

中碳钢的焊接工艺要点



中碳钢是指含碳量 0.25%~0.60%的碳素钢，包括优质碳素结构中的 30、35、45、50、55 等和铸造碳钢中的 ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640 等钢种。由于中碳钢的含碳量比低碳钢高，其焊接性比低碳钢差。当碳的质量分数接近 0.30%而含锰量不高时，焊接性尚好，但随着含碳量的增加，焊接性逐渐性明显变差。当碳的质量分数达到 0.50%左右时，焊接性明显变差。

一、焊接中碳钢易出现的问题及工艺措施

焊接中碳钢时容易发生的问题如下：

1、冷裂纹问题

由于钢材的含碳量较高，焊接时热影响区很容易产生硬脆的马氏体组织，因此容易产生冷裂纹。如果焊接材料选用不当或焊接工艺制定不当，焊缝也容易产生冷裂纹。

2、热裂纹问题

焊接时，含碳量较高的母材熔化后，也会把碳带入焊缝中，使焊接中碳的含量增高。碳能加剧金属中硫、磷等引发热裂纹的作用，因此焊接中碳钢时焊缝容易产生热裂纹。特别是当母材或焊接材料中硫、磷含量控制不严时，更容易产生热裂纹。

此外，钢中碳的含量高，也使焊接缝产生 CO 气孔的倾向增大。

由于中碳钢焊接时容易产生冷裂纹、热裂纹等缺陷，因此焊接时需要采取一些特殊的工艺措施才能正常焊接。

1、焊接方法

各种电弧焊方法均可用于焊接中碳钢。由于中碳钢多用于制造机器零件，并非大型焊接结构，所以生产中焊条电弧焊方法应用的最多。

2、焊接材料

为了防止焊接接头产生冷裂纹和热裂纹，焊条电弧焊时通常都采用低氢焊条焊接。低

氢焊条不仅使焊缝中含氢量较低,而且具有一定的脱硫、磷作用,能提高焊缝的塑性和韧性。当钢中碳的含量较低且接头拘束度不大时,也可采用钛铁矿型或钛钙型焊条焊接,但一定要采取严格的工艺措施相配合,例如尽量减少熔合比、对焊件严格预热和控制层间温度等。如果焊件不能预热,也可有采用铬镍奥氏体不锈钢焊条焊接,例如 E308L-16 (A102)、E308L-15 (A107)、E309-16 (A302)、E309-15 (A307)、E310-16 (A402)、E310-15 (A407) 等。

3、 预热温度和层间温度

焊前预热是焊接中碳钢时防止产生裂纹最有效的工艺措施。预热不仅能降低接头的冷却速度,从而防止产生马氏体,而且能减少焊接应力和加速氢的扩散逸出。大多数情况下都需要预热和保持层间温度。预热温度和层间温度的选择取决于钢材的碳当量、母材的厚度、结构的刚性、焊条的类型等。预热温度可通过焊接性试验来确定,也可通过经验公式 $T_0=550(C-0.12)+0.4\delta$ 确定,式中 T_0 表示预热温度 ($^{\circ}\text{C}$), C 表示所焊母材的碳的质量分数 (%), δ 表示钢板厚度 (mm)。

30、35、45 钢焊接时的预热温度和层间温度可参表 1。

表 1 中碳钢焊接的预热温度及焊后回火温度

钢号	焊件厚度 /mm	操作工艺		焊条类别	说明
		预热层间温度/ $^{\circ}\text{C}$	消除应力回火温度/ $^{\circ}\text{C}$		
30	~25	>50	600~650	非低氢型焊条	1、局部预热的坡口两侧加热范围为 150~200mm
				低氢型焊条	
35	25~50	>100		低氢型	
		>150		非低氢型	
45	~100	>150		低氢型	
		>200		低氢型	

4、 坡口型式

焊件最好开 U 形或 V 形坡口,这样可以减少母材金属熔入焊缝的比例。如果是焊补铸件缺陷,铲挖出的坡口外形应圆滑,以减少母材熔入焊缝的量。

5、 焊接参数

焊接宜采用直流反极性电源。多层焊时,由于母材溶化到第一层焊缝中的比例(质量分数)最高可达 30%左右,因此宜采用小直径焊条、小电流、慢焊接速度焊接。

6、 焊后热处理

焊后,焊件最好立即进行消除应力热处理。特别是对于大厚度焊件、大刚性结构件和在动载荷或冲击载荷下工作的焊件。消除应力回火的温度一般为 600~650 $^{\circ}\text{C}$ 。如果焊后不能立即进行消除应力热处理,则应进行后热,即进行略高于预热温度的加热,保温时间为大约每 10mm 厚度 1h。

二、典型中碳钢焊接工艺汇编

(一) 35 钢与 ZG270-500 铸造碳钢

35 碳钢的质量分数为 0.32%~0.39%，ZG270-500 铸造碳钢碳的质量分数为 0.31%~0.40%。碳当量约为 0.45%，因此这类钢的焊接性尚可。但焊接时热影响区仍有可能产生硬脆的马氏体组织，有产生裂纹的倾向，所以焊接这类钢时应采取一定的工艺措施。

1、焊接材料的选用

焊条电弧焊时，当要求焊缝与母材等强度时，可选用 E5016 (J506) 或 E5015 (J507) 焊条焊接；当不要求焊缝与母材等强度时，可选用 E4316(J426)、E4315(J427)、E4303(J422)、E4310 (J423) 等焊条焊接。

埋弧焊时，焊剂可选用 HJ430、HJ431；焊丝可选用 H08MnA、H10Mn2 等。

电渣焊时，焊剂可选用 HJ430、HJ431、HJ360；焊丝可选用 H10Mn2、H08Mn2Si、H08Mn2SiA 等。

2、预热温度和层间温度

焊接 35 钢和 ZG270-500 铸造钢时，通常焊件的预热温度和层间温度为 150℃左右，当焊件刚性比较大时，预热温度和层间温度应提高到 200~250℃。局部预热的加热范围为坡口两侧 150~200mm。

3、焊后热处理

对于大厚度焊件，大刚性结构件和工作条件为动载荷或冲击载荷的焊件，焊后宜立即进行消除应力回火处理，回火温度一般为 600~650℃。对于一般厚度的焊件可采用后热，以使扩散氢逸出。后热温度一般为 200~350℃，保温时间为 2~6h，视焊件厚度而定。

(二) 45 钢与 ZG310-570 铸造碳钢

45 钢碳的质量分数为 0.42%~0.5%，ZG310-570 铸钢碳的质量分数为 0.41%~0.50%。碳当量约为 0.56%，淬硬倾向比较大，容易产生裂纹，焊接性比较差。

1、焊接材料的选用

焊条电弧焊时，尽量选用低氢型焊条，当要求焊缝与母材等强度时，可选用 E5516-G (J556)、E5515-G (J557) 焊条；当不要求焊缝与母材等强度时，可选用 E4316 (J426)、E4315 (J427)、E5016 (J506)、E5015 (J507)、E4303 (J422)、E4301 (J423) 等焊条。

埋弧焊时，焊剂可选用 HJ350 或 SJ101，焊丝可选用 H08MnMoA。

2、焊接参数的选择

焊接 45 钢和 ZG310-570 铸造碳钢，应选用较小的焊接电流，以降低焊缝的熔合比，减少母材中碳向焊缝中过渡的数量。

3、预热温度和层间温度

焊接这类钢，焊前最好采取整体预热，预热温度为 200℃以上。对于 T 形接头，由于比平对接头散热方向多，会导致焊接接头冷却加快，增加产生冷裂纹倾向，预热温度应适当提高，预热温度为 250~400℃，视焊件厚度而定。层间温度不应低于预热温度。

4、焊后热处理

焊件焊后应立即进行消除应力回火处理，回火温度为 600~650℃。

(三) 55 钢与 ZG340-640 铸造碳钢

55 钢碳的质量分数为 0.52%~0.60%，ZG340-640 铸造碳钢碳的质量分数为 0.5%~0.60%，碳当量约为 0.66%，淬硬倾向很大，焊接接头容易产生硬脆的马氏体组织，并导致产生裂纹，因此焊接性较差。

1、焊接材料的选用

这类钢一般多采用焊条电弧焊。当要求焊缝与母材等强度时，可选用 E6016-D1(J606)、E6015-D1(J607) 焊条焊接；当不要求焊缝与母材等强度时，可选用 E4316(J426)、E4315(J427)、E5016(J506) E5015(J507) 等焊条焊接。

2、预热温度和层间温度

焊接这类钢时应将焊件整体预热。预热温度为 250℃ 以上，对于大厚度焊件或刚性大的结构件，需预热到 350~400℃。多层焊时，层间温度不应低于预热温度。

3、焊接参数

为了减少母材熔入焊缝中的比例，必须严格控制焊接参数，尤其是焊接电流不宜大。通过调节焊接参数，应使焊缝成形系数较大，而熔合比较小。

4、焊后热处理

焊后对焊件应立即进行消除应力热处理。消除应力回火温度为 $650 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温 2.5h，然后缓冷，24h 后打开炉门取出。

来源：摘自网络