

镁锂合金焊接技术研究

王喜川

(长春市机械工业学校 吉林 长春 130000)

[摘要] 镁锂合金作为重要的超轻结构材料,在不同领域的应用具有突出优势。镁锂合金密度比较低,强度和刚度都比较高,目前在航天领域的应用更加广泛。在镁锂合金焊接过程中,需要明确镁锂合金的具体特点,掌握镁锂合金在焊接中存在的技术难点,从不同角度出发对镁锂合金焊接技术进行全面分析,尽可能提高镁锂合金的整体焊接质量,为镁锂合金焊接技术的发展提供一些参考。

[关键词] 镁锂合金; 焊接技术; 实践要点

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.2088

前言

镁锂合金在传统熔焊焊接过程中会产生大量气孔、裂纹,甚至会出现材料蒸发等各种问题。因此,需要对传统焊接方法进行改进,利用TIG焊接技术,可以保证焊接接头的良好和强度,但是电弧热比较高,会直接影响镁锂合金蒸发,从而出现表面凹陷、合金元素烧损、热影响区扩大等问题,最终对接头性能产生影响。在镁锂合金焊接过程中,焊缝是影响其整体性能的重要部分,要对镁锂合金焊接技术进行深入分析,提高镁锂合金的焊接水平。

一、镁锂合金特点

镁锂合金除了应用在核工业、金属制造和军用飞机领域之外,在汽车行业发展过程中,镁锂合金的应用越来越普遍,但是受生态环境保护立法的影响,对镁锂合金进行进一步研究可以减轻汽车部件重量。目前,镁锂合金具有广泛的用途,其应用优点主要表现在以下方面:

(一) 金属结构材料的密度比较低

镁锂合金是当前最轻的金属材料,密度为普通铝合金的一半,与塑料的密度相当。

(二) 比强度较高,刚性良好

对比镁合金、镁锂合金、铝合金、塑料等材料的性能参数。镁锂合金的比强度比更高,镁锂合金的比强度比塑料更高,镁锂合金LZ91的比强度是塑料的2.5倍,与铝合金的比强度接近,但是其密度仅为铝合金的980%。在一定的条件下,钢铁的刚性为镁锂合金的4.5%左右。因此,镁锂合金的刚性相对突出。

(三) 有良好的可铸性

镁锂合金适合应用在高压压铸制造过程中,镁锂合金在室温下可以完成冲压成形,能够保证成品率在90%以上。机械加工性能也相对良好,可以进行高速转动和铣削。

(四) 在可控气氛下具有良好的可焊性

镁锂合金本身可以进行焊接,也可以与其他镁合金进行焊接。当前的焊接方法都可以在镁锂合金中应用。TIG焊、电子束焊接、激光焊接等都是镁锂合金在焊接中的重要焊接技术[1]。

(五) 导电性和导热性能比较突出

镁锂合金的热传导率相对较高,LZ91热导率大约为W/mk、碳纤维复合材料为1.5W/m。

(六) 减震性能突出

在镁锂合金使用过程中,需要对材料的抗震性能进行分析。而材料的内耗系数是对材料减震性能进行评价的重要指数。内耗系数越大,说明材料在遇到震动时能够将更多的能量在基础内部消耗,代表材料的减震性能比较突出。普通的

镁合金内耗系数大约为0.004,镁锂合金的内耗系数可以达到0.05。因此,镁锂合金制作的设备具有良好的减震性能,可以保证设备运行的稳定性。

二、锂合金焊接技术难点

镁锂合金是一种轻质金属材料也是相对新颖的材料。目前,对镁锂合金的研究相对较少,大多数镁锂合金研究偏重制备、冶炼方面,对镁锂合金的焊接性能研究比较少,并且以镁合金共性研究为主。在镁锂合金焊接技术研究过程中,采用的焊接设备以及焊接工艺与普通镁合金相同。但是镁锂合金本身具有自己的特点,其焊接要求与镁合金存在一定差异。因此,需要对镁锂合金的焊接难点全面把握。

(一) 裂纹问题

普通镁合金结晶温度区间相对较大,热裂纹的产生可能性比较高,对镁锂合金二元合金相图进行分析,发现镁锂合金的结晶区相对较小,对热裂纹的热敏感性也比较小,产生热裂纹的可能性相对较低。从这一理论出发进行研究,镁锂合金的焊接性能比普通镁合金更加优良。

(二) 氧化与蒸发难点

镁熔点为648℃,沸点为1100℃,都处于较低水平。如果热输入比较大后很容易蒸发,出现金属严重流失,从而对焊缝性能产生影响。除此之外,镁对氧具有较强的亲和力,可能会生成氧化物夹杂。镁在接近熔化温度时与空气中的氮会出现强烈反应,生成氮化物,氮化物脆性比较大,导致接头力学性能降低^[2]。

(三) 粗晶问题

镁热导率相对较高,LZ91镁锂铝合金的热导率为55W/mk。在焊接过程中,焊缝与近缝区域的晶粒会出现过分长大的情况,对焊接接头的力学性能产生影响。

(四) 烧穿和塌陷

在薄板焊接过程,热输入相对较大,很容易烧穿焊件。镁表面积的重力和表面张力、摩擦力的平衡度不足,液态金属会出现塌陷问题,对焊缝的成形效果产生负面影响。

三、镁锂合金焊接技术

(一) TIG焊接技术

在TIG焊接操作过程中,使用保护气可以隔绝空气,在焊接操作时电弧也可以对氧化物自动清除,小电流下的焊接状况比较稳定。因此,在镁锂合金焊接技术应用中,TIG焊接技术的应用比较普遍。对LZ91镁锂合金板材TIG焊接方法进行分析,并对焊接接头的显微组织和力学性能进行分析,发现焊缝成形情况比较良好,并无气孔和裂纹等缺陷。TIG焊具有明显的热效应,在焊缝区域会出现比较粗大的铸态组织以及锂元素烧损问题。热影响区还会出现部分魏氏组织。在接头显

微硬度分析过程中,其在热影响区最大,母材次之。导致这一问题的主要原因是热影响区过饱和和组织固溶强化效果对硬度产生影响,导致硬度升高,母材受轧制态变形出现加工硬化。此外,接头的屈服强度以及抗拉强度比母材比较低,会导致延伸率出现明显下降趋势,一般为母材的77.5%左右。

对镁锂合金利用同种成分的焊丝在氩气保护状态下完成TIG焊接,分析焊缝的宏观成形情况、接头组织、力学性能与断裂特征发现,完成焊接的接头焊缝成形状态良好并无宏观缺陷。而对微观组织进行分析发现,母材由不均匀 β 相等轴晶组成,镁锂合金的低熔点特点导致热影响区金属吸收大量热输入后出现了过热现象,促使该区域晶粒成长,对热影响区的组织粗化产生了负面影响。镁锂合金的高导热系数以及焊接脉冲导致熔合区的金属冷却速度比较高,出现焊缝区晶粒细化情况。热影响区也对组织粗化产生了影响,该区域是接头最薄弱的环节,导致接头力学性能下降,接头的抗拉强度比母材低16%左右。在拉伸试验过程中,接头在这一区域断裂,主要为韧-脆混合断裂。

热影响区晶粒粗化是镁锂合金TIG焊接中存在的重要问题,如果热输入比较高,会导致晶粒粗化,直接影响接头的力学性能,使其延伸率下降。因此,这是制约TIG焊接技术在镁锂合金焊接中广泛应用的重要问题。为了有效解决这一问题,需要进行深入分析,利用TIG焊完成锂含量分别为7.5%、10.2%两种镁锂合金焊接作业,同时对焊接接头的显微组织以及性能进行深入分析,发现镁锂合金的焊接接头并没有被观察到热影响区,铸态母材为平衡状态,为焊接过程中的热循环产生的微观结构变化提供了足够的驱动力。在焊接工艺相同的情况下,镁锂合金的焊缝熔深和熔宽相同,但是两种合金的熔深都比较大,并且有未焊透的问题。导致这一问题的主要原因是两种合金在熔融态的优良导热性能和马朗戈尼流反转影响。合金在熔合区以及基体显微硬度相差相对较小,并且比焊缝区更低。需要注意镁锂合金中,锂的含量为7.5%时,纤维硬度比锂含量为10.20%的合金更高。主要是因为前者的晶粒尺寸更小,并且有密排六方结构 α -Mg相。

镁锂合金TIG焊接中比较突出的问题是热输入控制工作,虽然是热输入变化范围比较大,也可以保证焊接接头成形良好,但是镁锂合金的高导热率以及低熔点特点会使热输入比较大的情况下接头热影响区域过热,出现粗大组织,对整个接头的拉伸性能产生负面影响。而热输入比较小,虽然能够避免影响区过热,但是工艺参数控制不当会直接影响熔深,甚至会出现未焊透的问题。因此,需要根据不同的材料性能和参数对焊接工艺参数进行合理调整。尤其是对热输入大小进行控制时,需要在确保热影响区不发生过热的基础上,获取成形良好、力学性能优异的接头。这是镁锂合金TIG焊接技术在研究和创新过程中必须解决的重要问题。

在未来的镁锂合金TIG焊接技术研究过程中,需要对热输入问题进行深入分析,可以从焊前预热、焊后热处理等不同角度出发进行考虑。焊前均匀预热能够保证板材的温度,降低冷却速度,确保接头组织的均匀度。从而防止热影响区过热产生不良影响。焊后热处理能够有效恢复下降的延伸率,对提升接头的综合性能有积极作用。

(二) 激光焊接技术

在激光焊应用过程中,需要利用高能量密度激光束作为

热源完成焊接操作。与传统焊接方法相比,激光焊的热量更加集中,热输入相对较小,冷却速度比较快,能够大大提高焊接效率。因此,在镁锂合金焊接方面的应用比较普遍。目前,针对镁锂合金的激光焊接技术研究也相对较多,与镁锂合金的TIG焊接技术有一定的相似度,在激光焊接技术研究过程中主要是对 $\alpha + \beta$ 双相固溶体型镁锂合金焊接方法进行分析。在焊接过程中并不需要填充金属,一般情况下激光的输出功率为1000W,焊接速度可以达到3米/分钟,保护气主要为氩气,流量为20L/min,焊接形式为对接焊接。

在激光焊接后,焊缝表面成形良好,并未发现明显焊接缺陷,焊缝内部主要包括 α 和 β 相等轴晶粒和树枝状晶粒,有明显的熔合线。但是因为激光焊接速度也比较快,因此,接头热影响区相对较窄,接头硬度比母材更高。在激光焊接中,接头断裂甚至会在母材区发生。有一些研究人员发现在对激光焊接后的接头进行250℃退火后,焊缝区会形成等轴晶粒,晶粒细化退火后,接头塑性明显改善。

现阶段,镁锂合金激光焊的研究主要集中在单一类型的镁锂合金焊接过程中,随着镁锂合金在航天领域以及其他领域的不断应用,高精度激光焊接技术在镁锂合金焊接中的应用也更加重要。因此,需要加强激光焊接创新研究工作。

(三) FSW固态焊接技术

在这种焊接技术操作过程中,焊接工具和焊接材料自成系统,可以防止锂元素挥发与其他气体出现反应。因此,在镁锂合金焊接过程中,FSW具有良好的应用前景。现阶段,有一些研究人员对 $\alpha + \beta$ 双相固溶体型镁锂合金FSW焊接技术进行了深入研究,发现该技术能够有效保证镁锂合金搭接结构的焊接质量,接头表面成形良好,并且焊缝结构相对稳定,接头组织主要包含 α 和 β 相,晶粒尺寸随着热输入增加而增大。在热输入增加的情况下,接头力学性能也有一定程度的提高。但是镁锂合金的塑性相对较差,在焊接操作后,接头塑性也会变差。因此,需要对接头进行退火处理,退火完成的镁锂合金FSW焊接接头塑性有一定改善,能够达到母材的96%左右。

结语

综上所述,镁锂合金焊接技术是新一代超轻合金,具有广泛用途。现阶段,在镁锂合金焊接技术研究过程中仍然存在一些问题,对镁锂合金的焊接技术进行研究是,需要从镁锂合金的具体类型以及焊接方法、操作要点等不同角度出发进行深入系统分析。对接头性能进行研究时,还要重视疲劳等动态性能研究工作,对镁锂合金在焊接操作过程中的组织演变机制进行深入探索,可以在一定程度上提升镁锂合金焊接技术的应用水平。有此外,加强焊接工艺、组织和性能等研究工作,可以推动镁锂合金进一步发展,提升镁锂合金的经济价值。

参考文献

- [1]傅开武,王一珠,火照燕,等.镁锂合金焊丝开发及其产业化研究[J].化工机械,2018,45(2):4.
- [2]李慧,徐荣正,侯艳喜,等.镁锂合金的焊接技术及其在航天领域的应用[J].热加工工艺,2019,48(1):4.

作者简介:

王喜川(1986年5月-),汉族,山东省黄县人,本科,讲师,研究方向:焊接专业技术应用,中职教学管理。