09MnNiDR低温钢热成形焊接的工艺研究

扫码了解更多

■ 李艳霞，刘亮

摘要：针对09MnNiDR低温钢热成形封头的焊接接头低温冲击不足的问题，通过焊接试验，完成了δ=65mm母材的对接焊，经过多种形式的热处理，并对试板进行拉伸试验、冲击试验及弯曲试验等力学性能试验，试验结果均为合格。为今后09MnNiDR低温钢热成形封头的焊接提供了较为可靠的技术支撑。

关键词：热成形；焊接工艺；低温

09MnNiDR低温钢板主要应用于石油、化工低温设备中。我单位承接了某大型乙二醇项目，其中包含的设备有：CO_2吸收塔、CO_2闪蒸塔、H_2S吸收塔、再吸收塔等设备的制造。为了研究其焊接工艺，我们选择δ=65mm的母材进行试验，热处理状态为模拟热成形+正火（加速冷却）+回火+退火，为今后09MnNiDR低温钢热成形封头的焊接提供了有力的技术支撑。

1. 09MnNiDR低温钢的焊接性

09MnNiDR低温钢为铁素体+少量珠光体型低温用钢。由于含碳量低，属于低合金结构钢，Mn、Ni为其主要合金。Mn主要是通过固溶强化来提高钢材的强度，而Ni能改善铁素体的低温韧性，并具有明显降低冷脆转变温度的作用。

根据国际焊接学会（ⅡW）推荐的碳当量公式计算CE=0.347%＜0.45%，淬硬倾向小，不易形成冷裂纹，焊缝具有较好的塑性和韧性，通常无需预热。当板厚超过一定的厚度、接头刚性拘束较大或碳当量偏高时，应考虑预热。但预热温度不要过高，否则会使热影响区晶粒长大，并在晶界析出氧化物。因此，焊接时应控制焊接热输入和层间温度，焊后还应进行消除应力的热处理。

09MnNiDR钢板的供货状态为正火+回火，材料化学成分、力学性能如表1、表2所示。

2. 09MnNiDR低温钢焊接工艺要点

（1）选择合适的焊接材料，低温钢可采用焊条电弧焊、气体保护焊和埋弧焊等进行焊接。焊接时保证焊缝和过热区低温韧性，是拟订低温钢焊接工艺的关键。

（2）合理设计接头的形式，降低接头的拘束度。

（3）清理坡口表面及坡口母材两侧30mm范围内的油污、

表1　09MnNiDR低温钢的化学成分（质量分数）　（%）

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ni
标准要求	≤0.12	0.15～0.50	1.20～1.60	≤0.020	≤0.008	≥0.020	≤0.040	0.30～0.80
实测结果	0.09	0.30	1.40	0.012	0.003	0.99	0.017	0.36

表2　09MnNiDR低温钢的力学性能

项目	拉伸试验			冲击试验（-70℃） *KV*/J	弯曲试验
	R_m/MPa	R_{eL}/MPa	*A*（%）	横向	*d*=2*a*，180°
标准要求	420～550	≥260	≥23	≥60	无裂纹
实测结果	525	400	30.5	194，256，199	完好

氧化皮、铁锈等杂质，并对坡口进行100%磁粉检测，Ⅰ级合格。

（4）严格按照烘干说明烘干焊条和焊剂，使用时焊条放置于保温桶内，随用随取。

（5）焊前预热，严格控制道间温度。

（6）采用低热输入焊接方法和工艺，以缩小焊接接头过热区的宽度，限制晶粒长大。

（7）焊后立即后热处理，降低焊接接头拘束度，同时加快氢的逸出。

（8）合理选择热处理工艺，尽量缩短在敏感温度区间的保温时间。

3. 09MnNiDR低温钢热成形封头的焊接工艺特性

（1）焊接方法及母材的坡口形式　焊接方法：SMAW+SAW。焊接位置：平焊。母材的坡口形式如图1所示。

（2）焊接材料的选择　针对09MnNiDR低温钢的焊接性能及设备的工作特点，保证设备在低温条件下长期安全地运行。我们选用哈尔滨威尔焊接有限责任公司生产的 W107DR（ϕ4.0mm）焊条，使之与母材在Ni含量上高于母材，从而提高焊缝区的低温冲击韧性。同时为了提高焊缝金属的抗裂性，通常将焊接材料中的碳含量控制在低于母材，硫、磷含量控制在较低水平。埋弧焊焊丝和焊剂经过大量的试验，最终选择使用哈尔滨威尔焊接有限责任公司生产的H06Mn35DR（ϕ3.2mm）焊丝和SJ208DR焊剂。焊条和焊丝化学成分分别如表3、表4所示。

（3）焊接工艺要求　焊前清理坡口及坡口两侧30mm范围内的油污、氧化皮、铁锈等杂质，并打磨出金属光泽。焊前预热最小温度为80℃，最大道间温度为160℃，焊接参数如表5所示。

焊后立即进行消氢处理，温度为230～300℃、2h。然后按照NB/T47013对焊缝进行100%RT检测，Ⅰ级合格。

（4）焊后热处理　具体焊后热处理工艺参数如表6所示。热处理工艺曲线如图2所示。

（5）力学性能　力学性能检测所依据的标准有：NB/T47014、GB/T228、GB/T229、GB/T2653。使用的设备型号及

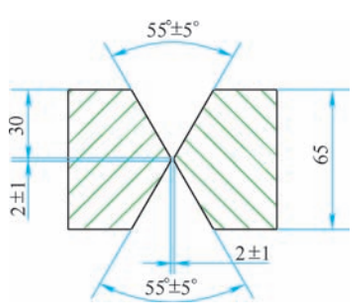

图　1

表3　焊条W107DR（ϕ4.0mm）化学成分（质量分数）（%）

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Ni
标准要求	≤0.08	≤0.60	≤1.25	≤0.015	≤0.008	3.0～4. 0
实测结果	0.039	0.053	0.30	0.006	0.006	3.58

表4　焊丝H06Mn35DR（ϕ3.2mm）化学成分（质量分数）（%）

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
标准要求	≤0.08	≤0.20	0.60～1.20	≤0.015	≤0.008	≤0.15	≥3.00	≤0.35
实测结果	0.027	0.16	0.76	0.0030	0.0020	0.048	3.38	0.045

表5　焊接参数

焊道/焊层	焊接方法	焊材牌号及规格 ϕ/mm		焊接电流		电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	热输入/kJ·cm^{-1}
				极性种类	电流/A			
1	SMAW	W107DR	4.0	直流反接	100～120	20～23	6～10	≤16
2～42	SMAW	W107DR	4.0	直流反接	145～160	22～25	15～20	≤12
43～58	SAW	H06Mn35DR+SJ208DR	3.2	直流反接	450～520	28～33	45～52	≤19

表6　热处理工艺参数

热处理	加热温度/℃	保温时间/min	升温速率/ ℃min^{-1}	冷却方法
模拟热成形	960±10	80	≤1	空冷
正火	920±10	80	≤1	加速水冷
回火	650±10	120	≤1	空冷
退火	615±10	360	≤1	空冷

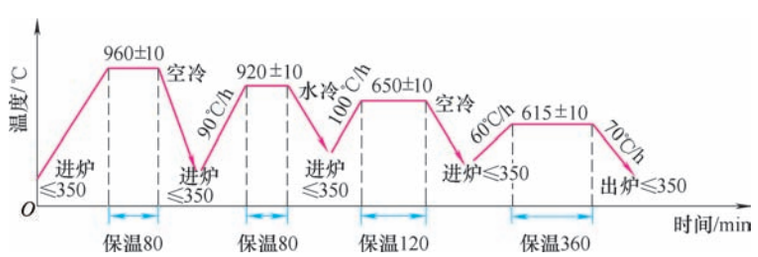

图2　热处理工艺曲线

小区域射线曝光检测技术的研究与应用

扫码了解更多

■ 徐桂冲，孙晨佳，仝广浩

摘要：小区域射线曝光检测技术是借助于独特的高密度、高灵活性的塑料材料作为屏蔽防护材料且有效减小电离辐射半径的一种安全性很强的射线检测技术。因其安全性能高，防护措施严谨，不妨碍项目的正常施工，在沙特阿美吉赞项目工程中得到充分的利用。

关键词：射线曝光；小区域；屏蔽材料

1. 概述

射线检测是工业无损检测的一个重要的专业，普遍应用于探测试件内的宏观几何缺陷（检测）。射线种类有很多，其中X射线、γ射线主要应用于锅炉压力容器压力管道焊缝等工业产品的射线检测。常规的射线透照方式，因放射元素的电离辐射半径过大且无有效的防护措施，操作过程中稍疏防范就会出现透照事故。

鉴于此，为加强防护，降低作业风险，本项目引进了一种新型的小区域射线曝光检测技术。

2. 技术特点

小区域射线曝光是一种较为安全的射线检测技术。它是运用一种独特的具有高度灵活性、高密度性的塑料材料（硅橡胶）作为屏蔽材料，包裹在放射源（如硒75）外侧，可将放射源的电离辐射半径大大减小，对工件进行射线检测的技术，称作小区域射线曝光或近距离放射技术。

该新型塑料是一种有效的射线辐射防护材料，并且可以根据需要加工成任何尺寸形状和厚度，同时它无铅、无毒，化学性能稳定，不含有毒材料和污染物质。它不仅能被沿着工件的形状弯折，而且能够恢复自己的原始形状，也能容易被刀片切割。具有高强度、高耐用性、高弹性和

名称分别为：WE-1000万能试验机、JB-300B冲击试验机、SBW-600弯曲试验机。经过一系列热处理之后的力学性能如表7所示，符合GB3531—2014《低温压力容器用钢板》标准要求，同时符合NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》标准要求。

表7　09MnNiDR低温钢热处理之后焊缝的力学性能

项目	焊接方法	室温拉伸试验 R_m/MPa	冲击试验（-70℃） KV/J		弯曲试验
			焊缝1/4处	热影响区1/4处	d=4a，180°
测定结果	焊条电弧焊	491，500，474，467	164，139，195	170，150，182	四件均合格
	埋弧焊		157，160，186	179，200，154	

4. 结语

通过分析09MnNiDR低温钢的焊接性及焊接工艺评定，确定了合理的焊接参数和工艺措施，获得了良好的焊接力学性能。

此焊接工艺在多个低温塔器中成功应用，各方面性能均满足标准要求，为今后09MnNiDR低温钢热成形封头的焊接提供了重要依据。

作者简介：李艳霞，太原理工大学；刘亮，太原重工股份有限公司。

MW 20180525