

THJ607RH (E6017-G)

电焊条的研制

天津大桥焊材集团有限公司 (300385) 李志提 崔伟

上世纪70年代,为了提高材料的低温韧性,改善野外施工条件,日本在HT60和HT80钢的基础上开发了一种含碳量极低的($w_c \leq 0.09\%$)调质钢,即焊接无裂纹钢(简称CF钢)。降低钢材中的含碳量以提高材料的抗冷裂性和低温韧性是行之有效的措施,但含碳量过低会降低钢材的强度。为弥补这一损失,可通过加入多种微量元素,特别是像B等能对淬透性有强烈影响的元素,来提高淬透性。这类钢调质处理后具有足够高的强度和韧性,特别是具有焊接裂纹敏感性低的特点,是20世纪70年代发展起来的钢种,如我国的WCF—60、日本的HT60CF、德国的StE36—CF均属此类钢。

THJ607RH为超低氢高韧性电焊条,是与CF60、CF62钢具有良好匹配性的焊接材料,主要用于压力容器、桥梁、水电站下降管及海洋工程结构等。

一、THJ607RH 焊条试验技术条件

THJ607RH焊条的国标型号E6017—G。熔敷金属化学成分及力学性能如表1、表2所示。

表1 J607RH 熔敷金属化学成分(质量分数) (%)

C	Mn	Si	Ni	Mo	S	P
≤ 0.10	≥ 1.00	≤ 0.80	0.60~1.20	0.10~0.40	≤ 0.025	≤ 0.025

表2 HJ607RH 熔敷金属力学性能

抗拉强度 σ_t /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)	夏比V形缺口冲击吸 收功 A_{KV} /J(-40℃)
> 610	> 490	> 17	> 47

二、焊条配方设计及分析

1. 焊条渣系的确定

THJ607RH为低氢钠型焊条,其渣系主要组成为CaO-CaF₂-SiO₂。焊条药皮中包含了大量的碳酸盐、氟化物及部分硅酸盐、钛酸盐等。配方中碳酸盐主要选用大理石,氟化物为氟石,硅酸盐为石英,钛酸盐为金红石及钛白粉。

在碱性焊条渣系中对焊接工艺性能影响较大的是CaCO₃与CaF₂的配比,试验表明本焊条中CaCO₃/CaF₂为2.0~2.5较适宜。当比值过大时,电弧吹力明显增强,造成焊条飞溅增大、成形不良;若比值过小时,容易造成焊条药皮套筒过短,造气量不足,电弧吹力减弱,熔渣粘度明显下降。

碱性焊条中,石英及金红石对改善焊接工艺性能起到了良好的辅助作用。SiO₂及TiO₂可降低熔渣表面张力,细化熔滴,减少飞溅,同时可改善脱渣性及熔渣覆盖性。但对超低氢型焊条,其加入量应严格控制,否则容易造成焊缝中非金属夹杂物含量增加,影响焊缝

金属的塑性及韧性。

2. 焊缝金属化学成分对 THJ607RH 焊条性能的影响

J607RH焊条其合金系统为Mn-Si-Ni-Mo-Ti-B系列,在此合金系统中除了C、Mn、Si等元素的固溶强化外,同时采用Ni、Mo及微量的Ti-B等元素,对金属基体细化晶粒、沉淀强化,提高其强度及低温韧性。其主要作用如下:

C: 在低合金钢金属的焊接过程中,C的主要作用是提高焊缝金属的强度。为了提高焊缝金属的抗裂性及低温韧性, w_c 一般应控制在0.09%以下。降低含碳量可有效地抑制碳化物和马氏体的形成,同时有利于促进形成韧性较高的低碳板条状马氏体。

Mn: 作为强化焊缝金属强度的主要元素,可以降低奥氏体向铁素体的相变温度,抑制奥氏体在较高温度下向共析铁素体及侧板条铁素体的相变,促进针状铁素体的形成,在提高焊缝金属强度的同时,提高焊缝金属的韧性。

Si: 随着焊缝金属中含Si的增加,明显提高强度,同时韧性指标明显下降。在J607RH焊条中含 w_{si} 一般应控制在0.30%~0.50%之间,这样既可保证Si与氧结合生成硅酸盐及其化合物起到脱氧的目的,同时又为形成AF提高形核剂。

Ni: 焊缝金属中Ni的主要作用为促进奥氏体向针状铁素体转变,同时降低奥氏体向铁素体的相变温度,抑制共析铁素体的形成。随着焊缝金属中含Ni量的提高,焊缝金属的低温韧性趋于稳定。

Ti-B: 钛在焊缝金属中主要起到脱氧、脱氮作用。在熔池内与氧结合生成 TiO_2 ,在固态相变时为AF提供了形核基础。金属中含有微量的B对显微组织产生较大的影响。B原子主要偏聚在原奥氏体晶界和亚晶界,降低偏聚处的晶界能,从而防止共析铁素体的形成。当焊缝金属中Ti-B共存时,Ti可先于B氧化,利于B发挥其有利作用。另外,Ti优先与氮结合,使B留存于固溶体内促使AF的形成。通过试验可知,当Ti-B比例在10:1左右时,焊缝金属的低温韧性最优。THJ607RH焊条配方见表3。

表3 THJ607RH焊条配方(质量分数)(%)

CaCO ₃	CaF ₂	SiO ₂	TiO ₂	铁粉及铁合金
44~46	18~21	3.2~5	2~3	24~27

三、试验结果

1. 焊接规范(见表4)

表4 焊接规范

焊条直径/mm	电流种类	焊接电流/A	空载电压/V	焊接电压/V
4.0	DCEP	160	78	23~26

2. 工艺性能(见表5)

表5 工艺性能

飞溅率	脱渣率	焊缝成形	烟尘量	电弧稳定性	气孔
较小	良好	好	小	好	无

3. 熔敷金属化学成分(见表6)

表6 熔敷金属化学成分(质量分数)(%)

成分	C	Mn	Si	S
保证值	≤0.10	≥1.00	≤0.80	≤0.025
试验值	0.05	1.16	0.42	0.013
成分	P	Ni	Mo	
保证值	≤0.025	0.65~1.20	0.10~0.40	
试验值	0.017	0.73	0.18	

4. 熔敷金属力学性能(见表7)

表7 熔敷金属力学性能

试验项目	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 (%)	A_{kV} /J			
	-40℃						
保证值	≥610	≥490	≥17	≥47			
试验值	621	557	26.2	142	138	140	134

5. 熔敷金属扩散氢试验(见表8)

表8 熔敷金属扩散氢试验

试验方法	试验值(mL/100g)
甘油法	1.12 0.97 1.11 0.61
水银法	1.65 2.26 2.77 2.36

四、结论

(1) 我公司设计的THJ607RH电焊条符合GB/T5118—1995中E6015—G的标准要求。

(2) THJ607RH电焊条具有低温高韧性及超低氢等特点,焊接工艺性良好,可满足焊接无裂纹钢(简称CF钢)的焊接要求。

(20050725)