

Ni 作中间层的 QCr0.8 与 1Cr21Ni5Ti 电子束焊接

胡太文¹ 康黎¹ 崔春翔²

(1 航天材料及工艺研究所,北京 100076)

(2 河北工业大学材料科学与工程学院,天津 300132)

文 摘 针对 QCr0.8 与 1Cr21Ni5Ti 异种合金进行了电子束焊接技术研究。与无中间过渡层形成的焊缝相比,以 Ni 作为中间过渡层的 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 的电子束焊接接头,焊缝区形成了组织、成分梯度变化的过渡区,为提高 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 电子束焊接接头的力学性能提供了良好的组织保证。

关键词 QCr0.8, 电子束焊接, 中间层

Electron Beam Welding of QCr0.8 and 1Cr21Ni5Ti With Ni Interlayer

Hu Taiwen¹ Kang Li¹ Cui Chunxiang²

(1 Aerospace Research Institute of Materials & Processing Technology, Beijing 100076)

(2 School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300132)

Abstract The microstructure of QCr0.8 and 1Cr21Ni5Ti joint by electron beam welding was analysed and investigated. Compared with the joint which formed without interlayer, the joint based Ni slice interlayer had a transition zone where the microstructures and elements distribution changed by degrees. As a result, the mechanical properties of QCr0.8 /1Cr21Ni5Ti EBW joint are improved.

Key words QCr0.8, Electron beam welding, Interlayer

0 引言

铬青铜 QCr0.8 具有高的力学、导电和导热性能,耐热性较好。1Cr21Ni5Ti 具有铁素体 Fe-Cr 和奥氏体 γ [Fe, Ni] 的双相结构,使其具有较高的强度、耐氯化物应力腐蚀性能、良好的韧性和耐腐蚀性能,二者的有效组合可同时满足新一代航天发动机推力室的冷却和高强要求。国内一些机构采用了电子束流偏向一侧金属进行铬青铜与不锈钢的焊接^[1-3]。由于铜与钢在化学成分等方面差别较大,造成二者焊接温度场分布极不均匀,焊缝中残余应力较大。

成分和组织梯度较大的异种金属焊接时,常引入中间合金来改善焊接性。由于 Ni 与 Cu 的原子半径、晶格类型、密度及比热容等均很接近,可以无限固溶,不形成金属间化合物;Ni 与 Fe 可互相无限固溶,其结晶性能、晶格类型、原子半径、外层电子数目均相近,因此本文选用 Ni 作为 QCr0.8 与 1Cr21Ni5Ti 焊接接头的中间过渡层。

1 实验

1.1 材料

QCr0.8 和 1Cr21Ni5Ti 的化学成分见表 1^[1]。

表 1 QCr0.8 与 1Cr21Ni5Ti 的化学成分

Tab.1 Chemical composition of QCr0.8 and 1Cr21Ni5Ti

材料 ¹⁾	C	Cr	Fe	Ni	Zn	Si	Mg	Pb	Mn	S	P	Ti
QCr0.8	—	0.4~0.7	≤0.05	≤0.03	≤0.015	≤0.002	≤0.002	≤0.005	—	—	—	—
1Cr21Ni5Ti	0.09~0.14	20~22	余量	4.80~5.80	—	≤0.80	—	—	≤0.80	≤0.025	≤0.035	0.25~0.50

注:1)QCr0.8 板材经 630℃×1 h 退火;1Cr21Ni5Ti 板材经 950~1 000℃ 固溶处理。

1.2 方法

QCr0.8, 厚度为 2.2 mm; 1Cr21Ni5Ti, 厚度为 1.5

收稿日期:2010-11-30

作者简介:胡太文,1981 年出生,硕士,工程师,主要从事电子束焊接等方面的研究。E-mail:hutaiwen@sina.com

mm。焊接时底面平齐，束流偏铜侧进行焊接。焊接采用电子束铜钢熔钎焊接的技术路线(图1)，即铜合金母材一侧作为钎料熔化铺展而与钢侧钎接，而钎焊界面钢侧局部微熔，从而形成熔钎焊缝的接头。试验分为无中间和 Ni 中间过渡层焊接。采用 Ni 箔预置于接头间隙中，操作过程如下：将清理好的试片放入夹具中，在接头中间加入尺寸与接触面大小一致的 Ni 箔，锁紧夹具使接触面紧贴。

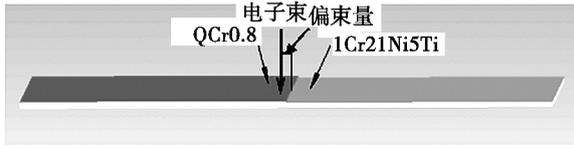


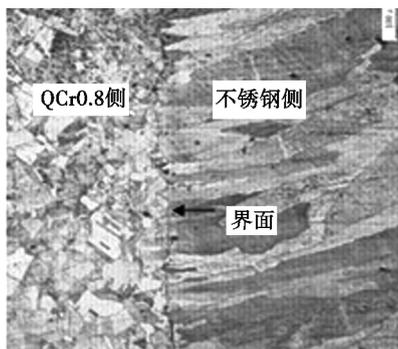
图1 焊接接头示意图

Fig.1 Scheme of QCr0.8 and 1Cr21Ni5Ti joint by electron beam welding

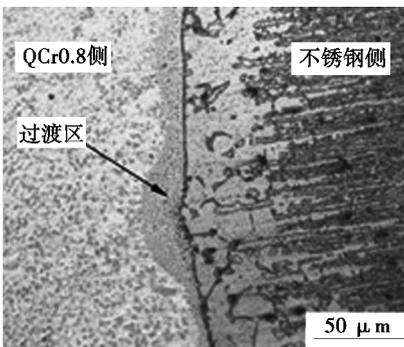
2 结果及分析

2.1 接头组织

从图2(a)可以看出焊缝中有明显的界面，而且界面两侧晶粒的形状完全不同，左侧的 QCr0.8 晶粒为等轴状，而右侧的晶粒为柱状晶，二者几乎没有任何梯度的过渡层，两种不同形式的晶粒形状就成了其自然界面；而图2(b)出现了明显的过渡区，且焊缝中心区域组织的晶粒形状为细小的等轴晶，过渡区与两侧母材组织出现了梯度变化。加 Ni 层改善了 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 焊缝的界面(图3)。



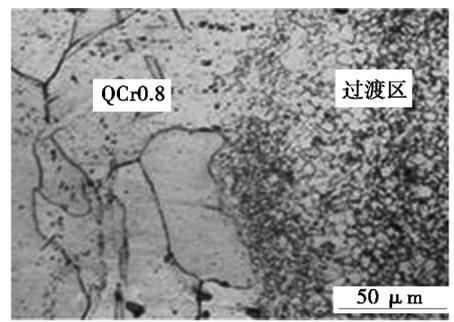
(a) 无中间层



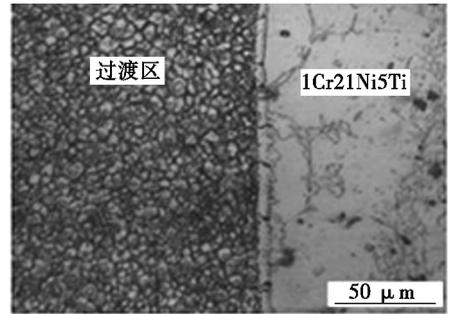
(b) Ni 中间层

图2 接头金相组织图

Fig.2 Microstructure of QCr0.8/1Cr21Ni5Ti joint by electron beam welding



(a) QCr0.8



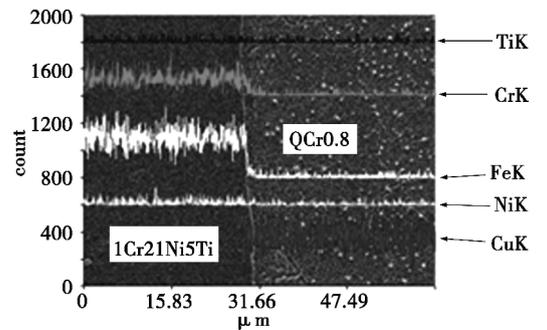
(b) 1Cr21Ni5Ti

图3 Ni 中间层过渡区与两侧母材组织图

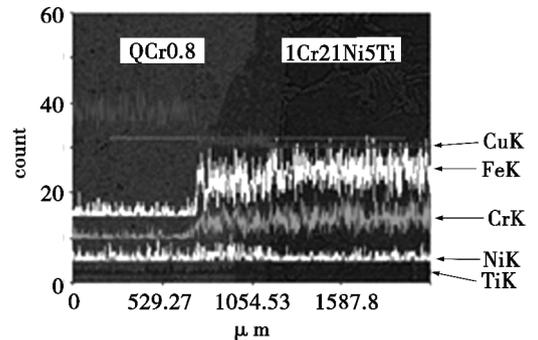
Fig.3 Microstructure of Ni interlayer and base metals

2.2 接头成分

对两种接头分别进行能谱分析，如图4所示。



(a) 无中间层



(b) Ni 中间层

图4 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 界面两侧主要元素 EDS 线扫描图

Fig.4 EDS results of QCr0.8/1Cr21Ni5Ti interfac

无中间过渡层形成的接头界面两侧的异种材料的主要元素的分布规律还是以界面为分水岭，Cu、Fe、Cr 在界面上发生陡然变化，Ni 发生了较小变化，Ti 因含量低看不出变化。主要元素含量在 QCr0.8/ 宇航材料工艺 <http://www.yhclgy.com> 2011 年 第4期

1Cr21Ni5Ti 界面处发生剧烈变化,几乎没有变化梯度。

加 Ni 中间过渡层形成的接头,焊缝组织两侧母材主要元素 Cu、Cr、Fe 的含量都存在连续变化过渡区。以 Ni 作中间过渡层,两侧母材与焊缝交界处形成元素含量连续变化的组织过渡区,该区域的形成有利于改善焊缝性能。

2.3 接头性能

表 2 给出了两种接头的拉伸结果,可以看出,Ni 中间过渡层形成的焊缝接头断裂于铜母材处,强度均值要高于无中间过渡层形成的接头,且焊缝拉伸强度稳定性好。由此可见,Ni 的加入不仅提高了焊缝的拉伸强度,而且进一步提高了焊接接头的可靠性。

表 2 接头拉伸结果

Tab.2 Tensile testing results of QCr0.8/1Cr21Ni5Ti by EBW

类别	试样	断裂位置	$\bar{\sigma}_b/\text{MPa}$
无过渡层接头	1#	铜母材侧熔合线	244
	2#	焊缝界面处	
	3#	焊缝界面处	
Ni 层接头	1#	铜母材	251
	2#	铜母材	
	3#	铜母材	

将焊接接头加工成试样进行热震试验,试验时接头两端始终施加 1 300 N 的力,温度从室温上升到 550℃,然后开始降温 5 min,再次升温到 550℃,如此循环 5 次,考察接头在此过程中是否会产生裂纹,结果见表 3,无 Ni 过渡层形成的接头在此试验中循环 4 次和 2 次时发生了断裂,而 Ni 过渡层形成的接头在循环 5 次后未发生断裂。

表 3 接头热震试验结果

Tab.3 Thermal shock testing results of QCr0.8/1Cr21Ni5Ti by EBW

试样	编号	温度循环拉伸试验
无过渡层接头	1#	循环 4 次后断裂,其位置在焊缝/1Cr21Ni5Ti 界面
	2#	循环 2 次后断裂,其位置在焊缝/1Cr21Ni5Ti 界面
Ni 层接头	1#	循环 5 次试样未断裂
	2#	循环 5 次试样未断裂

3 结论

(1) QCr0.8 与 1Cr21Ni5Ti 异种金属电子束焊接,可通过加 Ni 箔为中间层金属,束流偏向铬青铜一侧焊接,改善 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 电子束焊缝成形及接头综合性能。

(2) 在本试验条件下,无中间过渡层的 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 焊缝组织有明显的界面,且为接头的薄弱区域。以 Ni 为中间过渡层的 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 焊缝形成了一个过渡区,这个过渡区使得焊缝与两侧母材在组织和成分上连续梯度变化,优化了焊缝组织。

(3) 力学性能测试表明,Ni 作为中间过渡层提高了焊缝的拉伸强度和热震性能。

参考文献

- [1] 张秉刚,何景山,吴林,等. 铬青铜与双相不锈钢电子束焊接头组织及相构成[J]. 焊接学报,2005,26(11):89-92
- [2] 张秉刚,何景山,冯吉才,等. 铬青铜与双相不锈钢电子束焊接头组织及形成[J]. 中国有色金属学报,2004,14(9):1569-1574
- [3] 张秉刚,冯吉才,吴林,等. 铜侧束偏量对 QCr0.8/1Cr21Ni5Ti 电子束焊接头组织性能的影响[J]. 焊接,2004(6):14-17

(编辑 吴坚)