



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103286484 A

(43) 申请公布日 2013.09.11

---

(21) 申请号 201310280770.1

(22) 申请日 2013.07.05

(71) 申请人 王满玉

地址 312365 浙江省绍兴市上虞市崧厦镇三友村桥北 91 号

(72) 发明人 王满玉

(51) Int. Cl.

*B23K 35/40* (2006.01)

*B23K 9/173* (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

---

(54) 发明名称

一种镁合金的 MIG 焊接方法

(57) 摘要

本发明涉及一种镁合金的 MIG 焊接方法,在钎焊钎料的制备中,先制得钎料混合粉末,再采用镁带包裹粉末,并且经冷拉拔法制成钎料,可以根据需要调整最终钎焊钎料的直径和长度,整个过程未对原料进行熔融处理,因此避免了原料在熔化铸锭过程中的损失,并且无需熔炼设备,最后再采用钨级氩弧焊焊接成形。

1. 一种镁合金的 MIG 焊接方法,其特征在于,包括如下步骤:

A、钎料混合粉末的制备

(1) 根据如下原料配比,选取相应重量份数的原料:

Al 29~37

Zn 15~23

Mg 6~9

Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> 4~7

(2)将上述原料中的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉分别进行球磨,球磨采用无水乙醇进行液体保护,磨球采用钢球,转速为 350r/min,球磨时间为 3~5 小时;

(3)将上述步骤处理过的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉,以及原料中的 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> 充分混合,然后置于烘干箱中,在 100℃ ±10℃ 的温度下干燥 40 ~ 60min,保护气体为氩气,获得混合粉末;

B、钎焊钎料的制备

(4)另外选取 Mg-Mn 合金锭,其中 Mg 含量不少于 90%,将合金锭经过四辊热轧机轧至厚度为 1~2mm 的板带,其中四辊热轧机预制提前预热至 110℃,并在轧辊表面涂上润滑剂,保护气体为氩气;

(5)对于上述步骤制得的 Mg-Mn 合金带,通过机械方法截取一定长度和宽度的条带,再将其制成轧成具有开口的长条 U 形;

(6)在步骤 5) 制得长条 U 形合金条带的开口中加入一定量的步骤 1-3) 制得的混合粉末,所述 U 形合金条带与混合粉末的质量比为 0.8~1.2:1,再将长条 U 形合金条带的开口搭接后密封,将混合粉末包覆在其中,获得镁合金钎料坯料;

(7)选择拉丝模,采用冷拉拔法对步骤 6) 的镁合金钎料坯料进行拔丝,至少进行三次拉拔操作,每次变形率不超过 25%,最后制得直径为 0.5~2mm 的镁合金钎焊钎料;

C、焊接

(8)取 2-4mm 镁合金待焊板,先用丙酮清除待焊板表面的油污,然后再用砂纸机械打磨待焊板,使其两侧 20 ~ 30mm 范围内打磨露出金属光泽;

(9)对焊件正、背面同时通氩气保护 30 ~ 50s,保护气体为纯度大于 99.98% 的氩气;在接头处引燃电弧,工艺参数为:基值电流 40A ~ 60A、送丝速度 850-950mm/min、脉冲频率 65Hz ~ 75Hz,

(10)焊接结束后,继续通氩气保护 2-4min。

## 一种镁合金的 MIG 焊接方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于镁合金焊接技术领域,具体涉及到一种镁合金的焊接方法。

[0002]

### 背景技术

[0003] 材料是人类赖以生存和发展、征服自然和改造自然的物质基础,也是人类社会发展的先导,特别是现代高技术的发展,更是依赖于新材料技术的进步。新材料结构的研发是提高工业技术水平的重要支柱,如果没有现代超级结构材料的发展,就没有当今世界航空航天事业的进步。而有色金属材料是最重要的一类材料,例如镁和铝。其中镁的储量丰富,与其他常用金属相比,镁具有低密度、高比强度及可再回收利用等优点,成为人们关注的焦点,被誉为“21 世纪新型的绿色环保工程材料”。

[0004] 随着科学技术的发展,金属材料的消耗量急剧上升,目前地球上常用的金属矿产资源正日趋贫乏。目前常用的三大工程材料中 Al 和 Fe 可开采 100 ~ 300 年,而 Mg 可开采使用近千年。新世纪对材料的要求主要包括三个方面,即资源丰富、节约能源和环境保护,因此轻质高强材料符合新世纪对材料的要求,其中 Mg 合金是最具有发展前途的绿色新型结构材料。Mg 在地壳中约占 2.3%,海水中 Mg 的储量为  $2.1 \times 10^{15}$ t,盐湖中 Mg 的储量也十分巨大。我国是 Mg 的生产大国,Mg 的蕴藏丰富,占全球总储量的 22.5%。

[0005] 虽然镁被发现已有两百年的历史,但直到 20 世纪 90 年代,随着汽车工业中节能和环保的需要,对镁及镁合金的需求呈现快速、稳步上升的发展趋势。而随着镁合金制备、加工成形技术等突破,适合不同使用要求的新型镁合金得到了开发,例如高强 Mg-Al 合金及阻燃镁合金等。同时镁合金的生产成本不断降低,使用性能不断提高,大大促进了镁合金在汽车、电子、通讯及家电领域的应用,并逐渐取代部分铝及铝合金、钢铁等零部件。而镁合金作为结构材料,由于其在结构减重与承载等方面的突出优点,也在航空航天、军工国防等尖端领域扮演着越来越重要的角色。虽然我国是 Mg 资源丰富的国家,但对 Mg 合金的研究和应用起步较晚,Mg 合金产品的发展也相对滞后。Mg 合金的研究和开发主要围绕着提高材料的强度、塑性、韧性、耐蚀性以及抗疲劳等综合性能来开展,新型 Mg 合金的开发可通过采用新的合金元素、新的抗腐蚀处理工艺等进行。Mg 合金研究的关键问题在于:1) 开发适合于 Mg 合金大批量生产的重要装备;2) 新型高性能 Mg 合金系的开发;3) Mg 合金熔炼过程的气氛保护;4) Mg 合金阻燃技术和表面处理技术;5) Mg 合金与异种材料的焊接问题。

[0006] 我国将“镁合金应用及开发”列为“十五”国家科技发展规划中材料领域的重点,近 10 年来,Mg 合金新的开发研究水平得到了显著地提高。目前 Mg 合金主要包括 Mg-Al-Zn 系、Mg-Al-Mn 系、Mg-Al-Si 系和 Mg-Al-Re 系等;但为了满足各机械工业部门对 Mg 合金结构性能的要求,一些新型的 Mg 合金得到了开发,例如应用于电子通讯产品的变形镁合金,超轻、高强、耐蚀的 Mg-Li 合金和 Mg-Re 合金,应用于未来航空航天领域的高温 Mg 合金 Mg-Re-Ca-Zr 以及快凝 Mg 合金等。而随着 Mg 合金制备技术的进一步提高,相继出现了 Mg 合金阻燃技术、Mg 合金熔体环保型保护技术和 Mg 合金微弧氧化表面处理技术等,大大促进

了 Mg 合金在汽车、航空航天等领域的应用。

[0007] Mg 合金应用于在汽车工业中可以满足汽车安全、节能和环保要求,并可有效地实现汽车轻量化地目标。近年来汽车设计者和生产企业为了降低汽车尾气排放对环境的污染,在提高燃料的利用率和减少 CO<sub>2</sub> 的排放量方面开展了大量的研究,发现采用 Mg 合金零部件可大大降低车重、减少油耗、降低 CO<sub>2</sub> 的排放量。例如德国奔驰汽车采用外侧 Al 合金、内侧 Mg 合金的车门,重量比原来减少 34%;意大利生产的第二代镁轮毂仅 514kg,比铝轮毂重量减少了 28%。对于一辆中等大小的汽车,其重量减轻 10%,燃油量可以减少 6%~8%,目前国外在汽车上大规模应用 Mg 合金生产的零部件已超过 60 种。

[0008] 在电子、通讯领域, Mg 合金也得到了人们极大地关注,如电视机、计算机、显示器、摄影机等的外壳都是采用塑料制成,这些产品淘汰很快,会产生大量废弃污染材料。而采用 Mg 合金作为替代品可以有效地降低污染,目前已经有部分产品采用 Mg 合金,但仍处于研究开发阶段。

[0009] Mg 合金在航空航天、军工国防等尖端领域得到极大的重视。Mg 合金作为结构材料具有优点可以满足当今飞机机体结构材料发展的要求,目前在航空发动机、飞机及导弹蒙皮和舱体、飞机起落架外筒、卫星及火箭壳体等大量采用各种铸造及变形镁合金。采用 Mg 合金作为结构件不但可以减轻重量,还可以大大降低成本,例如人造卫星每减轻 1kg,运载火箭可减轻 500kg,可节省 1000 万美元。Mg 合金作为轻质的金属结构材料,在实现武器装备轻量化,提高武器装备各相战术性能方面将会发挥重要的作用。例如在使用较大数量的铝合金零件和工程塑料件的枪械、装甲车辆、导弹、大炮、光电仪器等军用器材中,采用 Mg 合金制造相关零件,,目前在技术上是完全可行的。随着 Mg 合金制备、加工技术的不断提高, Mg 合金必将在未来的各行业中得到更广泛的应用,为我国的可持续发展战略提供重要的资源保证。

[0010] 随着镁及镁合金在各行业中应用的迅速增长,镁及镁合金的连接问题引起人们的极大关注,但由于镁及镁合金的焊接性能不好,很难实现可靠的连接,因此镁合金以及镁合金与其他材料结构件的连接,成为制约镁合金应用的技术瓶颈和急待解决的关键技术。钎焊作为材料连接方法中的一种,是当今高技术中一项精密的连接技术,在许多行业得到广泛的应用。与熔焊方法不同,其采用了比母材熔化温度低的钎料,钎焊时钎料熔化为液态而母材保持为固态,依靠液态钎料与固态母材间的相互扩散形成冶金结合,获得牢固的接头。相对于熔焊与压焊,钎焊具有许多独特的优点。因此,有不少用其它焊接方法难阻甚至无法进行连接的结构,采用钎焊却可以解决。而且,在很多情况下,钎焊能保证焊件具有更高的可靠性。然而,相对熔焊和压焊技术,钎焊接头的强度一般比较低、耐热能力差的缺点也很明显,因此,钎焊较适于连接精密、微型、复杂、多钎缝、异类材料的焊件。

[0011] 近些年,镁合金的焊接研究取得了一定的进展,但镁合金钎焊技术还不是很成熟,铸造和挤压镁合金的钎焊方法主要有火焰钎焊、炉中钎捍、浸沾钎焊等。随着 20 世纪 90 年代镁合金应用的剧增,镁合金钎焊引起了人们的兴趣,特别是由于在航天领域作为轻体结构材料的应用。近年来一些研究者对镁合金及镁合金与铝合金的氩弧焊 (TIG、MIG)、电子束焊 (EBW)、激光焊 (LBW) 及搅拌摩擦焊 (FSW) 等进行了研究,从钎料方面来看,没有广泛应用的镁合金焊接的钎料,离工业实际大规模应用仍有相当距离。申请号为 201110000830.0 的中国专利申请公开了一种 Al - Mg - Zn 镁合金钎焊钎料,其采用溶剂保护法进行钎料合

金熔炼,浇铸成铸锭,然后采用机械分割将钎料分成长条块状。目前大多数镁合金钎料的制备方法,均是将不同合金锭加热熔炼后再通过机械方法获得,然而这种制备方法必然会原料的损失,并且熔炼设备成本高且需要专人定期维护。

[0012]

## 发明内容

[0013] 本发明提供了镁合金的 MIG 焊接方法,该镁合金焊接方法所采用的钎料无需冶金熔炼制备。

[0014] 本发明提供一种镁合金的 MIG 焊接方法,包括如下步骤:

### A、钎料混合粉末的制备

(1) 根据如下原料配比,选取相应重量份数的原料:

Al 29~37

Zn 15~23

Mg 6~9

Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> 4~7

(2) 将上述原料中的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉分别进行球磨,球磨采用无水乙醇进行液体保护,磨球采用钢球,转速为 350r/min,球磨时间为 3~5 小时;

(3) 将上述步骤处理过的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉,以及原料中的 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> 充分混合,然后置于烘干箱中,在 100°C ±10°C 的温度下干燥 40 ~ 60min,保护气体为氮气,获得混合粉末;

### B、钎焊钎料的制备

(4) 另外选取 Mg-Mn 合金锭,其中 Mg 含量不少于 90%,将合金锭经过四辊热轧机轧至厚度为 1~2mm 的板带,其中四辊热轧机预制提前预热至 110°C,并在轧辊表面涂上润滑剂,保护气体为氩气;

(5) 对于上述步骤制得的 Mg-Mn 合金带,通过机械方法截取一定长度和宽度的条带,再将其制成轧成具有开口的长条 U 形;

(6) 在步骤 5) 制得长条 U 形合金条带的开口中加入一定量的步骤 1-3) 制得的混合粉末,所述 U 形合金条带与混合粉末的质量比为 0.8~1.2:1,再将长条 U 形合金条带的开口搭接后密封,将混合粉末包覆在其中,获得镁合金钎料坯料;

(7) 选择拉丝模,采用冷拉拔法对步骤 6) 的镁合金钎料坯料进行拔丝,至少进行三次拉拔操作,每次变形率不超过 25%,最后制得直径为 0.5~2mm 的镁合金钎焊钎料;

### C、焊接

(8) 取 2-4mm 镁合金待焊板,先用丙酮清除待焊板表面的油污,然后再用砂纸机械打磨待焊板,使其两侧 20 ~ 30mm 范围内打磨露出金属光泽;

(9) 对焊件正、背面同时通氩气保护 30 ~ 50s,保护气体为纯度大于 99.98% 的氩气;在接头处引燃电弧,工艺参数为:基值电流 40A ~ 60A、送丝速度 850-950mm/min、脉冲频率 65Hz ~ 75Hz,

(10) 焊接结束后,继续通氩气保护 2-4min。

[0015] 本发明的有益效果在于:首先,本发明在钎焊钎料的制备中,先制得钎料混合粉末,再采用镁带包裹粉末,并且经冷拉拔法制成钎料,可以根据需要调整最终钎焊钎料的直

径和长度,整个过程未对原料进行熔融处理,因此避免了原料在熔化铸锭过程中的损失,并且无需熔炼设备,制备工艺简单。其次,本发明在材料的选择上通过大量实验,最终得出上述成分优化配置,其中 $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ 作为活化剂,钎焊过程中起熔解氧化镁的作用。最后,本发明对Mg粉、Zn粉和Al粉采用球磨处理,进一步减小粉末粒度使其活化,可以改善烧结体的强度,改善其延伸率。

[0016] 具体实施方式:

下面结合实施例对本发明作进一步说明,以阐明本发明的显著进步和实质性特点,但本发明决非仅局限于实施例。

[0017] 实施例 1

A、钎料混合粉末的制备

(1) 根据如下原料配比,选取相应重量份数的原料:

Al	29
Zn	23
Mg	6
$\text{Na}_3\text{AlF}_6$	7

(2) 将上述原料中的Mg粉、Zn粉和Al粉分别进行球磨,球磨采用无水乙醇进行液体保护,磨球采用钢球,转速为350r/min,球磨时间为3~5小时;

(3) 将上述步骤处理过的Mg粉、Zn粉和Al粉,以及原料中的 $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ 充分混合,然后置于烘干箱中,在 $100^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 的温度下干燥40~60min,保护气体为氮气,获得混合粉末;

B、钎焊钎料的制备

(4) 另外选取Mg-Mn合金锭,其中Mg含量不少于90%,将合金锭经过四辊热轧机轧至厚度为1mm的板带,其中四辊热轧机预制提前预热至 $110^\circ\text{C}$ ,并在轧辊表面涂上润滑剂,保护气体为氩气;

(5) 对于上述步骤制得的Mg-Mn合金带,通过机械方法截取一定长度和宽度的条带,再将其制成轧成具有开口的长条U形;

(6) 在步骤5)制得长条U形合金条带的开口中加入一定量的步骤1-3)制得的混合粉末,所述U形合金条带与混合粉末的质量比为0.8:1,再将长条U形合金条带的开口搭接后密封,将混合粉末包覆在其中,获得镁合金钎料坯料;

(7) 选择拉丝模,采用冷拉拔法对步骤6)的镁合金钎料坯料进行拔丝,至少进行三次拉拔操作,每次变形率不超过25%,最后制得直径为0.8mm的镁合金钎焊钎料;

实施例 2

A、钎料混合粉末的制备

(1) 根据如下原料配比,选取相应重量份数的原料:

Al	32
Zn	119
Mg	7
$\text{Na}_3\text{AlF}_6$	6

(2) 将上述原料中的Mg粉、Zn粉和Al粉分别进行球磨,球磨采用无水乙醇进行液体保护,磨球采用钢球,转速为350r/min,球磨时间为3~5小时;

(3)将上述步骤处理过的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉,以及原料中的  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  充分混合,然后置于烘干箱中,在  $100^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$  的温度下干燥 40 ~ 60min,保护气体为氮气,获得混合粉末;

#### B、钎焊钎料的制备

(4)另外选取 Mg-Mn 合金锭,其中 Mg 含量不少于 90%,将合金锭经过四辊热轧机轧至厚度为 1.5mm 的板带,其中四辊热轧机预制提前预热至  $110^\circ\text{C}$ ,并在轧辊表面涂上润滑剂,保护气体为氩气;

(5)对于上述步骤制得的 Mg-Mn 合金带,通过机械方法截取一定长度和宽度的条带,再将其制成轧成具有开口的长条 U 形;

(6)在步骤 5) 制得长条 U 形合金条带的开口中加入一定量的步骤 1-3) 制得的混合粉末,所述 U 形合金条带与混合粉末的质量比为 1:1,再将长条 U 形合金条带的开口搭接后密封,将混合粉末包覆在其中,获得镁合金钎料坯料;

(7)选择拉丝模,采用冷拉拔法对步骤 6) 的镁合金钎料坯料进行拔丝,至少进行三次拉拔操作,每次变形率不超过 25%,最后制得直径为 1.2mm 的镁合金钎焊钎料;

### 实施例 3

#### A、钎料混合粉末的制备

(1)根据如下原料配比,选取相应重量份数的原料:

Al	37
Zn	15
Mg	9
$\text{Na}_3\text{AlF}_6$	4

(2)将上述原料中的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉分别进行球磨,球磨采用无水乙醇进行液体保护,磨球采用钢球,转速为 350r/min,球磨时间为 3~5 小时;

(3)将上述步骤处理过的 Mg 粉、Zn 粉和 Al 粉,以及原料中的  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  充分混合,然后置于烘干箱中,在  $100^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$  的温度下干燥 40 ~ 60min,保护气体为氮气,获得混合粉末;

#### B、钎焊钎料的制备

(4)另外选取 Mg-Mn 合金锭,其中 Mg 含量不少于 90%,将合金锭经过四辊热轧机轧至厚度为 1~2mm 的板带,其中四辊热轧机预制提前预热至  $110^\circ\text{C}$ ,并在轧辊表面涂上润滑剂,保护气体为氩气;

(5)对于上述步骤制得的 Mg-Mn 合金带,通过机械方法截取一定长度和宽度的条带,再将其制成轧成具有开口的长条 U 形;

(6)在步骤 5) 制得长条 U 形合金条带的开口中加入一定量的步骤 1-3) 制得的混合粉末,所述 U 形合金条带与混合粉末的质量比为 1.2:1,再将长条 U 形合金条带的开口搭接后密封,将混合粉末包覆在其中,获得镁合金钎料坯料;

(7)选择拉丝模,采用冷拉拔法对步骤 6) 的镁合金钎料坯料进行拔丝,至少进行三次拉拔操作,每次变形率不超过 25%,最后制得直径为 1.6mm 的镁合金钎焊钎料;

### 实施例 4

焊接试件为厚度 1.7 mm 的 AZ31B 镁合金板,采用实施例 1 的钎焊钎料,然后采用如下步骤:

先用丙酮清除待焊板表面的油污,然后再用砂纸机械打磨待焊板,使其两侧 20 ~ 30mm

范围内打磨露出金属光泽；

对焊件正、背面同时通氩气保护 30 ~ 50s, 保护气体为纯度大于 99.98% 的氩气；在接头处引燃电弧, 工艺参数为：基值电流 40A ~ 60A、送丝速度 850-950mm/min、脉冲频率 65Hz ~ 75Hz,

焊接结束后, 继续通氩气保护 2-4min。

#### [0018] 实施例 5

焊接试件为厚度 2.5 mm 的 AZ31B 镁合金板, 采用实施例 1 的钎焊钎料, 其余步骤同实施例 4；

#### 实施例 6

焊接试件为厚度 3.5 mm 的 AZ31B 镁合金板, 采用实施例 1 的钎焊钎料, 然后采用如下步骤：

最后对钎焊接头进行剪切强度测试和拉伸强度测试, 接头剪切强度试验方法按照 GB11363.89 (钎焊接头强度试验方法) 进行, 焊后的试件在 MTS810 力学性能试验机上测定接头的抗剪强度。测试时, 夹持的夹具移动速度 0.5mm/s, 数据率 5.0 点/秒, 温度 18℃, 记录接头断裂时所施加的载荷。

[0019] 接头拉伸强度试验方法是利用线切割将所制备的钎焊接头切成 GB11363-89 (钎焊接头强度试验方法) 规定的拉伸试样尺寸, 使焊缝居中, 并用砂纸将切割面磨平。拉伸试验在 MTS810 力学性能试验机上进行, 夹持的夹具移动速度 0.5mm/s, 数据率 5.0 点/秒, 温度 18℃, 记录接头断裂时所施加的载荷。

[0020] 最后实验结果如下表

	剪切强度 (Mpa)	拉伸强度 (Mpa)
实施例 4	75	84
实施例 5	76	82
实施例 6	72	89