



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114798732 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210758981.0

(22) 申请日 2022.06.30

(71) 申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街79号

(72) 发明人 张婷婷 张涵 王文先 孟羲然

(74) 专利代理机构 太原申立德知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 14115

专利代理师 杜怀宇

(51) Int. Cl.

B21B 1/38 (2006.01)

B21B 47/00 (2006.01)

B21B 13/02 (2006.01)

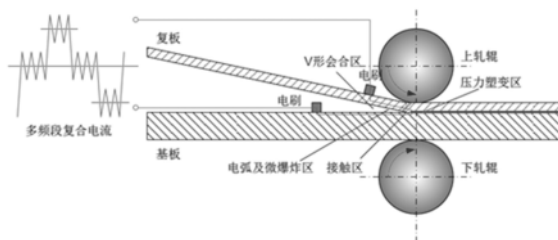
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,属于金属复合板加工技术领域。本发明运用陶瓷轧辊轧制双层层状复合板,在轧制过程中向夹具的上下两端通入多频段复合电流进行激励调控。高频电流引导电流汇聚到连接界面,产生电弧放电,其阴极雾化作用使得材料表面氧化膜破碎;调节低频复合电流波形和幅值,可以实现电流短路爆炸,轰击波将氧化膜清理去除,同时低频复合电流可以协调塑性流变大小和方向,对连接界面形貌进行有利的调控,这样的双层材料有效接合可以形成洁净界面波形控制的固相连接界面。通过本发明方法获得的复合板材,连接强度高,同时在轧制过程中无轧制力的突变,对装置及板材损耗小。



1. 一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤1,坯料加工:选取金属基板与金属复板,清理金属基板与金属复板表面;

步骤2,复合板轧制前的准备:根据复合板的初试尺寸设计压下量,设计轧辊的转速,调整夹具的角度;

步骤3,双层层状复合板轧制:将清理完成的金属基板与金属复板分别放入夹具夹紧,然后利用高频电流的集肤效应和邻近效应引导电流汇聚到连接界面,产生电弧放电,通过阴极雾化作用使得材料表面氧化膜破碎,同时调节低频电流的波形和幅值,实现电流短路爆炸,轰击波清理去除氧化膜,完成多频段复合电流激励调控,得到双金属层状复合板。

2. 根据权利要求1所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤3中复合电流为300~400 A。

3. 根据权利要求2所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤3中低频电流的频段为1~10 kHz;低频电流的通电时间为1~15 s。

4. 根据权利要求3所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤3中高频电流的频段为10 kHz~80 kHz;高频电流的通电时间为30~90 s。

5. 根据权利要求4所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:步骤3中占空比为1~100%。

6. 根据权利要求5所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤2中压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%~40%。

7. 根据权利要求6所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤2中轧辊的转速为5~10 r/min。

8. 根据权利要求7所述的一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,其特征在于:所述步骤2中夹具的角度为0~20°。

9. 一种根据权利要求1~8任意一项所述的多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法制得的双层层状复合板。

10. 一种根据权利要求1~8任意一项所述的多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的装置的装置,其特征在于:所述装置为轧辊机,具体包括轧机、夹具、复合电源以及相应连接部件;轧机的上轧辊和下轧辊为陶瓷材料,且辊轴均连接至同一变频器;在上轧辊和下轧辊上接有夹具,夹具上侧为负极,下侧为正极。

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属复合板加工技术领域,具体涉及一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法。

背景技术

[0002] 随着科技发展和重大装备需求,单一材料已经很难满足工程应用要求,尤其是考虑到轻质、高强和极端材料的应用,与它们强韧性、耐蚀性、抗氧化性或功能性等使役方面的要求,复合材料应运而生。双层复合板材就是综合多种单一金属的优点,成为在航空航天、交通运输、电子信息等领域应用最广泛的材料之一。

[0003] 目前,存在直接连续轧制或波纹轧制等方法,可制备如不锈钢/碳钢、钛/碳钢、铝/镁合金等层状复合板,但是不管是冷态还是热态轧制,其表面氧化膜均得不到有效清除,同时平直界面形貌也形不成有效连接界面,生产效率低下。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明提供了一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法。

[0005] 该方法利用高频电流引导,同时利用低频复合电流进行协调,对连接界面形貌进行有利的调控,能够有效去除所制备复合材料连接界面的氧化物,形成洁净界面波形控制的固相连接界面,显著提高产品质量和合格率,获得高品质层状复合板材。

[0006] 为了达到上述目的,本发明采用了下列技术方案:

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,包括以下步骤:

步骤1,坯料加工:选取金属基板与金属复板,清理金属基板与金属复板表面;

步骤2,复合板轧制前的准备:根据复合板的初试尺寸设计压下量,设计轧辊的转速,调整夹具的角度;

步骤3,双层层状复合板轧制:将清理完成的金属基板与金属复板分别放入夹具夹紧,然后利用高频电流的集肤效应和邻近效应引导电流汇聚到连接界面,产生电弧放电,通过阴极雾化作用使得材料表面氧化膜破碎,同时调节低频电流的波形和幅值,实现电流短路爆炸,轰击波清理去除氧化膜,同时低频复合电流可以协调塑性流变大小和方向,对连接界面形貌进行有利的调控,完成多频段复合电流激励调控,得到双金属层状复合板。

[0007] 进一步,所述步骤3中电流为300~400 A。电流大小控制对金属加热软化的强弱作用,电流过大会使材料断裂,而电流小于300 A时无法起到引导效果。热量聚焦于V形会合区附近,有利于连接部位的充分塑性变形和高质量塑性连接;

进一步,所述步骤3中高频电流的频段为10 kHz~80 kHz,通电时间为30 s ~90 s。通过调整高频电流的频段,使之产生电弧放电,使材料表面氧化膜破碎。

[0008] 进一步,所述步骤3中低频电流的频段为1~10 kHz,通电时间为1 s ~15 s。调节低频电流的波形和幅值,协调塑性流变大小和方向,实现电流短路爆炸,轰击波清理去除氧化

膜。异质材料连接表面氧化膜可以快速瞬时清理；

进一步，步骤3中占空比为0~100%。

[0009] 进一步，所述步骤2中压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%~40%。

[0010] 进一步，所述步骤2中轧辊的转速为5~10 r/min。轧辊转速的调控会使不同材料在通电后的效果更加均匀；

进一步，所述步骤2中夹具的角度为0°~20°。调整夹具的角度可以方便不同材料进出轧辊，角度过大会使材料表面不均匀。

[0011] 一种根据上述多频段复合电流激励调控双金属层状复合板界面结构的方法制得的双层层状复合板。

[0012] 一种根据上述多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法的装置，所述装置为轧机，具体包括轧机、夹具、复合电源以及相应连接部件；轧机的上轧辊和下轧辊为陶瓷材料，避免电流分流，且辊轴均连接至同一变频器，从而保证在轧制过程中上轧辊和下轧辊的转速相同；在上轧辊和下轧辊上接有夹具，夹具上侧为负极，下侧为正极。

[0013] 与现有技术相比本发明具有以下优点：

本发明利用高频电流的集肤效应和邻近效应，引导电流汇聚到连接界面，产生电弧放电，其阴极雾化作用使得材料表面氧化膜破碎；调节低频复合电流波形和幅值，可以实现电流短路爆炸，轰击波将氧化膜清理去除，微爆炸轰击力可以驱除掉液态金属，使塑性区域接合，避免脆硬相的金属间化合物生成；

同时低频复合电流可以协调塑性流变大小和方向，对连接界面形貌进行有利的调控。这样的双层材料有效接合可以形成洁净界面波形控制的固相连接界面，抑制复合板材的边裂情况，使变形抗力下降，使复合材料组织细化，获得高品质层状复合板材。可以实现层状复合板材的“一步法”和“一体化”的连续加工制造，效率高且精度可控。

附图说明

[0014] 图1多频复合电流下调控双金属层状复合板界面结构的过程示意图；

图2为本发明的多频段复合电流激励调控双金属层状复合板界面结构的方法流程图；

图3为本发明的多频段复合电流激励调控双金属层状复合板界面结构的装置，

图中，1-陶瓷轧辊，2-夹具，3-导线，4-多频段复合电源；

图4(a)为不加多频段复合电流的界面形貌，图4(b)为加多频段复合电流的界面形貌；

图5为镁/钛连接界面SEM 和EDS 结果示意图；

图6为不锈钢/镁合金连接界面SEM结果示意图。

具体实施方式

[0015] 为了进一步阐述本发明的技术方案，下面通过实施例对本发明进一步说明。

[0016] 实施例1

如图3所示，一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的装置，包括轧机、夹具、复合电源以及相应连接装置。轧机的上轧辊和下轧辊为陶瓷材料，避免电流分流，

且辊轴均连接至同一变频器,从而保证在轧制过程中上轧辊和下轧辊的转速相同;在所述上轧辊和下轧辊上接有夹具,夹具上侧为负极,下侧为正极。

[0017] 一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,如图2所示,包括以下步骤:

1) 坯料加工:选取AZ31BMg为金属基板,6061Al为金属复板,将AZ31BMg与6061Al切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材,先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍,再用酒精彻底清洗板材表面。

[0018] 2) 复合板轧制前的准备:根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的40%,设计上轧辊和下轧辊的转速为7 r/min,调整夹具的角度为13°,设定复合电流的参数设置为300 A,低频为5 kHz,高频为40 kHz,占空比为60%,为轧机的夹具通入复合电流。

[0019] 3): 双层复合板轧制:将清理完成的AZ31BMg与6061Al分别放入夹具,启动轧机开关和复合电流开关,高频电流通电时间为60 s,低频电流通电时间为10 s。复合板随轧辊的转动进行多频段复合电流激励调控,得到所需的双层层状复合板。

[0020] 图4中(a)为Mg/Al复合板不加多频段电流的界面,图4中(b)为Mg/Al复合板加多频段电流的界面。可见其双层材料有效地进行了接合,形成了洁净的固相连接界面。

[0021] 实施例2

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,包括以下步骤:

1) 坯料加工:选取Fe板为金属基板,6061Al为金属复板,将Fe板与6061Al切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材,先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍,再用酒精彻底清洗板材表面。

[0022] 2) 复合板轧制前的准备:根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%,设计上轧辊和下轧辊的转速为5 r/min,调整夹具的角度为1°,设定复合电流的参数设置为310 A,低频为1 kHz,高频为10 kHz,占空比为80%,为轧机的夹具通入复合电流。

[0023] 3): 双层复合板轧制:将清理完成的Fe板与6061Al分别放入夹具,启动轧机开关和复合电流开关,高频电流通电时间为80 s,低频电流通电时间为10 s。复合板随轧辊的转动进行多频段复合电流激励调控,得到所需的双层层状复合板。结果见下表:

表1

位置	Fe板侧	界面	6061Al侧
平均硬度(Gpa)	3.457	7.038	1.03

实施例3

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法,包括以下步骤:

1) 坯料加工:选取Cu板为金属基板,6061Al为金属复板,将Cu板与6061Al切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材,先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍,再用酒精彻底清洗板材表面。

[0024] 2) 复合板轧制前的准备:根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%,设计上轧辊和下轧辊的转速为5 r/min,调整夹具的角度为5°,设定复合电流的参数设置为355 A,低频为3 kHz,高频为20 kHz,占空比为95%,为轧机的夹具通入

复合电流。

[0025] 3): 双层复合板轧制: 将清理完成的Cu板与6061Al分别放入夹具, 启动轧机开关和复合电流开关, 高频电流通电时间为40 s, 低频电流通电时间为5 s。复合板随轧辊的转动进行多频段复合电流激励调控, 得到所需的双层层状复合板。

[0026] 实施例4

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法, 包括以下步骤:

1) 坯料加工: 选取TC4钛合金为金属基板, AZ31Mg为金属复板, 将TC4钛合金与AZ31Mg切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材, 先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍, 再用酒精彻底清洗板材表面。

[0027] 2) 复合板轧制前的准备: 根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%, 设计上轧辊和下轧辊的转速为5 r/min, 调整夹具的角度为16°, 设定复合电流的参数设置为385 A, 低频为8 kHz, 高频为30 kHz, 占空比为65%, 为轧机的夹具通入复合电流。

[0028] 3): 双层复合板轧制: 将清理完成的TC4钛合金与AZ31Mg分别放入夹具, 启动轧机开关和复合电流开关, 高频电流通电时间为80 s, 低频电流通电时间为12 s。复合板随轧辊的转动进行多频段复合电流激励调控, 得到所需的双层层状复合板, 如图5所示。

[0029] 实施例5

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法, 包括以下步骤:

1) 坯料加工: 选取304不锈钢为金属基板, AZ31Mg为金属复板, 将304不锈钢与AZ31Mg切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材, 先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍, 再用酒精彻底清洗板材表面。

[0030] 2) 复合板轧制前的准备: 根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%, 设计上轧辊和下轧辊的转速为5 r/min, 调整夹具的角度为5°, 设定复合电流的参数为355 A, 低频为10 kHz, 高频为75 kHz, 占空比为35%, 为轧机的夹具通入复合电流。

[0031] 3): 双层复合板轧制: 将清理完成的Q235碳钢与6061Al分别放入夹具, 启动轧机开关和复合电流开关, 高频电流通电时间为60 s, 低频电流通电时间为8 s。复合板随轧辊的转动进行多频段复合电流激励调控, 得到所需的双层层状复合板, 如图6所示。

[0032] 实施例6

一种多频复合电流调控双金属层状复合板界面结构的方法, 包括以下步骤:

1) 坯料加工: 选取TC4钛合金为金属基板, Q235碳钢为金属复板, 将TC4钛合金与Q235碳钢切成尺寸为300 mm×50 mm×2 mm的长方体板材, 先用丙醇清洗去除材料表面油脂和污渍, 再用酒精彻底清洗板材表面。

[0033] 2) 复合板轧制前的准备: 根据复合板的初试尺寸设计压下量为金属基板与金属复板初始厚度的20%, 设计上轧辊和下轧辊的转速为10 r/min, 调整夹具的角度为20°, 设定复合电流的参数设置为330 A, 低频为4 kHz, 高频为60 kHz, 占空比为30%, 为轧机的夹具通入复合电流。

[0034] 3): 双层复合板轧制: 将清理完成的TC4钛合金与Q235碳钢分别放入夹具, 启动轧机开关和复合电流开关, 高频电流通电时间为90 s, 低频电流通电时间为15 s。复合板随轧

辊的转动进行多频段复合电流激励调控,得到所需的双层层状复合板。

[0035] 本发明说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

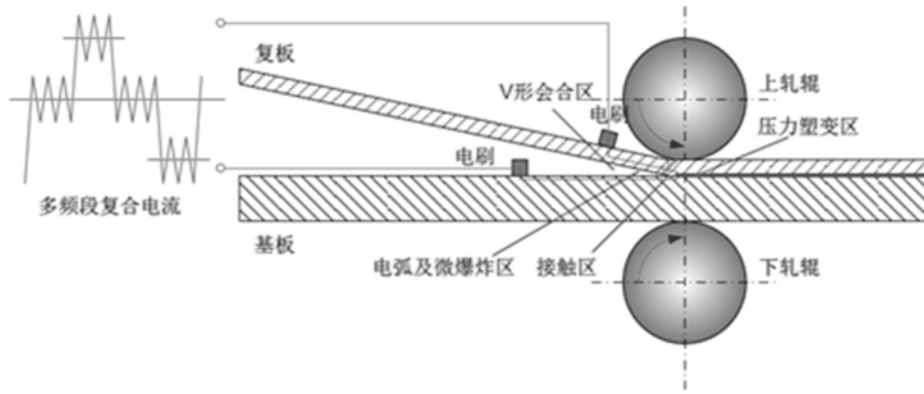


图1

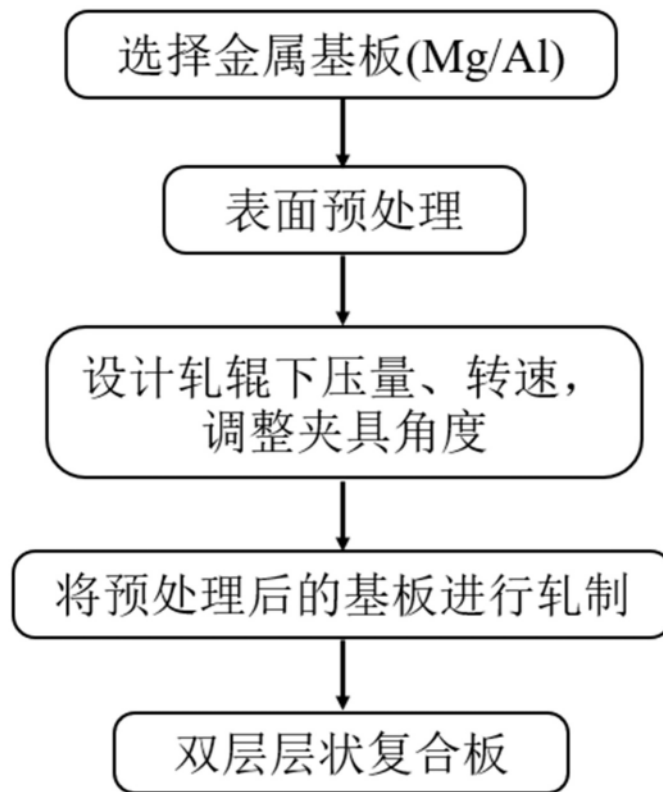


图2

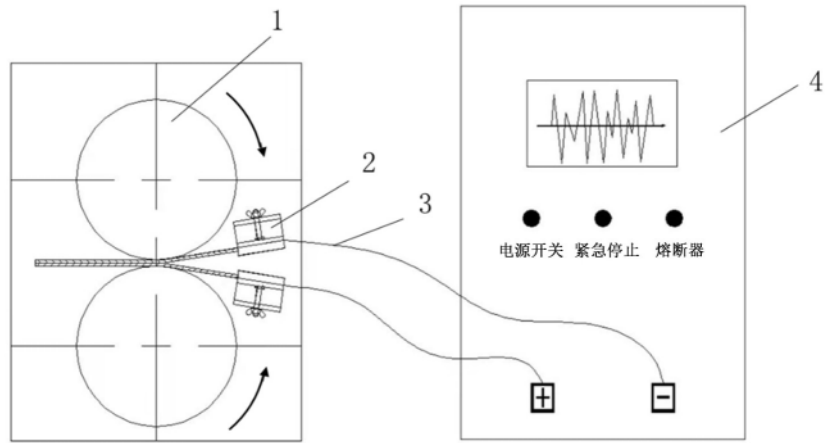


图3

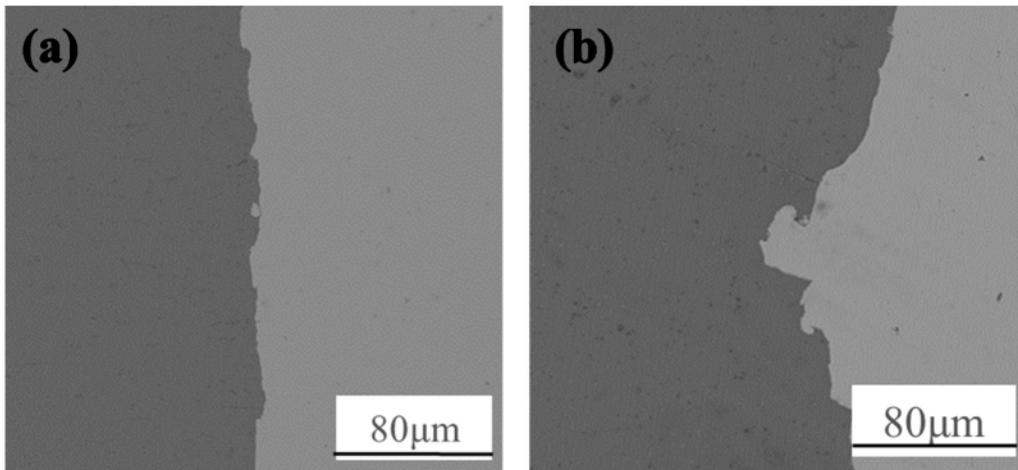


图4

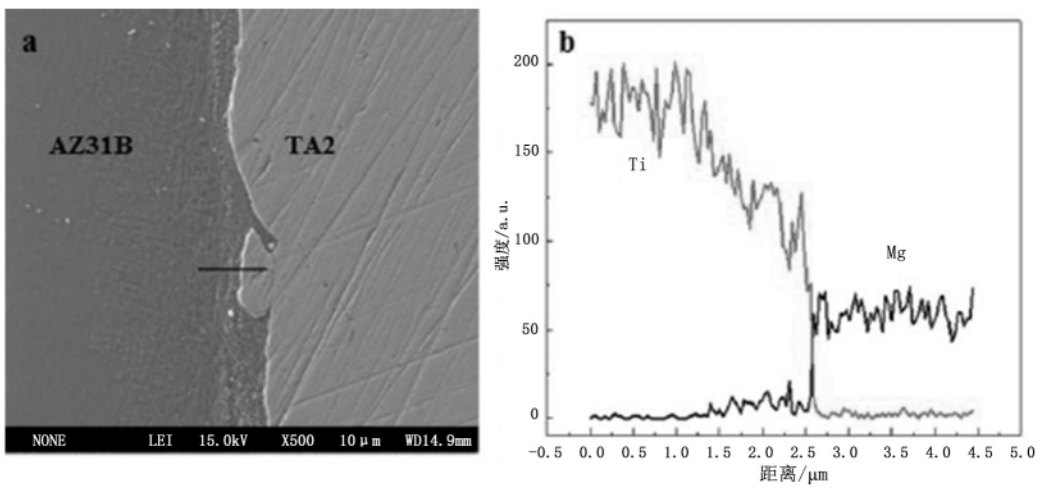


图5

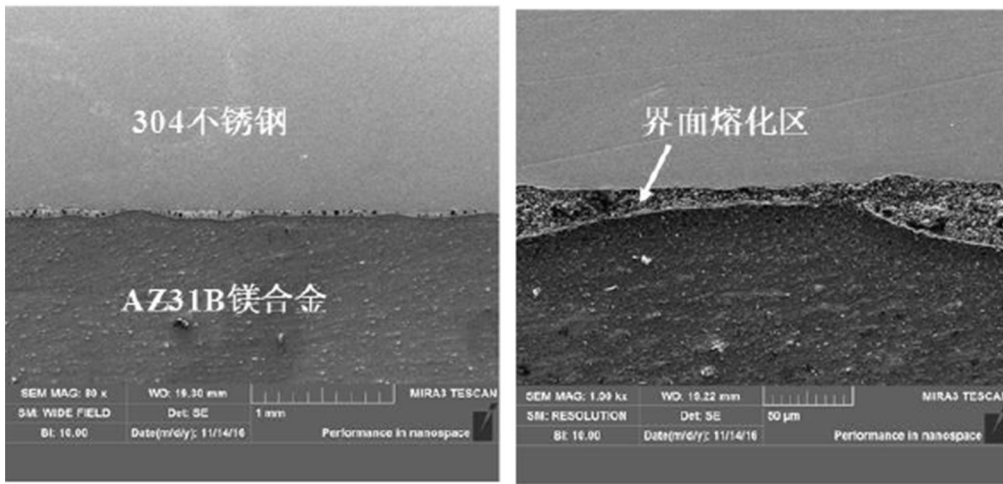


图6