



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116000455 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 25

(21) 申请号 202211735486.4

(22) 申请日 2022.12.30

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工
路2号

(72) 发明人 宋刚 张兆栋 王红阳 刘黎明
郎强

(74) 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212

专利代理师 徐华燊 李洪福

(51) Int. Cl.

B23K 26/346 (2014.01)

B23K 101/36 (2006.01)

B23K 103/18 (2006.01)

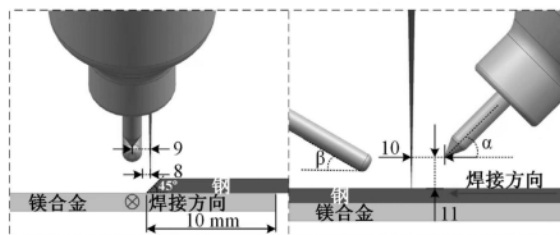
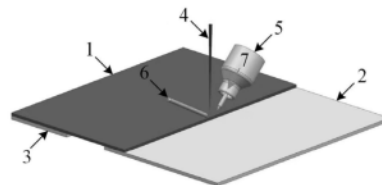
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种镁/钢异质金属电子器件结构搭接焊方法

(57) 摘要

本发明提供一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,针对钢在上、镁合金在下的典型电子器件搭接结构,采用激光与电弧复合热源焊接技术,对待焊钢边缘开一定角度全坡口,利用填充镁合金焊丝、用或不用金属夹层或金属镀层的方式,结合接头结构设计,调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置以及激光和电弧焊接工艺参数,对搭接接头的余高、熔深、焊宽以及力学性能进行调控和改善,获得具有低余高、窄焊宽、高强度的镁合金/钢搭接焊接头。本发明有效解决由于Mg-Fe难固溶不反应导致的镁合金焊丝难铺展;钢侧壁与焊丝之间冶金结合弱,侧壁成为失效源,接头强度低等问题,保证了镁合金背部完整和实现了小尺寸高成形精度和高结合强度焊接。



1. 一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于:针对钢在上、镁合金在下的典型电子器件搭接结构,采用激光与电弧复合热源焊接技术,对待焊钢边缘开一定角度全坡口,利用填充镁合金焊丝、用或不用金属夹层或金属镀层的方式,结合接头结构设计,调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置以及激光和电弧焊接工艺参数,对搭接接头的余高、熔深、焊宽以及力学性能进行调控和改善,获得具有低余高、窄焊宽、高强度的镁合金/钢搭接焊接头。

2. 根据权利要求1所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于具有如下步骤:

S1、焊接前使用砂纸、酒精和丙酮将具有一定尺寸厚度的镁合金和钢待焊金属表面的油杂物及氧化膜去除,对待焊钢边缘开一定角度全坡口,坡口角度为 $0^{\circ}\sim 75^{\circ}$;

S2、对步骤S1处理完成的镁合金和钢板在焊接卡具上进行固定装卡,采用钢在上、镁合金在下的平板搭接结构,设置搭接宽度,通过直接焊或者填充镁合金焊丝、添加金属夹层或金属镀层的焊接方式;

S3、调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置以及激光和电弧的焊接工艺参数,包括但不限于:激光功率、激光离焦量、电弧电流、钨极高度、钨极尖端与激光束的横向距离和纵向距离、焊接速度、送丝速度、送丝角度、气体流量,其中,激光束作用在钢侧坡口上,电弧和焊丝同轴作用在镁合金侧,激光与电弧采用不同轴焊接方式;对步骤S2装卡完成的镁合金/钢搭接接头进行激光与电弧复合热源焊接;

S4、对步骤S3焊接完成的镁合金/钢搭接接头,为防止焊后接头变形,焊接卡具保持按压状态,直至接头冷却至室温后卸载,完成镁合金/钢搭接焊接。

3. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S1所述镁合金为铸造镁合金或变形镁合金;镁合金/钢搭接结构的焊接方式是点连接或者线连接方式。

4. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S1所述钢为低强度钢或高强度钢或超高强度钢,钢厚度 $\leq 3\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S2所述搭接宽度为 $0\sim 20\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S2所述焊丝为AZ、AM、AS(Mg-Al-Si)、MR系镁合金焊丝,焊丝直径 $\leq 2.0\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S2所述金属夹层或金属镀层为Cu、Zn、Sn、Al、Ni、Cu-Sn、Cu-Zn、Cu-Ni,镀层方式为电镀、化学镀和真空镀;金属夹层或金属镀层厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征在于,步骤S3所述焊接工艺参数范围应满足:

激光作用于坡口,激光距离钢侧坡口底部的水平距离为 $0\sim 3\text{mm}$;激光功率为 $0\sim 2000\text{W}$;激光离焦量为 $0\sim \pm 10\text{mm}$;电弧和焊丝同轴作用在镁侧,电弧电流为 $40\sim 200\text{A}$;钨极高度为 $0.5\sim 3.0\text{mm}$;钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离为 $0\sim 3.0\text{mm}$;钨极尖端与激光束垂直于焊接方向的横向距离为 $0\sim 3.0\text{mm}$;焊接速度为 $100\sim 2000\text{mm/min}$;送丝速度为 $500\sim 5000\text{mm/min}$;送丝角度为 $10^{\circ}\sim 75^{\circ}$;气体流量为 $10\sim 20\text{L/min}$ 。

9. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特征
在于,步骤S3中激光热源选用固体激光、气体激光或半导体激光,激光作用方式为脉冲、连
续、脉冲振荡和连续振荡模式。

10. 根据权利要求2所述的一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法,其特
征在于,步骤S3中电弧热源选用非熔化极气体保护焊、熔化极气体保护焊。

一种镁/钢异质金属电子器件结构搭接焊方法

技术领域

[0001] 本发明属于材料工程技术领域,特别地是适用一种镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法。

背景技术

[0002] 镁合金作为最轻的金属工程结构材料,密度仅为铝的2/3,钢的1/4。镁合金具有比强度高、加工切削性能好、散热性能好、抗冲击载荷性能好、电磁屏蔽性和抗辐射性能好等特点,是理想的电子元器件制造金属材料。电子行业中,镁合金主要用于制造产品外观部件和散热部件,以达到轻量化和散热的效果。镁合金的大量应用必然涉及到与他零部件的连接需求,例如笔记本电脑产品中,不锈钢键盘托与镁合金键盘框的焊接结构设计,以及碳素工具钢的旋转转轴与镁合金底座的焊接结构设计等,上述设计实质上属于钢在上、镁合金在下的镁合金/钢搭接结构焊接问题。然而,电子产品要求镁合金/钢焊接接头需确保镁合金背部外观完整,且产品接头尺寸小、成形精度高,上述镁合金/钢新结构的出现对焊接技术提出了新挑战。

[0003] 现有的文献表明,镁合金/钢的对接焊接已取得巨大突破,利用改变热源作用位置和添加夹层的方式,接头拉伸强度可达镁合金基体拉伸强度的95%以上(CN103551759A, CN108188582B)。而关于钢在上、镁合金在下的镁合金/钢搭接连接研究极少,主要存在以下亟需解决的问题:钢在上的钢/镁合金焊接必须进行填丝处理,而Mg-Fe之间为难固溶不反应体系,焊丝难以润湿铺展;钢侧侧壁与焊丝之间冶金结合弱,侧壁成为失效源,接头强度低;很难保证不破坏镁合金背部完整的同时,还要实现小尺寸高成形精度和高结合强度焊接。而现有的工艺存在诸多局限性,很难同时满足或解决上述问题。

[0004] 因此,钢在上、镁合金在下的镁合金/钢焊接结构件设计和制备迫切需要开发出先进的焊接技术。

发明内容

[0005] 面向电子器件产品对镁合金/钢搭接接头设计与制备需求,针对镁合金/钢搭接焊存在的焊丝难润湿铺展、钢侧壁与焊丝之间冶金结合弱、接头强度低,以及确保不破坏镁合金背部完整的同时,还要实现小尺寸高成形精度和高结合强度焊接等挑战,本发明提供一种用于镁合金/钢异质金属电子器件的搭接焊方法。首先利用激光与电弧复合焊接技术,采用钢在上、镁在下的焊接结构,通过钢侧开一定角度的全坡口,利用填充镁合金焊丝、用或不用金属夹层或金属镀层的方式,其次通过调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置、以及激光和电弧等焊接工艺参数,使激光束作用在钢侧坡口,而电弧和焊丝同轴作用在镁合金侧,一方面保证镁合金背部外观完整,另一方面对接头的余高、熔深、焊宽,以及力学性能进行调控和改善,最后获得具有镁合金背部完整、低余高、窄焊宽和高强度的钢/镁合金搭接接头。本发明通过钢侧开一定角度的全坡口,可彻底解决焊丝难铺展,消除钢侧壁冶金结合弱的问题。且激光束直接作用于钢侧坡口,坡口产生高冶金反应温度的强韧相强化接头。而

电弧和焊丝同轴作用于镁侧,控制激光与电弧的横向距离(错位量)、焊接速度和送丝速度,同时在激光对电弧放电位置的诱导以及电弧力对焊丝熔滴过渡的影响下,保证了镁合金背部完整和实现了小尺寸高成形精度和高结合强度焊接,焊后接头抗拉载荷可达1173.6N。

[0006] 本发明采用的技术手段如下:

[0007] 针对钢在上、镁合金在下的典型电子器件搭接结构,采用激光与电弧复合热源焊接技术,利用填充镁合金焊丝、用或不用金属夹层或金属镀层的方式,结合接头结构设计,调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置以及激光和电弧等焊接工艺参数,精确地对搭接接头的余高、熔深、焊宽以及力学性能进行调控和改善,并确保镁合金背部完整美观,可获得具有低余高、窄焊宽、高强度的镁合金/钢搭接焊接头。其步骤如下:

[0008] S1、焊接前使用砂纸、酒精和丙酮将具有一定尺寸厚度的镁合金和钢待焊金属表面的油杂物及氧化膜去除,对待焊钢边缘开一定角度全坡口;

[0009] S2、对步骤S1处理完成的镁合金和钢板在自制的焊接卡具上进行固定装卡,采用钢在上、镁合金在下的平板搭接结构,设置搭接宽度,通过直接焊或者填充镁合金焊丝、添加金属夹层或金属镀层等焊接方式;

[0010] S3、调节激光束、焊丝和电弧的相对空间位置以及激光和电弧的焊接工艺参数(包括:激光功率、激光离焦量、电弧电流、钨极高度、钨极尖端与激光束的横向距离和纵向距离、焊接速度、送丝速度、送丝角度、气体流量等),其中,激光束作用在钢侧坡口上,电弧和焊丝同轴作用在镁合金侧,激光与电弧采用不同轴(调整两者横向距离即错位量)焊接方式;对步骤S2装卡完成的镁合金/钢搭接接头进行激光与电弧复合热源焊接。

[0011] S4、对步骤S3焊接完成的镁合金/钢搭接接头,为防止焊后接头变形,焊接卡具保持按压状态,直至接头冷却至室温后卸载,完成镁合金/钢搭接焊接。

[0012] 进一步地,步骤S1所述镁合金可选为铸造镁合金或变形镁合金。

[0013] 进一步地,步骤S1所述镁合金/钢搭接结构的焊接方式可以是点连接或者线连接方式。

[0014] 进一步地,步骤S1所述钢可选为低强度钢($<500\text{MPa}$)或高强度钢($500\text{MPa}\sim 1000\text{MPa}$)或超高强度钢($>1000\text{MPa}$),钢厚度 $\leq 3\text{mm}$ 。

[0015] 进一步地,步骤S1所述坡口角度可选为 $0^\circ\sim 75^\circ$ 。

[0016] 进一步地,步骤S2所述搭接宽度为 $0\sim 20\text{mm}$ 。

[0017] 进一步地,步骤S2所述焊丝可选为AZ(Mg-Al-Zn)、AM(Mg-Al-Mn)、AS(Mg-Al-Si)、MR(Mg-Re)系镁合金焊丝,焊丝直径 $\leq 2.0\text{mm}$ 。

[0018] 进一步地,步骤S2所述金属夹层或金属镀层可选为Cu、Zn、Sn、Al、Ni、Cu-Sn、Cu-Zn、Cu-Ni。镀层方式可以电镀、化学镀和真空镀。金属夹层或金属镀层厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

[0019] 进一步地,步骤S3所述焊接工艺参数范围应满足:

[0020] 激光作用于坡口,激光距离钢侧坡口底部的水平距离可选为 $0\sim 3\text{mm}$;激光功率可选为 $0\sim 2000\text{W}$;激光离焦量可选为 $0\sim \pm 10\text{mm}$;电弧和焊丝同轴作用在镁侧,电弧电流可选为 $40\sim 200\text{A}$;钨极高度可选为 $0.5\sim 3.0\text{mm}$;钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离(D1a)可选为 $0\sim 3.0\text{mm}$;钨极尖端与激光束垂直于焊接方向的横向距离(错位量)可选为 $0\sim 3.0\text{mm}$;焊接速度可选为 $100\sim 2000\text{mm/min}$;送丝速度可选为 $500\sim 5000\text{mm/min}$;送丝角度可选为 $10^\circ\sim 75^\circ$;气体流量可选为 $10\sim 20\text{L/min}$ 。

[0021] 进一步地,步骤S3所述的激光热源,可选用固体激光、气体激光或半导体激光,激光作用方式可为脉冲、连续、脉冲振荡和连续振荡模式。

[0022] 进一步地,步骤S3所述的电弧热源可选用非熔化极气体保护焊(TIG/TAG)、熔化极气体保护焊(MIG/MAG)。

[0023] 较现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0024] 1、本发明可实现激光与电弧热源的分配,即激光与电弧可实现不同轴焊接(错位量),使激光束作用在钢侧坡口,而电弧和焊丝同轴作用在镁侧;

[0025] 2、本发明创新地在镁合金/钢搭接接头钢侧边缘开一定角度全坡口,可彻底解决焊丝难铺展和钢侧壁冶金结合弱成为失效源的问题;

[0026] 3、本发明由于激光束作用在钢侧坡口,坡口表面发生局部熔化,与熔化的镁合金焊丝接触,在界面处形成高冶金反应温度的强韧相,强化接头力学性能。

[0027] 4、本发明电弧和焊丝同轴作用于镁侧,通过控制错位量、焊接速度和送丝速度,同时在激光对电弧放电位置的诱导以及电弧力对焊丝熔滴过渡的影响下,保证了镁合金背部完整和实现了小尺寸高成形精度和高结合强度焊接。

[0028] 综上,本发明一是以钢在上、镁在下的镁合金/钢搭接接头为对象,通过在钢侧边缘开一定角度的全坡口,解决由于Mg-Fe难固溶不反应导致的镁合金焊丝在钢上难铺展,以及钢侧壁冶金结合弱成为失效源的问题。二是利用激光与电弧复合热源焊接技术,进行能量分配,利用高能量密度的激光束直接作用于钢侧坡口,坡口在激光作用下发生局部熔化,与熔化的镁合金焊丝之间形成高冶金反应温度界面,产生高温强韧相来进行连接。而电弧与焊丝同轴作用在镁侧,电弧放电位置受激光诱导向坡口发生偏转,具体放电位置受错位量大小控制,电弧放电位置的转移是保证镁合金背部完整的关键条件。而焊丝熔滴过渡过程受电弧力和重力的合力影响同样向坡口发生偏转,从而均匀铺展在钢坡口和镁合金基体之间。焊丝铺展的位置同样受错位量大小控制。最后通过控制坡口角度、激光距坡口底部的水平距离、错位量、电弧电流、焊接速度和送丝速度等,即可对接头余高、焊宽和力学性能进行精确调控和改善,获得具有镁合金背部完整、低余高、窄焊宽和高强度的钢/镁合金搭接接头。

附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做以简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0030] 图1为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中搭接填丝焊的焊接示意图。

[0031] 图2为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金不同坡口角度下获得的接头宏观形貌和横截面形貌。

[0032] 图3为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金不同坡口角度下获得的接头抗拉强度测试结果。

[0033] 图4为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金45度坡口,不同错位量下获得的接头宏观形貌和横截面形貌。

[0034] 图5为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金45度坡口,不同错位量下获得的接头抗拉强度测试结果。

[0035] 图6为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金界面元素面能谱分析结果。

[0036] 图7为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中45度坡口,不同错位量下激光与电弧放电位置关系高速摄像捕捉图。

[0037] 图8为本发明镁/钢异质金属电子器件搭接焊方法中SK7碳素工具钢/AZ31B镁合金接头45度坡口,不同错位量下激光与电弧位置关系示意图。

[0038] 图中:1、钢板;2、镁合金板;3、垫块;4、激光束;5、电弧焊枪;6、焊丝;7、保护气体;8、激光向钢侧偏移量;9、激光与电弧横向距离;10、激光与电弧纵向距离;11、钨极尖端距离钢表面高度。

具体实施方式

[0039] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0040] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0041] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0042] 如图1所示,本发明提供了一种镁/钢异质金属电子器件结构搭接焊方法,具体包括如下步骤:

[0043] 首先,焊接前使用砂纸、酒精和丙酮将具有一定尺寸厚度的钢和镁合金待焊金属表面的油杂物及氧化膜去除,对待焊钢边缘开一定角度全坡口,坡口角度满足 $0^{\circ}\sim 75^{\circ}$,如 45° 全坡口。

[0044] 对处理完成的镁合金和钢板在自制的焊接卡具上进行固定装卡,采用钢板1在上,镁合金板2在下,垫块3在钢板1的下方的平板搭接结构,设置搭接宽度 $0\sim 20\text{mm}$,采用填镁合金焊丝、用或不用添金属夹层或金属镀层的方式;

[0045] 所填焊丝可选为AZ(Mg-Al-Zn)、AM(Mg-Al-Mn)、AS(Mg-Al-Si)、MR(Mg-Re)系镁合金焊丝,焊丝直径 $\leq 2.0\text{mm}$ 。

[0046] 所选金属夹层或金属镀层可选为Cu、Zn、Sn、Al、Ni、Cu-Sn、Cu-Zn、Cu-Ni。镀层方式可以电镀、化学镀和真空镀。金属夹层或金属镀层厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

[0047] 调节激光束4、焊丝6和电弧焊枪5的相对空间位置、以及激光和电弧的实验参数,激光向钢侧偏移量8、激光与电弧横向距离9、激光与电弧纵向距离10、钨极尖端距离钢表面

高度11等参数应满足:

[0048] 激光作用于坡口,激光距离钢侧坡口底部的水平距离可选为0~3mm;激光功率可选为0~2000W;激光离焦量可选为0~±10mm;电弧和焊丝同轴作用在镁侧,电弧电流可选为40~200A;钨极高度可选为0.5~3.0mm;钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离(D_{1a})可选为0~3.0mm;钨极尖端与激光束垂直于焊接方向的水平距离(错位量)可选为0~3.0mm;焊接速度可选为100~2000mm/min;送丝速度可选为500~5000mm/min;送丝角度可选为 10° ~ 75° ;气体流量可选为10~20L/min。

[0049] 对装卡完成和参数设置完成的钢在上的钢/镁合金搭接接头进行激光-电弧复合热源焊接(如图1),所述激光,可选用固体激光、气体激光或半导体激光,激光作用方式可为脉冲、连续、脉冲振荡和连续振荡模式。所述电弧可选用非熔化极气体保护焊(TIG/TAG)、熔化极气体保护焊(MIG/MAG),保护气体7的进入如图1所示。

[0050] 对焊接完成的镁合金/钢搭接接头,为防止焊后接头变形,焊接卡具保持按压状态,直至接头冷却至室温后卸载,完成钢在上的钢/镁合金搭接焊接(如图2和图4)。

[0051] 图2为SK7碳素工具钢和AZ31B镁合金板不同钢坡口角度下获得的接头,其中激光在钢侧的偏移量为1mm,电弧和焊丝作用在镁侧且与激光错位量为1.5mm,焊接速度为600mm/min,送丝速度为1500mm/min。结果表明,是否有坡口,以及坡口角度对焊丝润湿铺展和接头力学性能有重要影响。坡口角度为 0° 时,钢顶部几乎没有余高,熔化的焊丝聚集在镁侧,镁合金背部不平整出现背部余高。随着坡口角度的增加,镁侧背部余高消失,焊丝润湿铺展改善,焊宽增加。坡口角度为 0° 时,接头载荷为621.5N,而坡口角度为 45° 和 75° 时,接头载荷相近,分别为1173.6N和1168.3N,如图3所示。

[0052] 图4为SK7碳素工具钢和AZ31B镁合金板不同错位量下获得的接头,其中钢侧坡口角度为 45° ,激光在钢侧的偏移量为1mm,焊接速度为600mm/min,送丝速度为1500mm/min。结果表明,坡口角度一定时,激光与电弧的错位量对电弧的诱导放电位置和焊丝的铺展位置有重要影响。错位量为0mm时,焊丝完全铺展在坡口,与镁合金无连接,如图5所示。随着错位量增加,焊丝逐渐向镁侧铺展进而形成连接。当错位量为1.5mm时,焊丝在钢侧和镁侧均匀铺展,接头载荷最高达1168.3N,如图5所示。而错位量为2.0mm时,焊丝呈“S”型铺展,镁合金背部不平整产生背部余高。

[0053] 实施例1 1.2mm厚SK7碳素工具钢板材和1.5mm厚AZ31B镁合金小功率脉冲固体激光-TIG电弧复合搭接填AZ61镁合金焊丝无坡口焊实例

[0054] 选用最大功率为1kW的Nd:YAG脉冲固体激光器作为激光热源,选用最大电流为500A的交流非熔化极惰性气体保护焊(TIG)作为电弧热源,采用钢在上的钢/镁合金平板搭接结构,搭接宽度为10mm,钢侧壁不开坡口。使用直径为1.6mm的AZ61镁合金焊丝作为填充金属。设置激光功率为120W(脉冲电流:78A,脉冲宽度:2.6ms,脉冲频率:20Hz),激光作用在坡口上,距坡口底部的水平距离为1mm,激光离焦量0mm,TIG电流70A,电弧和镁合金焊丝向作用在镁侧,钨极尖端距镁合金上表面高度1.5mm,钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离为1.5mm,钨极尖端与激光束沿垂直于焊接方向的水平距离为1.5mm,焊接速度600mm/min,送丝速度为1500mm/min,不添金属夹层或金属镀层处理,选择纯度为99.99%的氩气(Ar)惰性气体作为焊接保护气,调节气体流量为15mm/min。

[0055] 如图3所示,焊后接头拉伸载荷为621.5N,断裂起源于应力集中的钢边缘并垂直沿

Fe/Mg界面断裂。

[0056] 实施例2 1.2mm厚SK7碳素工具钢板材和1.5mm厚AZ31B镁合金小功率脉冲固体激光-TIG电弧复合搭接填AZ61镁合金焊丝开30°坡口焊实例

[0057] 选用最大功率为1kW的Nd:YAG脉冲固体激光器作为激光热源,选用最大电流为500A的交流非熔化极惰性气体保护焊(TIG)作为电弧热源,采用钢在上的钢/镁合金平板搭接结构,搭接宽度为10mm,钢侧壁开30°全坡口。使用直径为1.6mm的AZ61镁合金焊丝作为填充金属。设置激光功率为120W(脉冲电流:78A,脉冲宽度:2.6ms,脉冲频率:20Hz),激光作用在坡口上,距坡口底部的水平距离为1mm,激光离焦量0mm,TIG电流70A,电弧和镁合金焊丝向作用在镁侧,钨极尖端距镁合金上表面高度1.5mm,钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离为1.5mm,钨极尖端与激光束沿垂直于焊接方向的水平距离为1.5mm,焊接速度为600mm/min,送丝速度为1500mm/min,不添金属夹层或金属镀层处理,选择纯度为99.99%的氩气(Ar)惰性气体作为焊接保护气,调节气体流量为15mm/min。

[0058] 如图3所示,焊后接头拉伸载荷为1173.6N,断裂起源于应力集中坡口底部并向焊缝中心断裂。Fe/Mg界面扫描电子显微镜面元素能谱分析如图6所示,界面存在Al元素的偏析聚集,界面层为Al-Fe金属间化合物。这是由于低沸点的Mg元素蒸发造成的,高沸点的Al元素在界面处偏析聚集并与钢中的Fe元素发生冶金反应生成Al-Fe金属间化合物强化界面,接头性能提升。实施例3 1.2mm厚SK7碳素工具钢板材和1.5mm厚AZ31B镁合金小功率脉冲固体激光-TIG电弧复合搭接填AZ61镁合金焊丝开45°坡口不同错位量焊实例

[0059] 选用最大功率为1kW的Nd:YAG脉冲固体激光器和最大电流为500A的交流非熔化极惰性气体保护焊(TIG)作为热源,采用钢在上的钢/镁合金平板搭接结构,搭接宽度为10mm,钢侧壁开45°全坡口。使用直径为1.6mm的AZ61镁合金焊丝作为填充金属。设置激光功率为120W(脉冲电流:78A,脉冲宽度:2.6ms,脉冲频率:20Hz),激光作用在坡口上,距坡口底部的水平距离为1mm,激光离焦量0mm,TIG电流70A,电弧和镁合金焊丝向作用在镁侧,钨极尖端距镁合金上表面高度1.5mm,钨极尖端与激光束沿焊接方向的水平距离为1.5mm,钨极尖端与激光束沿垂直于焊接方向的错位量为0~2.0mm,焊接速度为600mm/min,送丝速度为1500mm/min,选择纯度为99.99%的氩气(Ar)惰性气体作为焊接保护气,调节气体流量为15mm/min。

[0060] 如图4和图5所示,不同错位量下焊丝的铺展位置不同,错位量1.5mm时接头载荷最高。错位量影响激光对电弧的诱导放电位置,电弧放电位置影响焊丝的铺展位置,如图7所示。上述实验条件下,错位量 ≤ 1.5 mm,激光对电弧均有诱导放电作用,而错位量为2.0mm时,激光对电弧诱导放电减弱,存在两处放电位置。电弧往往更倾向于最短距离放电,根据如图8所示的不同错位量下激光-电弧的相对位置示意图也可以直观看出,错位量2.0mm时存在两处相近的最短距离,如图中加粗数字所示。

[0061] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

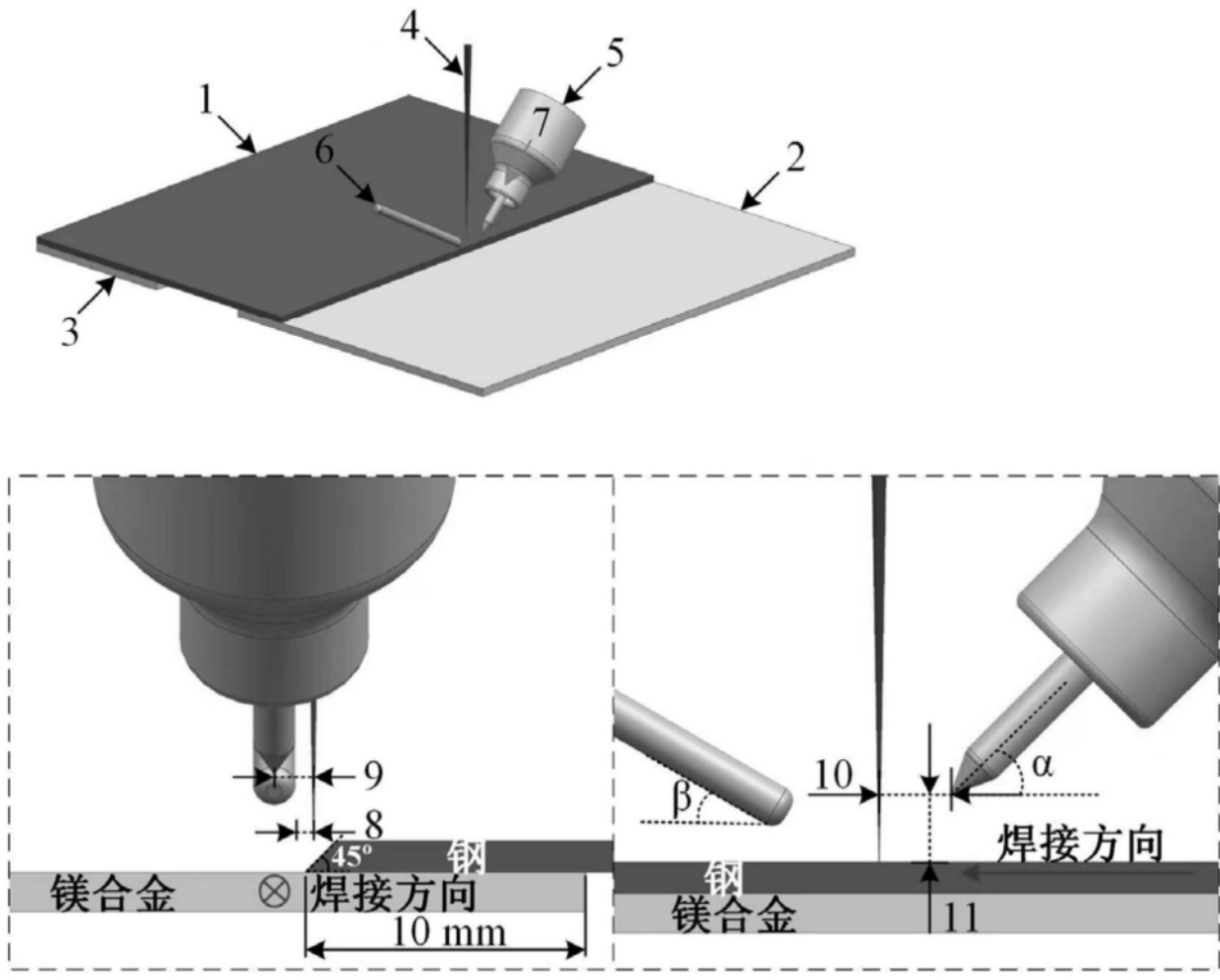


图1

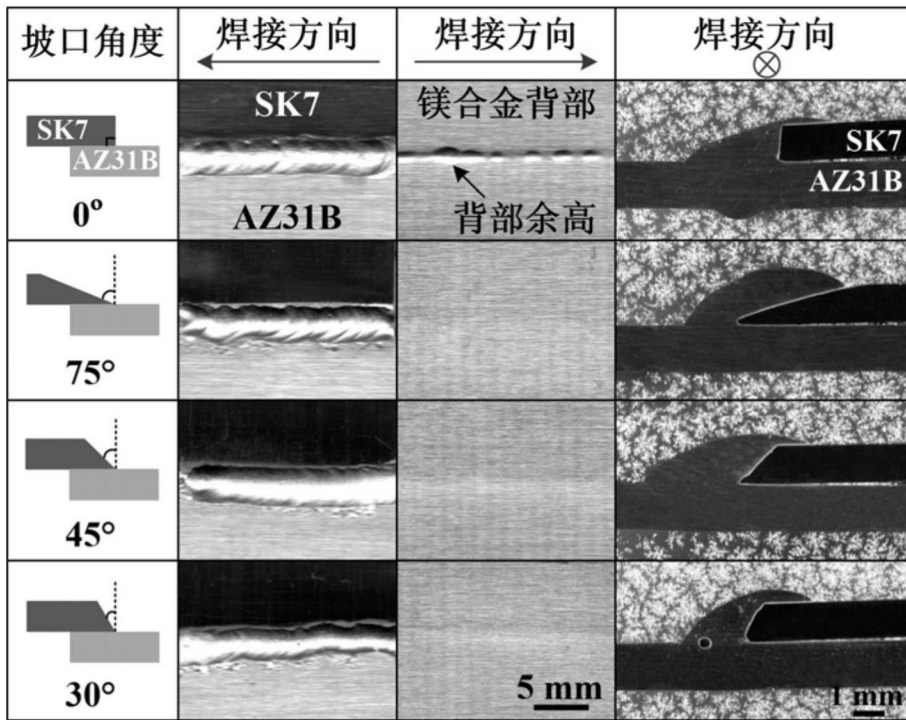


图2

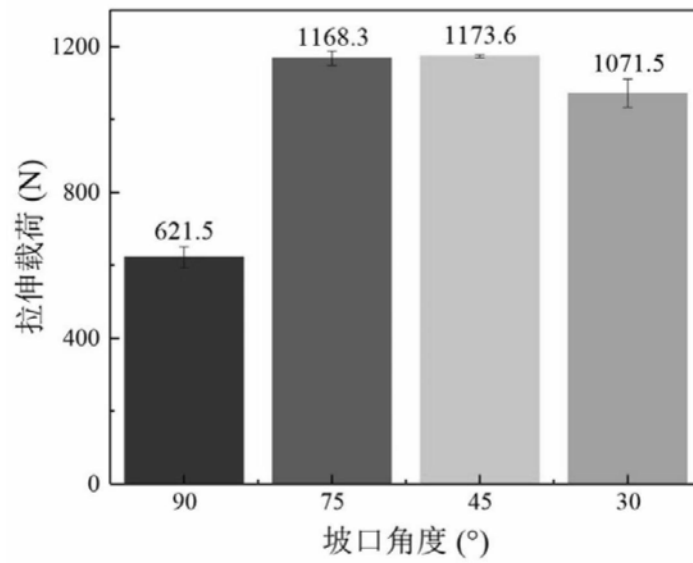


图3

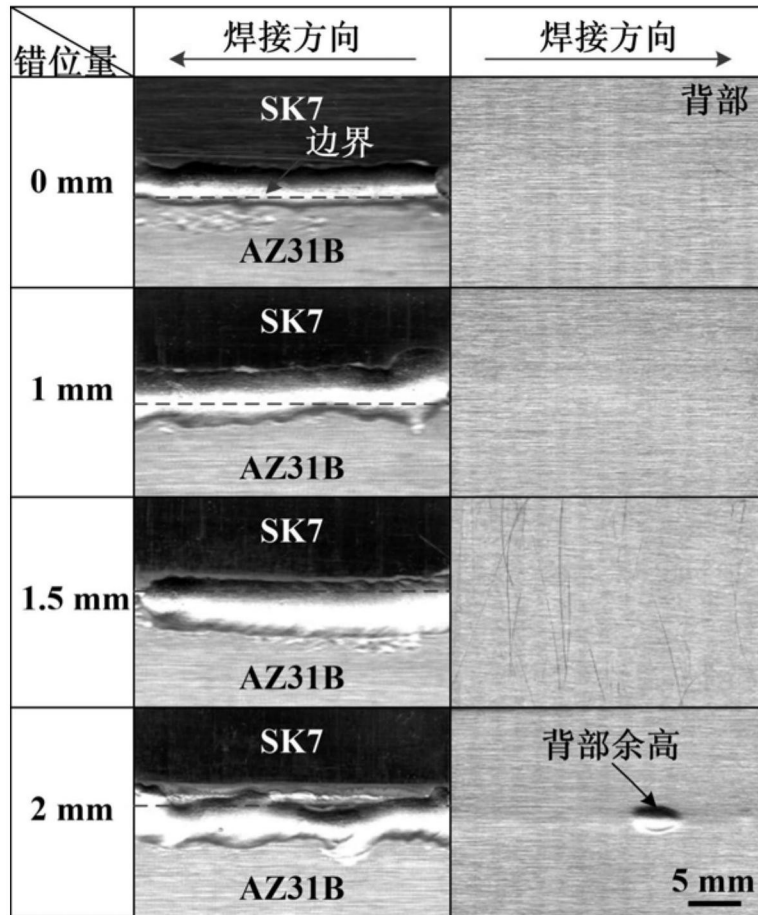


图4

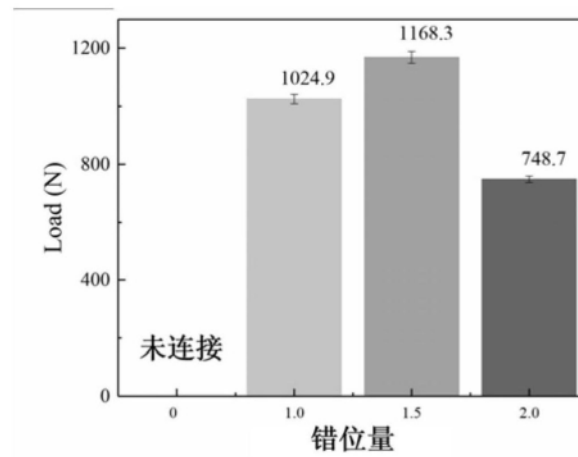


图5

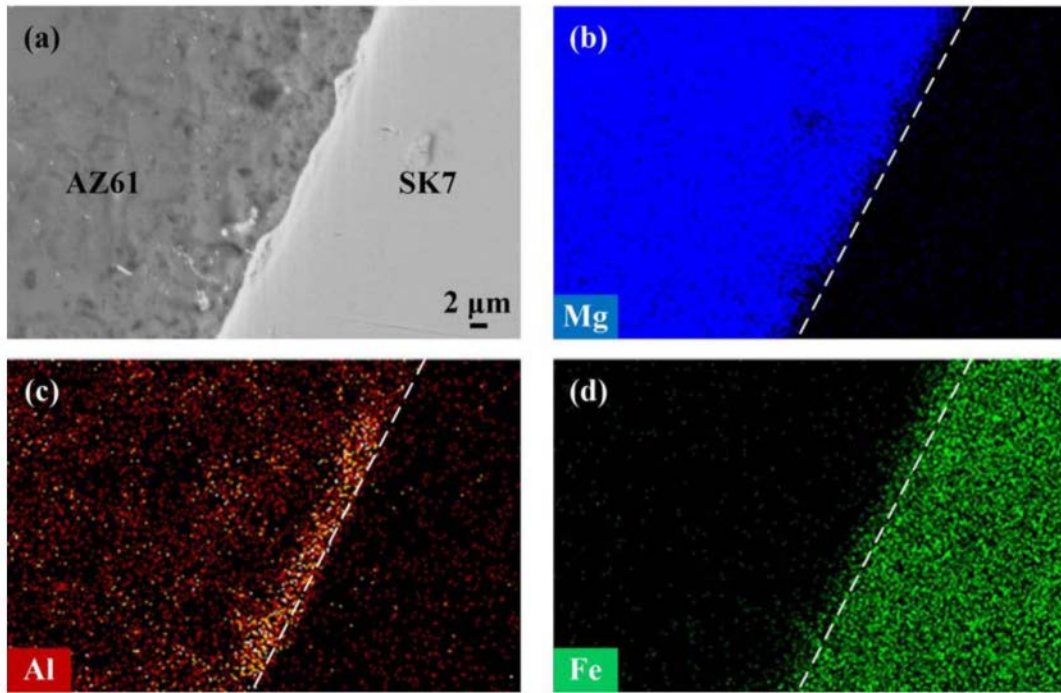


图6

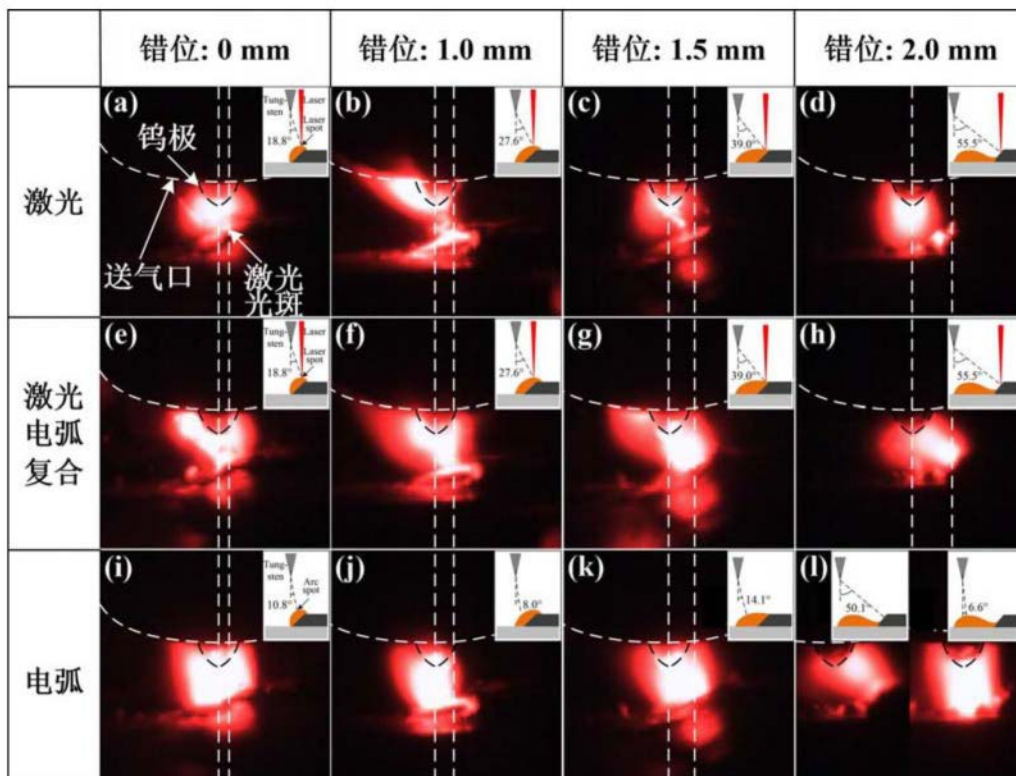


图7

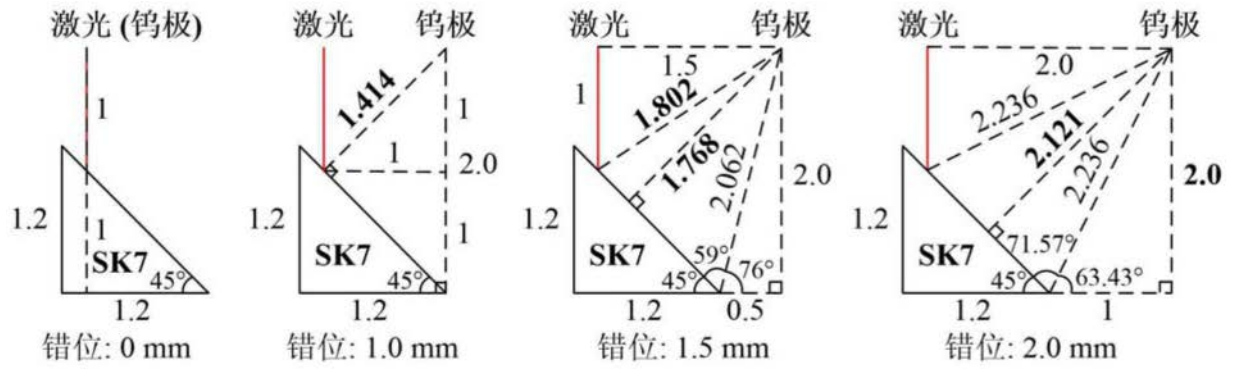


图8