

DOI: 10.16410/j.issn1000-8365.2015.03.056

MGH956 合金在 TIG 焊接过程中 焊缝气孔的仿真研究

肖红力

(吉林省白城职业技术学院, 吉林 白城 137000)

摘 要:对 TIG 焊接过程中 MGH956 合金焊缝气孔的分布以及形成机理进行研究, 利用 Matlab 软件探究焊接工艺参数对焊缝气孔量的影响。计算机仿真及实验研究表明, TIG 焊接过程中 MGH956 合金的焊缝气孔受到了母材制造工艺、纳米氧化物以及焊缝组织的影响。焊缝气孔倾向于链状分布在熔合线附近, 合理的 TIG 焊接工艺参数可以改善 MGH956 合金的焊缝气孔量。

关键词: TIG 焊接; MGH956 合金; 焊缝气孔

中图分类号: TG401

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2015)03-0738-03

Simulation Research on Weld Porosity of MGH956 Alloy in TIG Welding Process

XIAO Hongli

(Baicheng Vocational And Technical College, Baicheng 137000, China)

Abstract: The distribution and formation mechanism of welding porosities in MGH956 alloy in TIG welding process were studied, and the effects of welding parameters on weld porosity were explored based on Matlab software. The results show that the weld porosity of MGH956 alloy in TIG welding process is affected by the manufacturing processes of base material, nano-oxide and weld structure. Weld porosity tends to chain shape and distributes in the vicinity of the fusion line. Reasonable TIG welding process parameters can improve weld porosity volume of MGH956 alloys.

Key words: TIG welding; MGH956 alloy; weld porosity

氧化物弥散强化(ODS)MGH956 合金采用纳米氧化物点强化基体, 因此在高温条件下具有较高的力学性能、抗氧化性能和抗腐蚀性能^[1], 并作为高温结构材料应用于航空航天以及能源领域。在 MGH956 合金焊接过程中, 由于其加工工艺繁琐^[2]而复杂易出现焊缝气孔问题, 从而降低焊缝质量以及接头的抗蠕变强度。然而目前关于 MGH956 合金在焊接气孔方面的研究鲜有报道^[3]。本文对 TIG 焊接过程中 MGH956 合金焊缝气孔的分布、形成机理以及焊接工艺参数的影响进行了研究, 为实现 MGH956 合金材料的电弧焊提供了技术支持。

1 实验方法

采用经热轧、冷轧和再结晶退火处理的 MGH956 合金为研究对象, 其主要化学成分及其质量分数 $w(\%)$ 为: 19.43 Cr、5.12 Al、0.50 Y_2O_3 、0.48 Ti、0.25 O、0.019 C、0.018 N, 余量为 Fe。合金试板的

规格为 50 mm×30 mm×2 mm, 经角磨机打磨和丙酮超声清洗后, 采用 MW3000 逆变化钨极氢弧焊机进行焊接, 钨极直径为 2.5 mm, 采用直流正接形式, 保护氢气的纯度为 99.9%, 流量为 10 L/min, 脉冲的幅比及宽比均为 50%。

采用 X 射线对焊接试样进行探伤检查后, 利用放大镜观察并统计焊缝气孔的分布和数量。沿垂直于焊接方向每隔 2~3 mm 在焊缝中部截取 4 个试样, 经溶液腐蚀后观察其金相组织, 腐蚀溶液的成分为 10% HNO_3 、10% HF 、80% H_2O 。焊缝和气孔的组织观察采用 JEOLJSM 7001 F 型扫描电镜和 LEICADM-2500M 型正置透镜。气孔观察中, 采用 X 射线探伤观察宏观气孔, 光学显微镜观察微观气孔。将上述工艺参数作为计算机仿真程序 Matlab 的基础输入数据, 对实验进行仿真分析。

2 实验结果及分析

2.1 气孔的形成机理

MGH956 合金的制造工艺对其 TIG 焊接过程中产生的焊缝气孔产生了显著影响。MGH956 合金采用机械合金化方法制备而成, 粉末球磨过程中新生成的碎片断口表面活性较强, 极易吸附氢气、水蒸

收稿日期: 2014-03-01

基金项目: 吉林省社科联科学研究基金资助项目(JX2013085KX21)

作者简介: 肖红力(1969-), 吉林省白城市人, 硕士, 副教授。研究方向: 金属材料性能。电话: 13394361341;

E-mail: shidaihuayuan108@163.com

气而产生氧化^[4],而且保护气体氢气因扩散较慢,仍保存在加工后的合金基体中。因此相比熔炼合金, MGH956 合金的致密性较差,材料中含有的气体孔洞在焊接过程被激活,而扩散、聚集并膨胀,形成形状不规则的小孔,并在凝固过程中形成焊缝气孔。

图 1 给出了 MGH956 合金的 TIG 焊缝和宏观气孔的组织形貌。观察图 1(a)发现,焊缝中的小孔与氧化物同时存在,这是由于吸附在纳米氧化物上的

小孔伴随氧化物在焊接过程中的聚集而聚集、冷却,而残留于焊缝中。图 1(b)中的宏观气孔易留在柱状晶中,因为熔池由过冷度较大的焊缝边界开始凝固向焊缝中心生长,生长形式为柱状晶。同时,焊缝中柱状晶的凹陷区域存在大量溶质质点,易于气泡形核和长大,合金液的粘度在凝固后期逐渐增大,而降低了气泡的上浮速度,使其留在焊缝中,并以气孔形式存在于柱状晶之间。

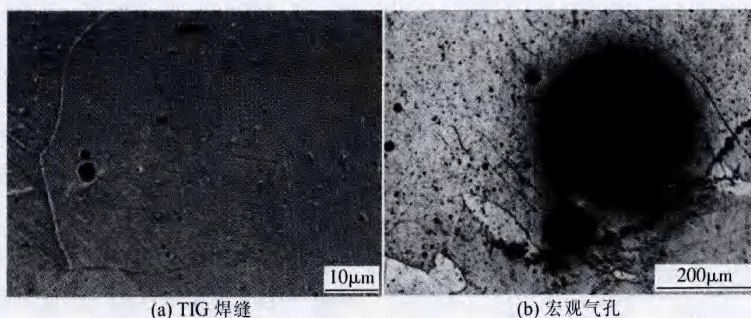


图 1 MGH956 合金的 TIG 焊缝和宏观气孔的组织形貌

Fig.1 The microstructure of weld and macro-pores in MGH956 TIG alloy

2.2 气孔的分布及形貌

焊接过程中, MGH956 合金的焊缝边缘冒出了大量的气体,与开水沸腾现象类似。这是由于焊缝中间区域的温度低于焊缝边缘,使得焊缝边缘的凝固速度较快,导致气泡未完全逸出而留在焊缝中,从而呈现了小泡现象。图 2 给出了焊缝的 X 射线探伤图,可以看出,宏观气孔多位于熔合线附近。这是由于固-液两相并存的熔合区中不均匀分布有大量母材质点,提供了气泡形核的场所,而且该区域形核所需能量较低。同时, MGH956 合金中的气体在焊接时受热而向动态熔池扩散,并聚集在熔合线附近,而

液态金属在熔合线附近存在的时间较短,使气体不能完全逸出,而且熔合区附近的柱状晶组织对气泡的上浮起到了阻止作用,从而使焊缝熔合线附近产生了大量气孔。

图 3 给出了 MGH956 合金焊缝中球形和豆荚形气孔的组织形貌。MGH956 合金中的焊缝气孔多以尺寸大小不一的球形气孔像是存在,豆荚形气孔是由两个气孔合并形成的,具有较大的尺寸和深度,且其周围每个方向都聚集了大量气泡,从而形成了团状气孔。豆荚形气孔多存在于电流为 110 A,焊接速度为 1.6 mm/s 条件下 MGH956 合金试样的焊缝中。

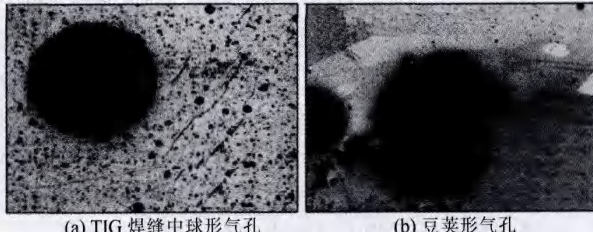


图 2 TIG 焊缝的 X 射线探伤图

Fig.2 X-ray detection figure of TIG weld

2.3 焊接工艺参数的影响

焊接工艺参数主要包括焊接电流、焊接速度和脉冲频率。根据实验条件,保持其中任意两个参数不变,改变第三个参数,利用计算机数值仿真 Matlab 软件研究单个工艺参数对焊缝气孔量的影响,并利用 plot 功能输出各参数与气孔量的关系曲线,计算机数据与输出曲线分别见表 1 和图 4。图 4 给出了 3 个参数对焊缝气孔量的影响曲线。图 4(a)



(a) TIG 焊缝中球形气孔

(b) 豆荚形气孔

图 3 TIG 焊缝中球形及豆荚形气孔的组织形貌

Fig.3 Stomatal morphology of TIG weld in spherical and pod-shaped

为焊接速度为 2 mm/s、脉冲频率为 0 条件下, MGH956 合金的焊缝气孔量变化。可以看出,焊缝气孔量伴随焊接电流的增大而逐渐增大。焊接电流为 80 A 时,焊缝气孔量仅为 4;电流增加至 140 A 后,气孔量高达 32 个。这是由于伴随焊接电流的增大,焊接热输入逐渐增大,焊缝熔深也随之增大,促进了气体扩散,使少而小的气孔变为多而大的气孔。

图 4(b)为焊接电流为 120 A、脉冲频率为 0 条

表 1 基于 Matlab 软件的焊接工艺参数对
焊缝气孔量影响的数据
Tab.1 The effects of welding parameters on the
amount of weld porosity based on Matlab software

焊接工艺参数	气孔量 / 个
焊接电流 I/A	65
	4
	95
	14
焊接速度 $V/mm \cdot s^{-1}$	115
	27
	135
	32
脉冲频率 f/Hz	1.5
	63
	2.0
	27
脉冲频率 f/Hz	2.5
	16
	3.0
	2
脉冲频率 f/Hz	4.0
	1
脉冲频率 f/Hz	1
	32
	2
	20
脉冲频率 f/Hz	3
	20
	4
	26
脉冲频率 f/Hz	5
	45
	1
	29
脉冲频率 f/Hz	50
	10
	100
	38

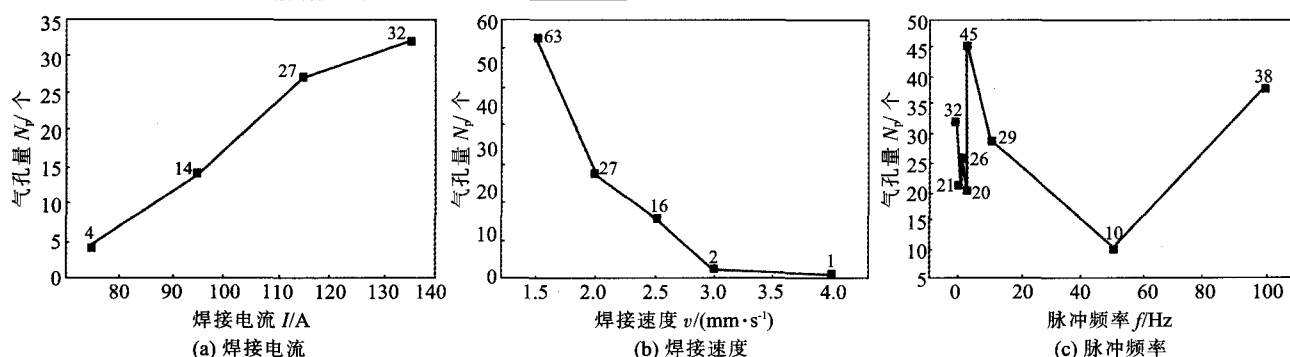


图 4 焊接工艺参数对焊缝气孔量的影响曲线

Fig.4 Affect curves of welding parameters on the amount of weld porosity

到了 38,这是因为伴随脉冲频率的增加,电磁收缩力和电弧刚度均呈增强趋势,熔池受到的搅拌作用也随之增大。气孔量在脉冲频率为 50 Hz 时为最小,这是因为该条件下电弧的振动频率等于熔池的振动频率,而出现了共振现象,熔池受到的搅拌作用最强,而且焊接时的热输入也随之降低。然而脉冲频率为 100 Hz 时,电弧压力只发生了很小的改变,熔池的搅拌作用以及液体振幅也也随之变弱,从而增大了焊缝气孔量。TIG 脉冲焊接后,MGH956 合金的焊缝气孔明显减小,均低于 0.5 mm。

3 结论

TIG 焊接过程中 MGH956 合金的焊缝气孔受到了母材制造工艺、纳米氧化物以及焊缝组织的影响。焊缝气孔倾向于链状分布在熔合线附近,这是同时受到了接头温度分布以及熔池组织结构特点的影

件下,MGH956 合金的焊缝气孔量变化。可以看出,焊缝气孔量伴随焊接速度的增大而逐渐减小。焊接速度为 1.5 mm/s 时,焊缝中气孔量为 63;焊接速度增大至 4 mm/s 时,气孔量仅为 1。这是由于在较低焊接速度条件下,焊缝的高温时间伴随单位热输入的增加而延长,进入熔池的气体数量增加,使得焊缝气泡充分扩散、长大,最终导致了焊缝气孔数量的增加。

低频脉冲可以消除焊缝缺陷,而具有电弧压缩效应的中频脉冲可以改善电弧的指向性、集中性和挺度^[5],因此脉冲频率对焊缝质量具有显著影响。图 4(c)为焊接电流为 140 A、焊接速度为 2 mm/s 条件下,MGH956 合金的焊缝气孔量变化。可以看出,脉冲频率由 0 增加至 2 Hz 后,由于焊缝金属受到了脉冲电流较大的搅拌作用,焊缝气孔量由 32 减为 20;脉冲频率增加至 3 Hz,气孔量迅速增加至 45;之后。气孔量伴随脉冲频率的增加呈现先减小后增大的趋势;脉冲频率由 10 Hz 增加至 50 Hz 后,气孔量由 29 减至 10;但是脉冲频率为 100 Hz 时,气孔量又增加

响。合理的 TIG 焊接工艺参数可以改善 MGH956 合金的焊缝气孔量,在保证熔透合金焊缝的前提下,应该尽量减少热输入和熔池高温停留,一般较小焊接电流、较大焊接速度以及适合的脉冲频率可以在一定范围内减少气孔量。

参考文献:

- [1] 张婧,单际国,温鹏,等. 焊接工艺对压铸镁合金 CO₂ 激光焊缝气孔率的影响[J]. 焊接学报, 2011(05): 17-20.
- [2] 王建. 焊缝结晶裂纹的危害及控制措施[J]. 铸造技术, 2011, 32(11): 1625-1627.
- [3] 龙开锋,牛锐锋,魏荣祥. 国产 T23 钢焊缝区显微组织分析[J]. 铸造技术, 2012, 33(09): 1099-1101.
- [4] 雷玉成,黄巍,夏晓萍,等. 超声电弧激励电流对 MGH956 合金 TIG 焊缝气孔和拉伸性能的影响[J]. 焊接学报, 2013(04): 23-26.
- [5] 孙虎飞. 浅析焊缝气孔缺陷的主要成因及防治措施[J]. 科技创新与应用, 2013, 23: 125-129.