing the preheating temperature.

Key words: steel parts; welding; preheating temperature

0 前言

焊接某种零件时, 经常采用母材预热的措施, 目的是使焊缝金属的实际冷却速度低于该种钢的临界冷却速度。对于不同钢材来说, 临界冷却速度不一样, 因而采用的预热温度也不相同, 同时钢板厚度对预热温度也有影响。如果焊接时焊缝金属实际冷却速度超过临界时, 在热影响内就可能产生马氏体组织, 当存在氢及热应力的作用下, 就有可能产生裂纹。

在实际焊接操作时, 多数凭经验确定预热温度, 但往往造成预热过度。预热过度不但浪费能量, 恶化了焊工的工作条件, 还会扩大热影响区范围, 使焊缝质量变坏, 工件变形量增大。而预热温度并不是焊接钢材的一种固定特性, 作为某种钢的特性是临界冷却速度, 预热只是降低冷却速度的一种手段, 最终预热温度是能使冷却速度稍低于临界冷却速度。

1 冷却速度的影响因素

冷却速度的计算公式主要有两种。

收稿日期: 2002-06-05

作者简介: 王黎明 (1967-), 女, 讲师, 黑龙江八一农垦大学毕业, 现从事农机方面的教学与科研工作。

1.1 厚板公式

$$R=2\pi K(T_c-T_0)^2/H_n$$

T_0 — 板件初始的均匀温度 (°C)

R — 焊缝中心线某一点在冷却中正好通过关键温度区瞬间的冷却速度(°C/S)

K — 金属热导率 (J/mn·S·°C) 取 0.028

H_n — 线能量 J/mm

$$H_n = f_1 EI/V$$

f_1 — 热效率 一般取 0.9

E — 电弧电压 (V)

I — 焊接电流 (A)

V — 焊接速度 mm/s

T_c — 对于碳钢或低碳合金钢最好取过冷奥氏体等温转变图上靠近珠光体“鼻尖”温度为关键温度,对于多数钢来说取 $T_c=550$ °C 完全合适。

1.2 薄板公式

$$R=2\pi kpc(t/H_n)^2(T_c-T_0)^3$$

式中: t —板厚

p —材料密度 g/mm^3 一般低碳钢、低合金钢取 $0.0078g/mm^3$

c —固体燃料金属比热 $J/g\cdot^{\circ}C$ 一般低碳钢、低合金钢取 $0.5J/g\cdot^{\circ}C$

板的厚度只是一个相对概念,在实践中引入了一个“相对板厚”概念

$$\tau = t\sqrt{pc(T_c - T_0)/H_n}$$

若 $\delta > 0.75$ 时属厚板, $\delta < 0.75$ 时属薄板,根据这个值,在计算冷却速度时,最大误差不会超过 15%。

从上述公式中,我们看出,能影响冷却速度的因素只有 H_n 和 T_0 。其余均是金属固有或设计金属结构时已规定的, T_0 、 H_n 愈大则 R 愈小,其中 H_n 是由焊接规范所决定的,能调节的回旋余地相当有限,剩下的就是板件的初始温度 T_0 。这个 T_0 也是我们需要找的预热温度。

2 预热温度的计算方法

2.1 裂纹参数法

焊接时所开坡口形式不同,预热温度也不同。

当开斜 Y 坡口时确定临界预热温度经验公式为—

$$T_0(^{\circ}C)=1440P_c-392$$

$$P_c=P_{CM}+H/60+t/600$$

$$P_{CM}=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B$$

当开 X 形、V 形、U 形坡口时确定临界预热温度经验公式为—

$$T_0(^{\circ}C)=1330P_w-550$$

$$P_w=P_{CM}+H/60+R_F/40000$$

P_w ——冷裂敏感指数

R_F ——拉伸拘束度

当开 K 形、T 形坡口时确定临界预热温度经验公式为—

$$T_0(^{\circ}C)=2030P_w-550$$

这一公式在工厂里应用较为困难,因为氢含量测定并不是很容易的。

2.2 Seferain 法

这种方法考虑了碳当量及板厚两个因素，碳当量的计算公式为：

$$[C]_c = C + 40(Mn + Cr)/360 + 20Ni/360 + 28Mo/360$$

另外，引入了一个板厚碳当量 $[C]_t$

$$[C]_t = 0.005t \quad [C]_c \quad t - \text{板厚 (mm)}$$

$$\text{总的碳当量 } [C] = [C]_c + [C]_t = [C]_c + (1 + 0.005t)$$

设预热温度为 T_p

$$T_p = 350\sqrt{[C] - 0.25}$$

即预热温度可由本公式得出。这种方法能较快速的得到零件焊前的预热温度。

2.3 A.W.S 法

2.3.1 临界冷却速度的确定

由上述冷却速度公式可见，增加母材的初始温度有降低冷却速度 R 的作用，每一种成分的钢都有一个临界冷却速度。焊接淬火钢时第一步就要在确定焊接条件下求出临界冷却速度，最简单的办法是在板面上熔敷一组焊道， $V_{\text{焊}}$ 分别为 7、8、9、10 mm/s。

设 $E=25V$ $I=300A$ $t=6mm$ $f_1=0.90$ $T_0=25$ $T_c=550^\circ\text{C}$ 在焊缝横截面上作硬度试验，发现熔敷速度 9mm/s 和 10mm/s 的热影响区内有高硬度的组织。也就是 8mm/s 的熔敷速度焊道具有最大安全值，上述参数线能量为

$$H_n = EI f_1 / V = 25 * 300 * 0.9 / 8 = 843.75 \text{ J/mm}$$

$$\tau = t \sqrt{\frac{pc(T_c - T_0)}{H_n}} = 6 \sqrt{\frac{0.0078 \times 5 \times (550 - 25)}{843.75}} = 0.24$$

$$R = 2 \pi kpc(t/H_n)^2 (T_c - T_0)^3 = 2 \pi \times 0.028 \times 0.0078 \times 0.5 (6/843.75)^2 (550 - 25)^3 = 5.017 \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

为安全起见，定这种钢的最大安全冷却速度为 $5 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 。实际冷却速度不应超过此值，采用预热的办法把冷却速度降低到 $5 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 以下。

2.3.2 确定预热温度

$$\text{厚板 } T_0 = T_c - \sqrt{RH_n / 2\pi k}$$

$$\text{薄板 } T_0 = T_c - \sqrt[3]{\frac{RH_n^2}{2\pi k p c t^2}}$$

例，焊接一钢零件，规范参数为 $E=25V$ $I=250A$ $V=7\text{mm/s}$ $t=9\text{mm}$ $f_1=0.9$ $R=5^\circ\text{C/s}$

$$T_0 = 550 - \sqrt[3]{\frac{5 \times 0.9 \times 250 \times 25}{2 \times \pi \times 49 \times 81 \times 0.0078 \times 0.5 \times 0.028}} = 163^\circ\text{C}$$

这也就是说把这种钢板预热到 163°C 以上则冷却速度不会超过 5°C/s 即在热影响区内不会产生脆性组织。值得说明的一点是当计算出的温度等于室温或低于室温时表明不需要预热，而不是零件预冷。这种方法在工厂里比较切实可行，尤其是批量生产的钢结构产品。

2.4 图表法

这种方法着重于碳当量和碳缝金属扩散氢对预热的影响，其步骤如下，①根据钢的化学成分计算 CEN 和 CE_{IIW} ②通过焊缝金属扩散氢含量与图 1 标准值的偏差，求出 CEN 的某一个增量。③通过热输入与图 2 标准值和偏差和 CE_{IIW} 求出 CEN 的某一增量。④将 CEN 的增量之和与原始 CEN 相加，对 CEN 进行修正，根据修正的 CEN 和图 3 基本曲线中的板厚确定 Y 坡口实验的临界预热温度。⑤

根据焊缝金属的强度和接头拘束度通过图 4 修正，确定实际所需的预热温度。

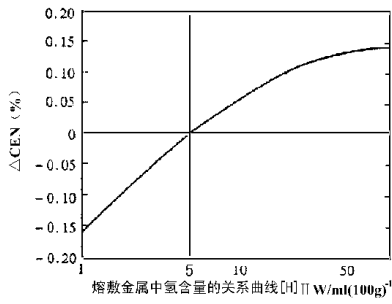


图 1 CEN 修正值与熔敷含量的关系曲线

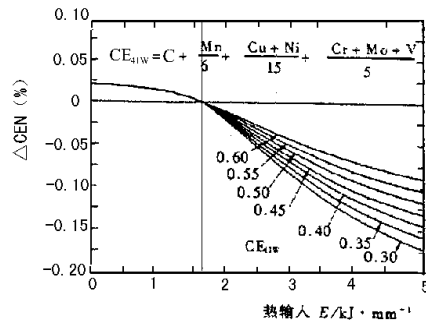


图 2 CEN 修正值与焊接热输入及 CE_{IIW} 的关系曲线

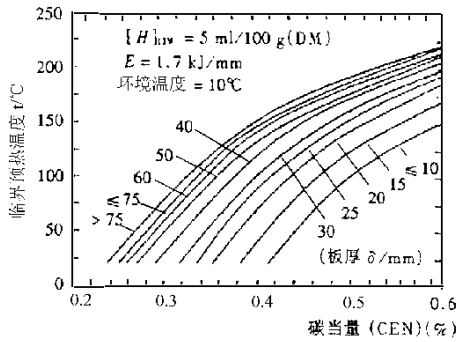


图 3 CEN 修正与焊接热输入及 CE_{IIW} 的关系曲线

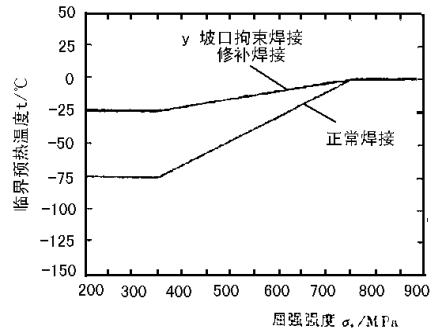


图 4 实际焊接时对所需预热温度的修正

这种方法考虑了钢的化学成分、焊接热输入、焊缝厚度、焊缝金属扩散氢焊缝金属强度、接头拘束度等各种因素对所需预热温度的影响，因而能更可靠的适应各种焊接条件。

参考文献:

[1] 张汉谦. 钢熔焊接头金属学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
 [2] 陈伯鑫, 金属焊接性基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
 [3] 华馨. 用图表法确定钢焊接时的温度[J]. 焊接, 1999, (10): 33~36.

