1000MPa级气体保护焊丝焊接工艺研究

昆山中冶宝钢焊接材料有限公司　李好生

【摘要】本文对BHG-5（1000MPa级别）气体保护焊丝分别进行了熔敷金属及焊接接头性能试验，对该种焊丝熔敷金属的化学成分、力学性能及焊接接头的微观组织及力学性能进行了分析研究。结果表明，BHG-5熔敷金属性能和焊接接头各项性能全面满足1000MPa级别钢板的性能要求。

1.概述

抗拉强度1000MPa级高强钢在煤矿机械和重型吊车装备中已广泛应用，目前国内企业在进行该级别钢种焊接时，普遍采用国外知名品牌的焊材。我公司通过大量试验和研究，开发出抗拉强度1000MPa级高强度高韧性工程机械专用气体保护焊丝。

本文对该焊丝焊材和工艺性能进行了评定试验，通过对焊丝熔敷金属及焊接接头的成分组织性能研究，满足工程机械产品的焊接生产对产品性能的需求。

2. 试验材料和试验方法

（1）试验材料　焊接材料选用我公司生产的BHG—5气体保护焊丝，规格为ϕ1.2mm。应用80%Ar+20%CO_2保护气体，熔敷金属试验采用20mm厚Q345结构钢板，对接焊钢板采用宝钢生产的25mm厚Q890CFD，两种钢板的化学成分如表1所示。

（2）Q345钢熔敷金属的焊接参数　试板尺寸为500mm×180mm×20mm，由于母材为Q345船用钢板，其化学成分及力学性能与焊接材料熔敷金属相差较大，因此在实际施焊前，采用上述BHG—5焊丝对坡口两侧及衬板进行表面堆焊，堆焊层厚度约为6mm。参照2007 ASME《锅炉压力容器标准》的相关要求，将焊接坡口加工成单边22.5°，坡口间隙13mm（见图1），堆焊熔敷金属焊接参数如表2所示。

（3）Q890CFD钢对接接头焊接参数　试板尺寸为500mm×200mm×25mm，坡口形式采用X坡口，钝边4mm，坡口尺寸如图2所示。焊接时采用双面焊背面清根。由于Q890CFD钢板的碳含量及碳当量均较高，而且钢板的厚度达25mm，为防止冷裂纹产生，对接接头采取焊前预热125~150℃、焊后进行300℃保温2h消氢处理的方式；同时为了提高焊接接头的力学性能，焊接热输入控制在1.5kJ/mm以内，焊道间温度控制在135~ 165℃之间，Q890CFD钢板埋弧焊对接接头焊接参数如表2所示。

（4）熔敷金属及焊接接头试验方法　熔敷金属的拉伸、

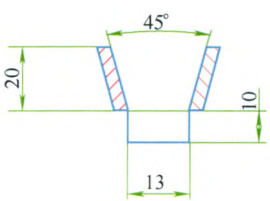


图1　熔敷金属坡口

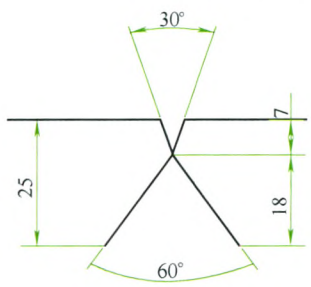


图2　对接接头试验坡口

表1　试验用钢板的化学成分（质量分数）　（%）

钢板	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	V	Al
Q345	0.15	0.29	1.43	0.011	0.001	0.003	0.02	0.010	0.013	0.025	0.001	0.038
Q890CFD	0.17	0.28	1.17	0.012	0.003	0.19	0.31	0.30	0.021	0.025	0.043	0.028

表2　焊接参数

焊接工艺	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm·min^{-1}	预热温度 /℃	道间温度 /℃	热输入量 /kJ·mm^{-1}	焊后消氢 /℃·h
堆焊	290	29	450	130	150	1.12	300×2
埋弧焊	290	29	450	130	150	1.12	300×2

冲击试验按照GB/T8110规定进行；焊接接头的横向拉伸、焊缝金属及焊接热影响区低温冲击、焊接接头侧弯试验分别按照GB2651、GB2650、GB2653规定进行；熔敷金属的化学成分按照GB228规定进行。焊接接头的微观组织分析采用4%硝酸酒精溶液腐蚀后，采用光学金相显微镜拍摄照片进行研究。

3. 试验结果及分析

（1）熔敷金属的化学成分及力学性能　表3为BHG—5焊丝熔敷金属的化学成分，从熔敷金属合金体系上看该焊丝为Cr-Ni-Mo系。焊丝熔敷金属的力学性能如表4所示。各项力学性能指标均能满足Q890级焊材的相关要求，特别焊材熔敷金属抗拉强度和屈服强度远远高于标准。

（2）Q890CFD焊接接头的力学性能及微观组织　采用BHG—5焊丝焊接的Q890CFD钢焊接接头的综合力学性能如表5所示。由表可知，Q890CFD接头拉伸均断于母材与焊缝连接处，抗拉强度为1010MPa；接头侧弯（D=3a，180°）无任何缺陷产生；焊接接头（焊缝、熔合线及线外1mm热影响区）-40℃冲击吸收能量均远远高于27J的标准。因此，采用BHG—5/80%Ar+20%CO_2焊接的Q890CFD接头，各项力学性能指标优良，满足Q890级标准要求。

焊接接头的微观组织分析结果如图3所示。BHG—5焊接的Q890CFD焊接接头母材为氏体加少量铁素体，热影响区粗晶区组织为贝氏体及少量板条状马氏体，未发现微小裂纹、气孔和未熔合等缺陷。焊缝金属微观组织，贝氏体加马氏体，未发现微小裂纹、气孔和未熔合等缺陷。

表3　熔敷金属化学成分（质量分数）　（%）

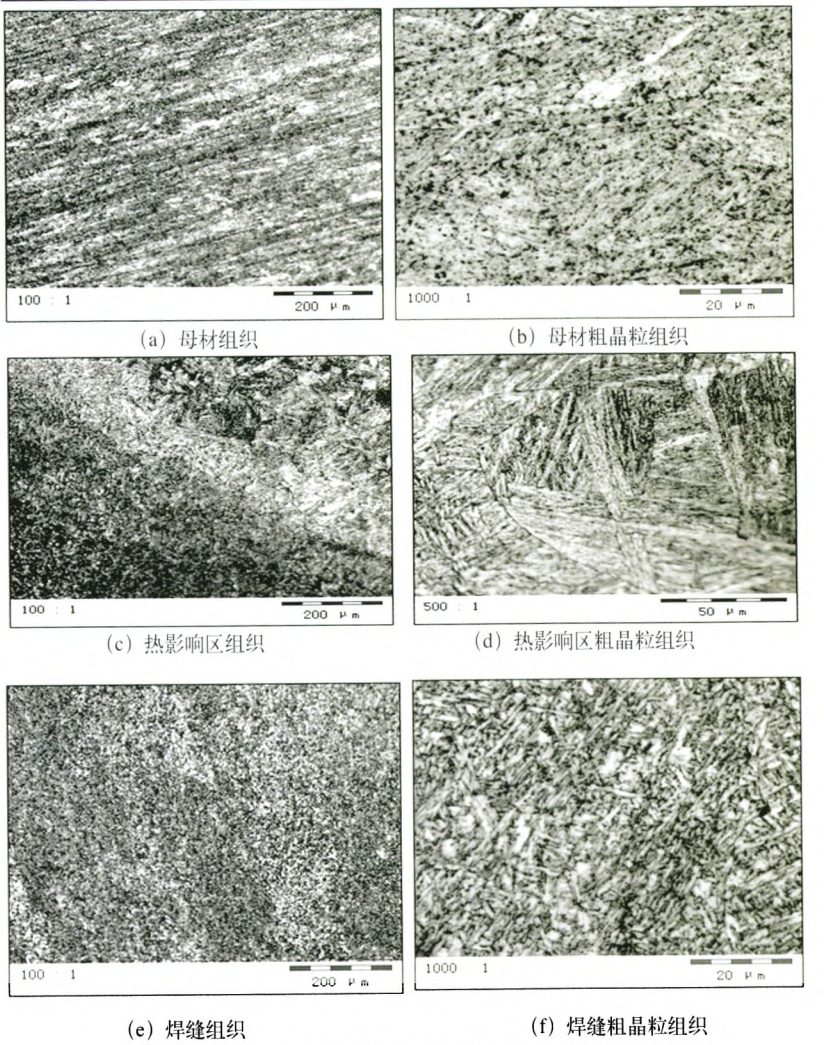
C	Si	S	P	Mn	Cr	Ni	Mo
0.095	0.46	0.001	0.006	1.72	0.31	1.22	0.56

表4　熔敷金属力学性能

焊材牌号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率（%）	-40℃夏比冲击吸收能量/J
BHG—5	955	1021	13	76、56、56/63
Q890级标准	≥890	≥940	≥13	≥27

表5　焊接接头的力学性能评定结果

焊材牌号	接头拉伸		接头侧弯	-40℃冲击吸收能量A_{KV2}/J		
	R_m/MPa	断裂位置	D=3a，180°	焊缝	熔合线	线外1mm
BHG—5	1010	母材与焊缝连接处	完好	66、56、54、59	94、118、122、113	96、100、100、99



（a）母材组织　（b）母材粗晶粒组织

（c）热影响区组织　（d）热影响区粗晶粒组织

（e）焊缝组织　（f）焊缝粗晶粒组织

图3　BHG—5焊丝焊接的Q890CFD焊接接头各部位微观组织

4. 结语

通过上述试验可知，该焊材完全满足Q890级钢板的焊接需要，可在大型工程机械、煤矿机械产品中使用。

参考文献：

[1]尹士科，等.焊接材料使用基础[M].北京：化学工业出版社，2004.5.

MW 20141108