

低合金结构钢的焊接

二. 低合金结构钢的焊接性

低合金结构钢是指合金元素含量低于 5% 的钢。
低合金结构钢中加入的合金元素有 Mn、Si、Mo、V、Ti、Cu、B、Cr、Ni 等。
使钢材具有强度高、韧性好、耐磨、耐腐蚀、耐高温、耐低温等一系列优良性能。

1. 低合金结构钢的分类（GB/T1591—94）

新旧低合金高强度结构钢标准牌号对照表

GB/T1591—94	GB1591—88
Q295	09MnV 09MnNb 09Mn2 12Mn
Q345	12MnV 14MnNb 16Mn 16MnRE 18Nb
Q390	15MnV 15MnTi 16MnNb
Q420	15MnVN 14MnVTiRE
Q460	—

2. 低合金结构钢的焊接性

低合金结构钢焊接时的共同特点是焊缝和热影响区具有不同程度的淬硬倾向，对氢的敏感性强。焊接应力较大时，焊接接头易产生裂纹。

- (1) 焊缝和热影响区的淬硬倾向。随着强度等级的提高，钢中碳和合金元素的含量增加，热影响区的淬硬倾向增大。
- (2) 焊接接头的冷裂纹 冷裂纹主要发生在强度级别较高的厚板材料中。
- (3) 热裂纹 发生热裂纹的可能性比冷裂纹小得多，只有在原材料化学成分不符合规格（如含 S、C 偏高）时才有可能发生。

三. 低合金结构钢的焊接工艺特点

1. 焊接材料的选用 低合金结构钢是强度钢，应按等强度的原则选择对应的焊接材料。焊缝金属的强度不宜超过母材过多。此外，还要考虑焊件的厚度、坡口形式、焊后的冷却速度和对焊缝金属使用性能的特殊要求。如下表

焊接低合金结构钢用焊条

钢材牌号	手工电弧焊用焊条型号
Q295	E4301 E4303 E4315 E4316
Q345	E5001 E5003 E5015 E5016
Q390	E5015 E5016 E5501 E5515 E5516
Q420	E5515 E5516 E6016-D1 E6015-D1
Q460	E7015-D2

2. 预热 预热是防止冷裂纹、热裂纹和热影响区出现淬硬组织的有效措施。预热温度的选择与钢材的化学成分、板厚、焊件的刚度、接头的形式和环境温度有关。

低合金结构钢焊前预热及焊后热处理的参数

钢材牌号	预热温度(℃)	焊后热处理参数
------	---------	---------

		手工电弧焊
Q295 (09MnV、09Mn2)	不预热($\delta \leq 16\text{mm}$)	不热处理
Q345 (16Mn、12MnV、14MnNb)	100~150 ($\delta \geq 30\text{mm}$)	600~650℃ 回火
Q390 (15MnV、16MnNb)	100~150 ($\delta \geq 28\text{mm}$)	550℃ 或 650℃ 回火
Q420 (15MnVN、14MnVTiRE)	100~150 ($\delta \geq 25\text{mm}$)	——

3. 焊后热处理 多数情况下不采用。只有在钢材强度等级较高、厚壁容器、电渣焊时才采用。常采用的方法有：去应力退火、正火加回火或正火、淬火加回火等。

四、常见低合金结构钢的焊接工艺

(一) Q345 (16Mn) 钢的焊接

Q345 (16Mn) 是我国产量最大，应用最广的低合金结构钢。它是在 Q235 基础上加入 1%Mn 后制成的。其屈服点比 Q235 高了 35%，且冶炼、加工、焊接性能良好。其化学成分和力学性能见下表

Q345 (16Mn) 钢的化学成分和力学性能

化学成分 (质量百分比)			力学性能指标		
C	Si	Mn	屈服点 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)
≤ 0.20	≤ 0.55	1.00~1.60	275~345	470~630	21~22

1. 焊接性分析 Q345 具有良好的焊接性，淬硬倾向比 Q235 稍大些。在大厚度、大刚性结构上进行小工艺参数、窄小焊道的焊接时可能出现裂纹。低温焊接时，应适当预热。

2. 焊接方法 常见的焊接方法都可用于 16Mn 钢的焊接。在焊接过程中选用较大的热输入，有助于避免淬硬组织的出现。

(二) Q390 钢的焊接

Q390 钢的典型代表是 15MnV 和 15MnTi，它们分别是在 16Mn 的基础上加入 0.04%~0.12% 的 V 和 0.12%~0.20% 的 Ti 炼制而成的。V 和 Ti 的加入，既提高了钢的强度，又细化了晶粒。

1. 焊接性分析 15MnV 和 15MnTi 钢含碳量比 16Mn 钢低，所以具有良好的焊接性。当板厚 $< 32\text{mm}$ ，在 0°C 以上焊接时，原则上可不预热。板厚 $> 32\text{mm}$ 或在 0°C 以下施焊时，预热到 $100^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ 。焊后进行 $550^\circ\text{C} \sim 560^\circ\text{C}$ 的回火处理。

2. 焊接方法 常用焊接方法均可用于 Q390 钢的焊接，注意 15MnTi 是正火状态下使用的钢种，Ti 起弥散强化作用，对热较敏感，适用较小的焊接规范。

(三) 18MnMoNbR 钢的焊接

18MnMoNbR 是采用铌、钼来作强化金属的中温压力容器用钢，强度等级为 500MPa，具有高的强度和好的综合力学性能。其化学成分和力学性能见。

18MnMoNbR 钢的化学成分和力学性能

化学成分 (%)					力学性能		
C	Mn	Si	Nb	Mo	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)
$\leq$ 0.22	1.20~ 1.60	0.15~ 0.50	0.025~ 0.050	0.20~0.40 0.45~0.65	410~440	570~740	17

1. 焊接性分析 18MnMoNbR 钢的碳当量为 0.57%，所以焊接性较差，焊接时具有一定的淬硬倾向，故焊前一般需要预热，预热温度 200℃~250℃，为防止焊后产生延迟裂纹，焊后应进行 650℃回火处理。

2. 焊接方法 18MnMoNbR 钢焊接装配定位焊前应局部预热到 200℃以上，否则会在焊接热影响区产生微裂纹。

手工电弧焊时，可采用 E6016—D1，E7015—D2 等抗拉强度大于 650MPa 的焊条。

北京时代科技股份有限公司