

# MIG 堆 ( 钎 ) 焊某弹弹带工艺研究

潘玲, 姜春茂, 赵东升, 孙家利, 刘海艳, 何冰森, 王秋雨, 刘宇

(北方华安工业集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161046)

**摘要:** 为解决传统的压带、收带等工艺方式对大、中口径薄壁弹带合件加工时, 加工难度大、废品率高、材料利用率低等问题, 开展某弹弹带 MIG (钎) 焊工艺研究, 形成较好的工艺技术规范, 完成焊接小批量试制、理化分析、剪切试验及动态考核试验。焊接后的弹带合件满足产品图样和制造与验收规范要求, 材料利用率、良品率得到大幅度提高, 解决了大、中口径炮弹弹带焊接难题。结果表明该薄壁弹带合件 MIG 焊工艺加工方式可行, 为新型弹种的研制开发奠定了基础。

**关键词:** MIG 钎焊; 弹带; 弹带工艺

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-6457.2017.03.009

**中图分类号:** TG455 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2017)03-0045-03

## MIG (Bead) Braze Welding Process of Bearing Band for a Certain Bomb

PAN Ling, JIANG Chun-mao, ZHAO Dong-sheng, SUN Jia-li, LIU Hai-yan, HE Bing-sen, WANG Qiu-yu, LIU Yu

(North Hua'an Industrial Group Co., Ltd., Qiqihar 161046, China)

**ABSTRACT:** This paper aims to solve problems such as high processing difficulty, high rejection rate, low stock utilization, etc. in processing large and medium diameter thin walled bomb with traditional technology on band press and recovery, through technical study on MIG braze welding of bearing band of a certain bomb, to form favorable technical specifications, complete the trial welding, physicochemical analysis, shear test and dynamic test of a small batch. The bearing band assembly after the welding met the requirements of product drawing and manufacturing and acceptance specification. The material utilization ratio and the yield of the product were greatly improved. It is feasible for the MIG welding process of the thin walled bearing band, which lays the foundation for research and development of the new type bomb.

**KEY WORDS:** MIG braze welding; bearing band; bearing band process

弹带是炮弹的重要组成部分, 在火炮发射过程中, 炮弹在高温、高压火药气体的推进作用下嵌入火炮膛线, 封闭火药气体, 并使弹丸旋转, 在炮口处使弹丸获得预定转速, 这种旋转作用有效保证了弹丸飞行的稳定性, 从而能准确地击中目标。以往的炮弹生产, 是将弹体刻槽后再把紫铜或铜合金带镶嵌在弹体上而加工成弹带。这种方法生产的弹带与弹体之间是一种机械连接, 其缺点是弹带由机械加工完成, 造成弹带金属的浪费, 为满足强度需要, 弹体刻槽而使弹体壁厚增加, 一定程度上减少了炮弹的装药量, 有时

还会出现弹带松动的现象, 影响了射击精度。

近几年来, 为达到“高效毁伤”的目的, 需研制薄壁弹, 其特点为弹壁较薄, 装药量大, 即“薄皮大馅”。这些薄壁弹, 弹带与弹体若采用传统的连接方法, 则给总体结构设计造成极大的困难, 其已成为新型弹药研制的关键瓶颈技术之一。对此问题, 美、英、俄等发达国家早在 20 世纪七八十年代, 就开展了弹带焊接工艺的研究, 弹体不用开槽, 将弹带直接焊接到弹体上, 克服了传统连接方法的缺点。现在榴弹上普遍采用焊接弹带, 同时制定了相应的军用标准。与之相比, 国内的这方面

收稿日期: 2017-04-20

作者简介: 潘玲 (1973—), 女, 高级工程师, 主要从事金属材料成形及标准化方面的技术工作。

技术起步较晚,与国外差距较大,目前没有成熟的工艺方法,故在某弹上进行了弹带 MIG 堆(钎)焊工艺研究。

## 1 MIG 钎焊原理及特点

### 1.1 MIG 钎焊概述

MIG 堆(钎)焊又叫做电弧钎焊,实际上是一种利用比被焊接金属熔点低的材料作为填充金属,把被焊接金属链接起来的方法,采用低熔点的钎料焊丝,进行熔化极气体保护焊,在热输入很低、母材熔化极少的情况下,将焊丝金属堆焊在母材上,或是将 2 个待焊件牢固地熔合在一起。

### 1.2 MIG 堆(钎)焊焊接电源

MIG 堆(钎)焊需要有专用的焊接电源,要求电源在小电流时也能够保持电弧的稳定燃烧,可以选择最佳的焊接参数,有规律地控制电弧过渡过程,做到恰好每个脉冲过渡一个熔滴,使之焊接过程极为稳定。同时,电源要具有不同的脉冲波形,可以满足不同填充金属与不同保护气体焊接时的不同要求。

### 1.3 MIG 堆(钎)焊的焊接材料

MIG 钎焊所用的焊接材料即钎料焊丝,常用的材料是铜基钎料焊丝。当 MIG 堆(钎)焊用于堆焊时,由于焊丝熔化金属具有良好的流动性和延展性,可以较好地得到所需要的焊接金属层,通过选择合理的焊接电流、焊接电压、焊接时间等工艺参数并进行有效控制,便可满足产品图样要求的焊接金属堆化学成分和焊接接头的机械性能。

## 2 MIG 堆(钎)焊弹带工艺

### 2.1 试验设备及焊接材料选择

经与某研究所合作,使用某系统为全数字化焊接机进行焊接,该焊接机具有四轮主动送丝机构,送丝位置准确,精度高,可满足 MIG 钎焊工艺要求。焊接机头具有交流伺服摆动功能,所有焊接工艺参数均在控制面板上设定。焊丝选用 HS201,焊丝直径有  $\Phi 1.0$ ,  $\Phi 1.2$ ,  $\Phi 1.6$  mm 这 3 种,保护气体为纯 Ar。

### 2.2 焊接试验项目及要求

焊缝要求 Fe 的质量分数不大于 5%;熔深检验要求熔深  $\leq 0.4$  mm;金相组织母材为回火索氏体;焊缝无损探伤(超声波探伤)检验时,要求焊缝无裂纹、夹杂、未融合等疵病缺陷,焊接质量满足产品图样要求;进行弹体及焊缝的机械性能试验时,要求抗拉强度不小于 780 MPa,断后伸长率不小于 16%;焊缝结合强度剪切试验要求断裂位置在堆焊弹带上;射击试

验要求弹带刻痕清晰,不产生松动、位移及脱落现象。

### 2.3 MIG 堆(钎)焊弹带工艺实践

通过多次反复工艺试验,确定在母材为 35CrMnSiA 材料上进行焊接时的最佳工艺为:焊丝为 HS201,直径为  $\Phi 1.2$  mm,氩气通入速率为 17 L/min,焊接电流为 90~135 A,焊接电压为 19.5~23 V,焊接速度为 35 cm/min,摆速为 18 cm/min。按照最佳工艺完成了焊接小批量试制工作,并进行了焊后热处理试验,焊后由于水冷母材马氏体硬化,需重新调质处理,通过 900 °C 淬火、500 °C 回火后,母材组织合格。经各项理化检测分析,含铁量、熔深均满足要求;经过剪切试验,焊缝组织晶粒细化,焊缝结合强度满足要求;靶厂射击试验及动态考核,焊接质量满足制造与验收规范要求。1400 倍的熔深照片见图 1。



图 1 1400×熔深照片

Fig.1 1400 × penetration

对弹带堆焊接头的金相组织进行检验发现,堆焊层与弹体结合良好,其结合部位是原子间的结合,而不是普通的 MIG 焊熔池金属的混合,50 倍的金相组织见图 2。弹体热影响区金相组织为马氏体,400 倍的金相组织见图 3。堆焊焊缝金相组织检查满足要求。



图 2 50×金相组织照片

Fig.2 50 × metallographic structure



图 3 400×金相组织照片

Fig.3 400×metallographic structure

采用固化的焊接工艺参数焊接的弹带,对焊接弹带表面逐层车削,并进行超声波探伤无损检测。焊接弹带表面及内部均未发现夹杂、气孔、裂纹、未熔合等疵病缺陷。最佳工艺参数下焊接的弹带,经表面、车床层车、超声波无损探伤检验,其表面及内部未发现裂纹、未熔合、气孔等焊缝缺陷,焊缝缺陷检查照片见图4。焊缝缺陷检查满足要求。

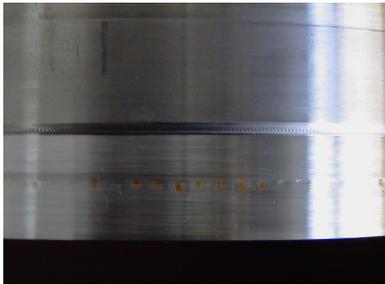


图4 焊缝缺陷检查照片  
Fig.4 Weld defect inspection

把弹体焊接接头进行机械加工,并完成了机械性能试验,发现水冷后的抗拉强度为920 MPa,断后伸长率为18%;焊后空冷的抗拉强度为890 MPa,断后伸长率为17.3%;焊后退火的抗拉强度为870 MPa,断后伸长率为20.4%;母材的抗拉强度为1020 MPa,断后伸长率为21%。对焊接后弹带焊缝进行剪切试验,其剪切强度为180 MPa,弹带与其基体连接强度大于弹带强度,断裂位置在堆焊弹带上(不在熔合线上),剪切试样照片见图5。焊缝结合强度满足要求。经过靶场强度射击试验证明,弹带刻痕清晰未有松动、位移及脱落现象,射击试验满足要求。



图5 剪切试样照片  
Fig.5 Shear specimens

### 3 结论

通过小批量焊接试制表明,某薄壁弹带合件焊接后,各部分尺寸、力学性能及技术指标均满足产品图样和制造与验收规范要求,并通过靶场动态试验考核,该MIG堆(钎)焊工艺可行。薄壁弹带合件焊接后材料利用率、良品率得到大幅度提高,形成了较好的工艺技术规范,为新型弹种的研制开发奠定了基础。

#### 参考文献:

[1] 刘川,董春林.基于轮廓法测试钛合金线性摩擦焊接的

内部残余应力[J].中国有色金属学报(英文版),2014,24(5):1387—1392.

- LIU Chuan, DONG Chun-lin. Internal Residual Stress Measurement on Linear Friction Welding of Titanium Alloy Plates with Contour Method[J]. Transactions of Non-ferrous Metals Society of China, 2014, 24(5): 1387—1392.
- [2] CHENG C J. Transient Temperature Distribution during Frictionwelding of Two Similar Material inTubular Form[J]. Welding Journal, 1962(12): 542—550.
- [3] 夏克祥,姜春茂,刘海艳,等.弹体毛坯热冲拔工艺[J].精密成形工程,2017,9(2):102—106.  
XIA Ke-xiang, JIANG Chun-mao, LIU Hai-yan, et al. Heat Drawing Process of Bullet Workblank[J]. Journal of Net-shape Forming Engineering, 2017, 9(2): 102—106.
- [4] FU L, DUAU L Y, DU S G. The Coupled Deformation and Heat Flow Analysis by Finite Element Method during Friction Welding[J]. Welding Journal, 1998, 12(6): 559—574.
- [5] 傅莉,杜随更.摩擦焊接过程数值模拟技术研究进展[J].焊接学报,2001,22(5):87—92  
FU Li, DU Sui-geng. Advance of Research on the Numerical Simulation of Friction Welding Process[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2001, 22(5): 87—92.
- [6] KLEIBER M. Finite Element Analysis of Heat Flow in Friction Welding[J]. Bozprawy Inzynierskie Engineering Transactions, 1984(1): 107—113.
- [7] OKUYUCU H, KURT A, ARCAKLIOGLU E. Artificial Neural Network Application to the Friction Stir Welding of Aluminum Plates[J]. Materials & Design, 2007, 28(1): 78—84.
- [8] 毛信孚,刘小文,孙萍,等.电磁纯铁与不锈钢摩擦焊接工艺的研究[J].航空精密制造技术,2004,40(6):38—40.  
MAO Xin-fu, LIU Xiao-wen, SUN Ping, et al. Research of Friction Welding Technology between Electromagnetic Iron and Stainless Steel[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2004, 40(6): 38—40.
- [9] 刘宏谦.浅谈摩擦焊接新技术[J].科技情报开发与经济,2005,15(14):292—293.  
LIU Hong-qian. Talking about the New Technique of the Friction Welding[J]. Science Technology Information Development & Economy, 2005, 15(14): 292—293.
- [10] MESHAM S D, MOHANDAS T, REDDY G M. Friction Welding of Dissimilar Pure Metals[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 184(1/2/3): 330—337.
- [11] 王国定.斯太尔铸钢桥壳摩擦焊接工艺的探讨和应用[J].汽车实用技术,2010(2):65—69.  
WANG Guo-ding. The Discussion and Application on the Friction Welding Processing of Steer Cast Steel Axle Housing[J]. Automobile Technology, 2010(2): 65—69.
- [12] 袁凯峰.搅拌摩擦焊技术应用与研究[J].科技导报,2012,30(20):75—79.  
YUAN Kai-feng. Friction Stir Welding Technology[J]. Science & Technology Review, 2012, 30(20): 75—79.
- [13] 姬书得,刘建光,张利国,等.焊接工艺参数对FGH96合金惯性摩擦焊过程材料塑性流动行为的影响[J].机械工程学报,2012,48(12):69—74.  
JI Shu-de, LIU Jian-guang, ZHANG Li-guo, et al. Effect of Welding Process Parameters on Material Flow Behavior of FGH96 Alloy in Inertia Friction Welding[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(12): 69—74.
- [14] 杜随更,王庆,傅莉,等.线性摩擦焊接过程三维热力耦合有限元分析[J].西北工业大学学报,2002,20(2):180—183.  
DU Sui-geng, WANG Qing, FU Li, et al. On Exploring Linear Friction Welding of Blade to Disk of Aeroengine Rotor[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2002, 20(2): 180—183.
- [15] SLUZALEC A. Thermal Effects in Friction Welding[J]. International Journal of Mechanical Sciences, 1990(6): 467—478.
- [16] LI W Y, MA T J, LI J L. Numerical Simulation of Linear Friction Welding of Titanium Alloy: Effects of Processing Parameters[J]. Materials & Design, 2010(3): 1497—1507.