



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106493480 A

(43)申请公布日 2017.03.15

(21)申请号 201610784708.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.08.31

B23K 35/02(2006.01)

B23K 35/22(2006.01)

(30)优先权数据

62/213,837 2015.09.03 US

15/136,227 2016.04.22 US

(71)申请人 霍伯特兄弟公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 马里奥·安东尼·阿马塔

辛涂·希拉里·托马斯

约瑟夫·C·邦迪

特·多雷尔·赫夫林-金

史蒂文·爱德华·巴霍斯特

(74)专利代理机构 上海脱颖律师事务所 31259

代理人 脱颖 施嘉薇

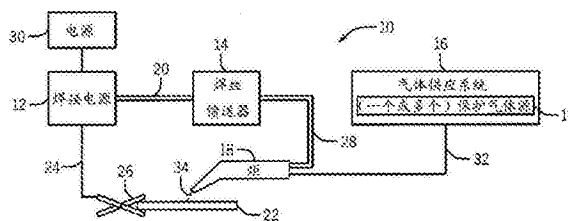
权利要求书2页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

用于焊接覆锌工件的焊丝的系统和方法

(57)摘要

本公开总体涉及焊接,以及更具体地,涉及用于覆锌工件的弧焊接(如气体金属弧焊接(GMAW)或药芯焊丝电弧焊(FCAW))的电极。在实施例中,用于焊接覆锌钢工件的焊接耗材包括锌(Zn)含量,所述锌(Zn)含量基于所述焊接耗材的重量在约0.01重量%和约4重量%之间。目前认识到,在用于焊接镀锌工件的焊丝中有意地包括Zn出乎意料地并且违反直觉地减轻由镀锌工件的Zn覆层造成的飞溅和多孔性问题。



1. 一种焊接耗材,所述焊接耗材包括:

基于所述焊接耗材的重量在约0.2重量%和约4重量%之间的锌,其中所述锌被设置在所述焊接耗材的粒状芯内,或被合铸到所述焊接耗材的金属部分中,或其组合。

2. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材包括基于所述焊接耗材的重量在约0.4重量%和约0.6重量%之间的锌。

3. 如权利要求2所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材包括基于所述焊接耗材的重量在约0.5重量%和约0.6重量%之间的锌。

4. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中在焊接镀锌钢工件时小于约15重量%的所述焊接耗材被转变为飞溅。

5. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材被配置为在焊接镀锌钢工件时形成具有小于约3%的长度孔隙度的焊缝熔敷物。

6. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材被配置为在焊接镀锌钢工件时形成具有小于约1.5%的面积孔隙度的焊缝熔敷物。

7. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材是实心焊丝或焊条,并且其中所述锌被合铸到所述实心焊丝或焊条中。

8. 如权利要求1所述的焊接耗材,其中所述焊接耗材是包括围绕所述粒状芯的金属套的管状焊丝,并且其中所述锌的至少一部分被合铸到所述金属套中。

9. 一种管状焊丝,所述管状焊丝包括:

围绕粒状芯的金属套,其中所述管状焊丝包括基于所述管状焊丝的重量在约0.2重量%和约4重量%之间的锌,其中所述锌被合铸到所述金属套中,被设置为所述粒状芯中的锌粉,或其组合。

10. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约2重量%和约4重量%之间的锌粉。

11. 如权利要求10所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约2.5重量%和约4重量%之间的锌粉。

12. 如权利要求11所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约2.5重量%和约3.5重量%之间的锌粉。

13. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述芯的重量在约0.05重量%和约5重量%之间的有机稳定剂,并且其中所述有机稳定剂包括羧甲基纤维素的第1族或第2族的盐。

14. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约0.5重量%和约5重量%之间的稀土组分,其中所述稀土组分包括铈、镧,或其组合。

15. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约0.01重量%和约5重量%之间的碳组分,并且其中所述碳组分包括石墨、石墨烯、炭黑、灯黑、碳纳米管、金刚石,或其组合。

16. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述粒状芯包括基于所述粒状芯的重量在约0.5重量%和约1.5重量%之间的颗粒团聚物,其中所述颗粒团聚物包括第1族或第2族的氧化物,以及氧化钛和氧化锰。

17. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述管状焊丝包括基于所述管状焊丝的重量在

约0.4重量%和约0.6重量%之间的锌。

18. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述管状焊丝是金属芯焊丝。

19. 如权利要求9所述的管状焊丝,其中所述管状焊丝是药芯焊丝。

20. 一种管状焊丝,所述管状焊丝包括:

围绕粒状芯的金属套,其中所述管状焊丝包括基于所述管状焊丝的重量在约0.2重量%和约0.6重量%之间的锌,其中所述锌被合铸到所述金属套中,被设置为所述粒状芯中的锌粉,或其组合,并且其中所述粒状芯包括:

全部基于所述粒状芯的重量,

在约0.05重量%和约5重量%之间的有机稳定剂;

在约0.5重量%和约5重量%之间的稀土组分;

在约0.01重量%和约5重量%之间的碳组分;以及

在约0.5重量%和约1.5重量%之间的团聚物。

21. 如权利要求20所述的管状焊丝,其中所述有机稳定剂组分包括羧甲基纤维素钠,其中所述稀土组分包括硅化铈、硅化镧,或其组合,其中所述碳组分包括石墨、石墨烯、炭黑、灯黑、碳纳米管、金刚石,或其组合,并且其中所述团聚物包括第1族或第2族的氧化物,以及氧化钛和氧化锰。

22. 如权利要求20所述的管状焊丝,其中所述金属套包括基于所述金属套的重量在约0.01重量%和约0.1重量%之间的碳,以及在约0.25重量%和约0.5重量%之间的锰。

23. 一种焊接耗材,包括权利要求1至8中的任意一个技术特征或者技术特征的任意组合。

24. 一种管状焊丝,包括权利要求9至19中的任意一个技术特征或者技术特征的任意组合。

25. 一种管状焊丝,包括权利要求20至22中的任意一个技术特征或者技术特征的任意组合。

## 用于焊接镀锌工件的焊丝的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年9月3日递交的题目为“用于焊接镀锌工件的焊丝的系统和方法(“SYSTEMS AND METHODS FOR WELDING WIRES FOR WELDING ZINC-COATED WORKPIECES”)”的美国临时申请序列No.62/213,837的优先权和权益,为所有目的,所述美国临时申请通过引用以其全部被并如本文。

### 技术领域

[0003] 本公开总体涉及焊接,以及更具体地,涉及用于镀锌工件的弧焊接(如,气体金属弧焊接(GMAW)或药芯焊丝电弧焊(FCAW))的电极。

### 背景技术

[0004] 焊接是在各种行业中对于各种应用而言均已变得普遍存在的过程。例如,焊接经常被使用在如造船、海上平台、建设、轧管机等的应用中。某些焊接技术(例如,气体金属弧焊接(GMAW)、气体保护药芯焊丝电弧焊(FCAW-G)和气体保护钨极弧焊接(GTAW))通常采用保护气体(例如,氩气、二氧化碳或氧气)来在焊接过程期间在焊弧和焊池中以及周围提供特定的局部气氛,而其他技术(例如,药芯焊丝电弧焊(FCAW)、埋弧焊(SAW)和保护金属弧焊接(SMAW))则不这样。此外,某些类型的焊接可以使用焊丝形式的焊接电极。焊丝一般可以在焊接过程期间不仅为焊缝提供填充金属供给,而且还为电流提供路径。此外,某些类型的焊丝(例如,管状焊丝)可以包括一般可以改变焊接过程和/或所产生的焊缝的性能的一种或多种组分(例如,焊药、稳弧剂或其他添加剂)。

### 附图说明

[0005] 当参考附图阅读以下具体实施方式时,本公开的这些和其他特征、方面和优点将变得更好理解,在所有附图中,同样的符号表示同样的部件,其中:

[0006] 图1是根据本公开的实施例的气体金属弧焊接(GMAW)系统的框图;以及

[0007] 图2是根据本公开的实施例的管状焊丝的横截面视图。

### 具体实施方式

[0008] 下文将描述本公开的一个或多个具体实施例。为了提供对这些实施例的简明描述,说明书中可能不会描述实际实行方案的所有特征。应该领会到,在任何这样的实际实行方案的开发中,如在任何工程和设计项目中,必须做出许多实行方案特定的决策以实现开发者的特定目标(如,遵守系统相关的和商业相关的约束条件),该目标可能随着实行方案的不同而不同。而且,应该领会到,虽然这样的开发工作可能是复杂并且耗时的,但是尽管如此,对于从本公开受益的本领域技术人员而言将会是常规的设计、制造和生产工作。

[0009] 当介绍本公开的各种实施例的元件时,冠词“一个(a)”、“一个(an)”和“所述(said)”旨在表示有一个或多个的所述元件。术语“包含(comprising)”、“包括

(including)”和“具有(having)”旨在是包括性的并且表示除了所列出的元件之外可以有附加元件。应该领会到,在本文中使用时,术语“焊丝”可以指任何焊丝、焊条或其他焊接耗材,包括管状焊丝(例如,金属芯焊丝、药芯焊丝、中空焊丝)或实心焊丝。在本文中使用时,术语“镀锌(galvanized)”工件旨在指代任何形式的镀锌工件,包括但不被限制于,热浸镀锌工件、电镀工件、镀锌扩散处理工件,或者甚至覆有或涂有锌基层涂料(primer)的工件。此外,在本文中使用时,“约(approximately)”一般可以指可在某些实施例中表示与实际值相比有小于0.01%、小于0.1%或小于1%的差异(例如,高于或低于)的近似值。即,“约”值可在某些实施例中精确到所述值的(例如,加或减)0.01%内、0.1%内或1%内。

[0010] 现在所公开的实施例包括用于焊接镀锌钢工件的焊丝。如下文所讨论的,当焊接镀锌钢时,所公开的焊丝的组成减少飞溅,同时维持可接受的孔隙度水平。如下文所讨论的,当使用常规焊丝焊接镀锌钢工件时,由镀锌工件的表面上的锌(Zn)保护层所导致的飞溅和多孔性两者都是常见问题。然而,所公开的焊丝的组成包括有意的Zn添加物,在焊接镀锌钢工件时,所述有意的Zn添加物违反直觉地减少飞溅并且维持可接受的孔隙度。即,根据本实施例,目前认识到,添加或增加焊丝的Zn含量出乎意料地减少实际上由工件的Zn含量造成的焊接问题。要清楚,本公开的效果与一般所认可的钢焊丝的生产惯例(其中Zn含量被认为会使飞溅和多孔性问题加剧并因此被主动避免)背道而驰。除了该Zn含量,所公开的焊丝的某些实施例包括其他组分,如有机稳定剂、稀土组分、碳组分和团聚的稳定剂组分,该其它组分协作以在镀锌工件上提供优良焊接。

[0011] 转到附图,图1图示根据本公开的利用焊丝来焊接镀锌工件的气体金属弧焊接(GMAW)系统10的实施例。应该领会到,尽管本讨论可能特别聚焦于图1中所图示的GMAW系统10,但是现在所公开的焊接电极可以有益于使用焊丝或焊条的其他弧焊接过程(例如,FCAW、FCAW-G、GTAW、SAW、SMAW或类似的弧焊接过程)。所图示的GMAW焊接系统10包括焊接电源12、焊丝馈送器14、气体供应系统16和焊炬18。焊接电源12一般向焊接系统10供应电力并且可以经由线缆束20被联接到焊丝馈送器14,并且使用具有夹具26的引出线缆24被联接到工件22。在所图示的实施例中,焊丝馈送器14经由线缆束28被联接到焊炬18,以便在焊接系统10的操作期间向焊炬18供应可消耗的焊丝和电力。在另一个实施例中,焊接电源12可以联接到焊炬18并且向所述焊炬18直接供应电力。

[0012] 焊接电源12一般可以包括电力转换电路,所述电力转换电路从交流电源30(例如,交流电网、发动机/发电机组,或其组合)接收输入电力,调节所述输入电力,并且经由线缆20提供直流或交流输出电力。因此,根据焊接系统10的需求,焊接电源12可以为焊丝馈送器14提供电力,所述焊丝馈送器14进而为焊炬18提供电力。终止于夹具26的引出线缆24将焊接电源12联接到镀锌工件22,以闭合焊接电源12、工件22和焊炬18之间的电路。焊接电源12可以包括电路元件(例如,变压器、整流器、开关等),所述电路元件能够将交流输入电力转换为直流反接(DCEP)输出(例如,恒定电压(CV)或脉冲式)、直流正接(DCEN)输出、直流可变电性、脉冲直流或可变平衡(例如,平衡或不平衡的)交流输出,如由焊接系统10的需求所指示的那样。应该领会到,现在所公开的焊丝可能能够针对许多不同的电源配置对焊接过程进行改进(例如,改进的弧稳定性和/或改进的焊接质量)。

[0013] 所图示的焊接系统10包括从一个或多个保护气体源17向焊炬18供应保护气体或保护气体混合物的气体供应系统16。在所描绘的实施例中,气体供应系统16经由气体导管

32被直接联接到焊炬18。在另一个实施例中,气体供应系统16可能替代地被联接到送丝器14,并且送丝器14可以调节从气体供应系统16到焊炬18的气体的流动。在本文中使用时,保护气体可以指可以被提供给弧和/或焊池以便提供特定的局部气氛(例如,以保护弧、改进弧稳定性、限制金属氧化物的形成、改进金属表面的润湿、改变焊缝熔敷物的化学成分(chemistry)等)的任何气体或气体混合物。在某些实施例中,保护气体流可以是保护气体或保护气体混合物(例如,氩气(Ar)、氦气(He)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、氧气(O<sub>2</sub>)、氮气(N<sub>2</sub>)、类似的适合的保护气体,或其任何混合物)。例如,保护气体流(例如,经由导管32输送的)可以包括Ar、Ar/CO<sub>2</sub>混合物、Ar/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>混合物、Ar/He混合物等。具体举例来说,在某些实施例中,保护气体流可以包括90%的Ar和10%的CO<sub>2</sub>。

[0014] 因此,所图示的焊炬18一般从焊丝馈送器14接收焊丝和电力,并且从气体供应系统16接收保护气体流,以便对工件22执行GMAW。在操作期间,焊炬18可以被带到镀锌工件22附近,从而可以在可消耗的焊丝(即,退出焊炬18的接触尖端的焊丝)和工件22之间形成弧34。此外,如下文所讨论的,通过控制焊丝的组成,弧34和/或所产生的焊缝的化学成分(例如,组成和物理特性)可以被改变。例如,焊丝可以包括焊药或合金组分,所述焊药或合金组分可以影响焊接过程(例如,充当稳弧剂),并且进一步可以被至少部分地掺入焊缝中,从而影响焊缝的机械性能。此外,焊丝的某些组分还可以在弧附近提供附加的保护气氛,影响弧34的过渡性能,还原工件表面等。

[0015] 一般地,镀锌钢工件上的焊接显著生成更多的飞溅并且产生更大的焊缝孔隙度。飞溅一般用来指代在焊接期间喷射到工件或焊缝的表面上并且在其上凝固的熔融焊缝金属的液滴或小球,所述液滴或小球不符合期望地降低焊缝和/或工件的外观,并且将额外的碎屑引入到焊接环境中。因此,飞溅导致附加的焊接后清理时间和成本,这降低焊工的生产率。对于镀锌工件22,Zn覆层由于弧34的热量挥发。当Zn蒸汽从工件22升起时,弧34为非稳定的,导致比在相当的条件焊接非镀锌钢工件时通常观察到的显著更多的飞溅。镀锌工件22的Zn覆层还可以影响焊缝的其他方面。例如,Zn覆层可以促进在焊缝熔敷物中形成硅岛,这增加了焊缝孔隙度。进一步,Zn蒸汽还可以被捕获在正凝固的焊缝金属内(特别是在较低行进速度下),这也促成焊缝多孔性和/或破裂。

[0016] 在焊接镀锌工件时降低飞溅和孔隙度的一个方法是维持低的行进速度(例如,最大约20英寸/分钟),这大大降低了生产率。另一个方法是使用昂贵的(通常花费过高的)高成本焊接过程(例如,激光焊接),这可能不适合于某些应用。相反,所公开的焊丝设计通过将Zn掺入到焊丝中,至少部分解决由镀锌工件的Zn覆层造成的上述问题。该“以毒攻毒式”的违反直觉的方法出乎意料地实现了使用GMAW系统10在相对高的行进速度(例如,高达约40英寸/分钟)下在镀锌工件上形成良好的、低孔隙度的焊缝,同时能够产生比其他焊丝显著更少(例如,少了30%-50%)的飞溅。目前认识到,将Zn掺入到焊丝中出乎意料地实现显著更少的飞溅,而不在焊缝熔敷物内增加孔隙度或导致破裂。

[0017] 现在所公开的焊丝的实施例的横截面被图示在图2中。图2图示包括金属套(metallic sheath)52的管状焊丝50,所述金属套52包封粒状或粉状芯54(也称作填料),其中,套52和/或芯54包括Zn。如上文提到的,根据本方法,在其他实施例中,焊丝50可以是具有被合铸(alloyed into)到实心丝或条中的Zn的实心焊丝或焊条。图2中所图示的焊丝50的金属套52可以由任何适合的金属或合金(如钢)制造而成。在某些实施例中,金属套52可

以占管状焊丝50的总重量的约80%和90%之间。例如,在某些实施例中,金属套52可以提供管状焊丝50的总重量的约84%、约85%或约86%。

[0018] 所公开的焊丝中的前述Zn含量可以存在于丝的任何适合的部分内。例如,对于图2中所图示的管状焊丝50,Zn含量可以存在于套52内、粒状芯54内,或其任何组合内。在其他实施例中,Zn含量可以被镀到或覆到焊接耗材的外表面或内表面上。在再其他实施例中,Zn含量可以作为被设置在实心或管状焊接耗材的外表面上的润滑覆层(例如,硬脂酸锌)存在。

[0019] 例如,在某些实施例中,管状焊丝50的Zn含量可以基于丝50的总重量在约0.01重量%和约4重量%之间(例如,在约0.02重量%和约3重量%之间,在约0.05重量%和约2重量%之间,在约0.1重量%和约1.2重量%之间,在约0.2重量%和约0.6重量%之间,在约0.3重量%和约0.6重量%之间,在约0.4重量%和约0.6重量%之间,在约0.5重量%和约0.6重量%之间)。在某些实施例中,管状焊丝50的芯54可以包括基于芯54的重量在约0.1重量%和约30重量%之间(例如,在约0.2重量%和约25重量%之间,在约0.5重量%和约20重量%之间,在约2.5重量%和约16重量%之间,在约1重量%和约8重量%之间,在约2重量%和约4重量%之间,在约2.5重量%和约4.0重量%之间,在约2.5重量%和约3.5重量%之间)的Zn粉。在某些实施例中,管状焊丝50的套52可以包括基于套54的重量在约0.01重量%和约5重量%之间(例如,在约0.02重量%和约4重量%之间,在约0.05重量%和约3重量%之间,在约0.1重量%和约2重量%之间,在约0.2重量%和约1.4重量%之间)的Zn,其中Zn含量可以被合铸到套54中,被镀到套54的内表面或外表面上,和/或作为锌化合物(例如,硬脂酸锌)被覆到套54的外表面上。

[0020] 此外,金属套52可以包括可以被选择来提供期望的焊缝性能的某些添加剂或杂质(例如,合金组分、碳、碱金属、锰,或者类似的化合物或元素)。在某些实施例中,管状焊丝50的金属套52可以是包括相对少(例如,更低或减少)量的碳(例如,按重量小于约0.06%、小于约0.07%或小于约0.08%的碳)的低碳带。例如,在实施例中,管状焊丝50的金属套52可以包括按重量约0.01%和0.1%之间的碳。此外,在某些实施例中,金属套52可以由一般具有少量的夹杂物的钢制成。例如,在某些实施例中,金属套52可以包括按重量在约0.25%和约0.5%之间或者约0.34%的锰。通过进一步的示例,在某些实施例中,金属套52可以包括按重量小于约0.02%的磷或硫。在某些实施例中,金属套52还可以包括按重量小于约0.04%的硅,按重量小于约0.05%的铝,按重量小于约0.1%的铜,和/或按重量小于约0.02%的锡。具体举例来说,在某些实施例中,金属套52可以由根据美国钢铁学会(AISI) 1008、1005、1002的合金或者另一种适合的合金制成。

[0021] 所图示的管状焊丝50的粒状芯54一般可以是压紧的粉末。在某些实施例中,粒状芯54可以占管状焊丝50的总重量的约7%和约40%之间或者约10%和约20%之间。例如,在某些实施例中,粒状芯54可以提供管状焊丝50的总重量的约14%、约15%或约16%。此外,在某些实施例中,下文所讨论的粒状芯54的组分可以被均匀地或非均匀地(例如,以团块或簇56的形式)设置在粒状芯54内。例如,某些公开的焊丝的粒状芯54可以包括可以为焊缝提供至少一部分的填料金属的一种或多种金属(例如,铁、铁钛、铁硅,或者其他合金或金属)。具体举例来说,在某些实施例中,粒状芯54可以包括在约65%和约75%之间的铁粉,以及其他合金组分,如钛铁合金(例如,40%品级(grade))、镁硅铁合金和硅铁合金粉末(例如,

50%品级,未稳定的)。可以存在于管状焊丝50内的组分的其他示例(例如,除了所述一种或多种碳源和所述一种或多种碱金属和/或碱土金属化合物之外)包括其他稳定、焊药和合金组分,如可以在可从伊利诺斯工具制品有限公司(Illinois Tool Works Inc.)获得的METALLOY X-CEL™焊接电极中找到的。

[0022] 此外,现在所公开的管状焊丝50的实施例可以包括被设置在粒状芯54中的有机稳定剂,如有机金属化合物。有机稳定剂可以是包括一种或多种碱金属离子(例如,第1族:锂(Li)、钠(Na)、钾(K)、铷(Rb)、铯(Cs))或碱土金属离子(例如,第2族:铍(Be)、镁(Mg)、钙(Ca)、锶(Sr)或钡(Ba))的任何有机分子。即,在某些实施例中,有机稳定剂包括有机亚组分(例如,有机分子或聚合物),所述有机亚组分包括碳、氢和氧,并且可以以化学方式(例如,以共价键方式或离子键方式)键合到碱金属或碱土金属离子。在其他实施例中,有机稳定剂可以包括与碱金属和/或碱土金属盐(例如,氧化钾、硫酸钾、氧化钠等)混合在一起(例如,不以化学方式键合在一起)的有机亚组分(例如,有机分子或聚合物(如纤维素))。

[0023] 具体举例来说,在某些实施例中,有机稳定剂可以是纤维素基(例如,纤维素的)组分,其包括已被衍生化以形成钠盐或钾盐(例如,羧甲基纤维素钠或羧甲基纤维素钾)的纤维素链。例如,在某些实施例中,纤维素基有机稳定剂可以是具有范围为约0.5至约2.5的取代度(DS)的羧甲基纤维素钠。一般,所衍生的纤维素的取代度可以是0和3之间的实数,表示多糖的每个单体单元中被取代的羟基基团(hydroxyl moieties)的平均数目。在其他实施例中,有机稳定剂可以是包括一种或多种第1族/第2族的离子的其他有机分子。例如,在某些实施例中,有机稳定剂可以包括衍生糖(例如,衍生蔗糖、葡萄糖等)或多糖,其具有用来形成碱金属或碱土金属盐的一个或多个羧酸或硫酸盐基团。在其他实施例中,有机稳定剂可以包括皂样分子(例如,十二烷基硫酸钠或硬脂酸钠)或藻朊酸盐。此外,在某些实施例中,有机稳定剂可以按重量占粒状芯54的小于约10%,在约0.05%和约5%之间,在约0.1%和约3%之间,在约0.25%和约2.5%之间,在约0.5%和约1.5%之间,或约1%。此外,在某些实施例中,有机稳定剂可以按重量占管状焊丝50的小于约5%,在约0.05%和约3%之间,在约0.08%和约2%之间,在约0.1%和约1%之间,或约0.15%。

[0024] 可以领会到,管状焊丝50的有机稳定剂组分可以被维持在适合的水平,使得还原环境(例如,富氢)可以被提供在焊弧34附近,但是不会向焊缝引入大量孔隙。应该进一步领会到,将有机分子被利用作为用于第1族/第2族离子的至少一部分到焊弧的运载工具(如现在所公开的那样)可能没有被广泛使用,因为在弧条件下有机分子可以生成氢,这可以导致低碳钢的多孔的和/或弱的焊缝。然而,如下文所陈述的,使用现在所公开的有机稳定剂即使在覆Zn工件上以高行进速度焊接,也能提供有品质的焊缝(例如,低孔隙度焊缝)。

[0025] 此外,现在所公开的管状焊丝50的实施例还可以包括设置在粒状芯54中的碳组分。例如,粒状芯54和/或金属套52中存在的碳源可以是许多种形式,并且可以稳定弧34和/或增加焊缝的碳含量。例如,在某些实施例中,石墨、石墨烯、纳米管、富勒烯和/或类似的实质上 $sp^2$ -杂化碳源可以被用作管状焊丝50中的碳源。此外,在某些实施例中,石墨烯或石墨也可以被用来提供可以存在于碳层之间的间隙空间中的其他组分(例如,水分、气体、金属等)。在其他实施例中,实质上 $sp^3$ -杂化碳源(例如,微米-或纳米-金刚石、碳纳米管、巴基球)可以被用作碳源。在再其他实施例中,实质上无定形碳(例如,炭黑、灯黑、煤烟和/或类似的无定形碳源)可以被用作碳源。此外,尽管本公开可以将该组分称为“碳源”,应该领会



到,碳源可以是包含除碳之外的元素(例如,氧、卤素、金属等)的以化学方式改性的碳源。例如,在某些实施例中,管状焊丝50可以在粒状芯54中包括炭黑组分,所述炭黑组分可以包含约20%的锰含量。在某些实施例中,管状焊丝50的碳组分可以是粉状或粒状石墨。此外,在某些实施例中,碳组分可以按重量占粒状芯54的小于约10%,在约0.01%和约5%之间,在约0.05%和约2.5%之间,在约0.1%和约1%之间,或约0.5%。在某些实施例中,碳组分可以按重量占管状焊丝50的小于约5%,在约0.01%和约2.5%之间,在约0.05%和约0.1%之间,或约0.08%。

[0026] 此外,除了上文所讨论的有机稳定剂之外,管状焊丝50还可以包括一种或多种无机稳定剂,以进一步稳定弧34。即,管状焊丝50的粒状芯54可以包括第1族和第2族元素(例如,Li、Na、K、Rb、Cs、Be、Mg、Ca、Sr、Ba)的一种或多种化合物。示例化合物的非限制性列表包括:第1族(即,碱金属)和第2族(即,碱土金属)的硅酸盐、钛酸盐、碳酸盐、卤化物、磷酸盐、硫化物、氢氧化物、氧化物、高锰酸盐、硅卤化物、长石、铯榴石、辉钼矿和钼酸盐。例如,在实施例中,管状焊丝50的粒状芯54可以包括钛锰酸钾、硫酸钾、钠长石、钾长石,和/或碳酸锂。具体举例来说,粒状芯54可以包括硅酸钾、钛酸钾、藻朊酸钾、碳酸钾、氟化钾、磷酸钾、硫化钾、氢氧化钾、氧化钾、高锰酸钾、氟硅酸钾、钾长石、钼酸钾,或其组合作为钾源。可以使用的类似的稳定化合物的示例被描述在题目为“正接金属芯丝(STRAIGHT POLARITY METAL CORED WIRE)”的美国专利No.7,087,860,以及题目为“正接金属芯丝(STRAIGHT POLARITY METAL CORED WIRE)”的美国专利No.6,723,954,为所有目的,所述美国专利均通过引用以其全部被并入如本文。

[0027] 此外,对于所公开的管状焊丝50的某些实施例,一种或多种无机稳定剂可以以团聚物(agglomerate)或熔块(frit)的形式被包括在粒状芯54中。即,管状焊丝50的某些实施例可以包括上文所描述的可在焊接期间稳定弧的以团聚物或熔块形式的无机稳定剂中的一种或多种。在本文中使用时,术语“团聚物”或“熔块”指化合物的混合物,所述化合物的混合物已在煅烧炉或烤炉中被烧制或加热,使得混合物的组分彼此紧密接触。应该领会到,团聚物可以具有与用来形成该团聚物的混合物的各个组分相比细微地或显著不同的化学和/或物理性能。例如,如先前所公开的,团聚物可以提供比非团聚物材料更好地适合于焊接环境的熔块。

[0028] 在某些实施例中,管状焊丝50的粒状芯54可以包括一种或多种碱金属或碱土金属化合物(例如,氧化钾、氧化钠、氧化钙、氧化镁,或者其他适合的碱金属或碱土金属化合物)的团聚物。在其他实施例中,管状焊丝50的粒状芯54可以包括碱金属或碱土金属化合物与其他氧化物(例如,二氧化硅、二氧化钛、二氧化锰,或者其他适合的金属氧化物)的混合物的团聚物。例如,管状焊丝50的一个实施例可以包括团聚的钾源,所述团聚的钾源包括氧化钾、二氧化硅和二氧化钛的混合物。进一步举例来说,管状焊丝50的另一个实施例可以在粒状芯54中包括另一个稳定团聚物,该稳定团聚物具有氧化钾(例如,按重量在约22%和25%之间)、氧化硅(例如,按重量在约10%和18%之间)、二氧化钛(例如,按重量在约38%和42%之间)和氧化锰或二氧化锰(例如,按重量在约16%和22%之间)的混合物。在某些实施例中,团聚物可以包括按重量在约5%和75%之间的碱金属和/或碱土金属化合物(例如,氧化钾、氧化钙、氧化镁,或者其他适合的碱金属和/或碱土金属化合物),或者按重量在约5%和95%之间的碱金属和/或碱土金属(例如,钾、钠、钙、镁,或者其他适合的碱金属和/或碱

土金属)。此外,在某些实施例中,在选择存在于团聚物混合物中的每个组分的相对量时,可以考虑其他化学和/或物理因素(例如,最大化团聚物的碱金属和/或碱土金属负载、酸度、稳定性和/或吸湿性)。此外,在某些实施例中,团聚物可以按重量占粒状芯54的小于约10%,在约0.1%和约6%之间,在约0.25%和约2.5%之间,在约0.5%和约1.5%之间,或者约1%。在某些实施例中,团聚物可以按重量占管状焊丝50的小于约5%,在约0.05%和约2.5%之间,在约0.1%和约0.5%之间,或者约0.15%。

[0029] 此外,管状焊丝50的粒状芯54还可以包括其他组分以控制焊接过程。例如,稀土元素一般可以影响弧34的稳定性和热过渡特性。因此,在某些实施例中,管状焊丝50可以包括稀土组分,如稀土硅化物(例如,可从伊利诺斯州Miller和Rosemont公司(Miller and Company of Rosemont, Illinois)获得),所述稀土组分可以包括稀土元素(例如,铈和镧)和其他非稀土元素(例如,铁和硅)。在其他实施例中,任何包括铈和镧的材料(例如,镍镧合金)可以以不破坏本方法的效果的量来使用。具体举例来说,在某些实施例中,稀土组分可以按重量占粒状芯54的小于约10%,在约0.01%和约8%之间,在约0.5%和约5%之间,在约0.25%和约4%之间,在约1%和约3%之间,在约0.75%和约2.5%之间,或者约2%。在某些实施例中,稀土组分可以按重量占管状焊丝50的小于约5%,在约0.01%和约2.5%之间,在约0.1%和约0.75%之间,或者约0.3%。

[0030] 此外,管状焊丝50可以附加地或者可替换地包括其他元素和/或矿物以提供弧稳定性并且控制所产生的焊缝的化学成分。例如,在某些实施例中,管状焊丝50的粒状芯54和/或金属套52可以包括某些元素(例如,钛、锰、锆、氟或其他元素)和/或矿物(例如,黄铁矿、磁铁矿等)。具体举例来说,某些实施例可以在粒状芯54中包括硅化锆、锆镍,或者钛、铝和/或锆的合金。具体地,包括各种硫化物、硫酸盐和/或亚硫酸盐化合物(例如,如二硫化钼、硫化亚铁、亚硫化锰、硫酸钡、硫酸钙或硫酸钾)的含硫化合物或者含硫化合物或矿物(例如,黄铁矿、石膏或类似的含硫种类)可以被包括在粒状芯54中,以通过改善珠形状和帮助熔渣分离来改进所产生的焊缝的品质,这在焊接镀锌工件时可以是特别有用的,如下文所讨论的那样。此外,在某些实施例中,管状焊丝50的粒状芯54可以包括多个硫源(例如,亚硫酸锰、硫酸钡和黄铁矿),而管状焊丝50的其他实施例可以仅包括单一硫源(例如,硫酸钾),而不包括大量的另外种硫源(例如,黄铁矿或硫化亚铁)。例如,在实施例中,管状焊丝50的粒状芯54可以包括在约0.01%和约0.5%之间或者约0.2%的硫酸钾。

[0031] 一般来讲,管状焊丝50的一种或多种组分一般可以稳定到工件22的弧的形成。因此,所公开的管状焊丝50可以改进焊接过程的多于一个方面(例如,飞溅、硅岛形成、熔敷速率、行进速度、焊道形状、焊缝质量等)。应该进一步领会到,弧34的改进的稳定性一般可以实现和改进镀锌金属工件的焊接。例如,现在所公开的管状焊丝50一般降低飞溅和孔隙度,并且改进弧34的稳定性和控制弧34的穿透,使得虽有镀锌工件22的Zn覆层仍可以在高行进速率下实现可接受的焊缝。

[0032] 所公开的管状焊丝50的两个示例性实施例(E1和E2)被陈述在以下表1中。对于表1中所呈现的实施例,管状焊丝50的Zn含量由设置在粒状芯54内的Zn粉提供。如所提到的,在其他实施例中,管状焊丝50的Zn含量的至少一部分可以由金属套52提供。

[0033]

实施例	E1		E2	
	重量% (芯)	重量% (丝)	重量% (芯)	重量% (丝)
<b>芯组成</b>				
铁粉	68.3	10.2	75.0	11.3
硫酸钾	0.2	0.0	0.2	0.0
稀土硅化物 (Fe-Si-La/Ce)	2	0.3	2.0	0.3
羧甲基纤维素钠	1	0.2	1.0	0.2
钛锰酸钾熔块	1	0.2	1.0	0.2
铁合金 (40% 品级)	1.1	0.2	1.1	0.2
铁锰硅合金	17.1	2.6	11.4	1.7
粒状石墨	0.5	0.1	0.5	0.1
铁硅合金粉末	4.8	0.7	4.8	0.7
锌粉	4	0.6	3	0.5
<b>套组成</b>	<b>重量% (套)</b>	<b>重量% (丝)</b>	<b>重量% (套)</b>	<b>重量% (丝)</b>
铁	99.51	84.58	99.51	84.58
碳	0.09	0.0765	0.09	0.0765
锰	0.4	0.34	0.4	0.34

[0034] 表1管状焊丝50的示例性实施例,其中管状焊丝50的重量的约15%由芯54提供,并且其中Zn含量仅被设置在芯54中。各项值以相对于芯的重量的重量百分数(重量%(芯))、相对于套的重量的重量百分数(重量%(套)),以及相对于丝的重量的重量百分数(重量%(丝))提供。

[0035] 表2和3呈现使用管状焊丝50的实施例(即,E1、E2和E3)以及用于比较的标准F6焊丝(即,FabCOR F6™焊丝)在相对高的行进速度(即,40英寸每分钟)对覆Zn工件进行示例性焊接操作的结果。如所指示的,对于本方法的实施例E1、E2和E3,Zn粉基于芯54的重量占芯54的约2.5重量%和约4重量%之间。如所指示的,当与标准FabCOR F6™焊丝比较时,所公开的焊丝E1、E2和E3实现低了约25%和约60%之间的飞溅水平(例如,低了约35%和约55%之间)。此外,如图2中所示的,所公开焊丝50的实施例实现这样的焊接操作:当焊接覆Zn工件时,小于约15重量%(例如,小于约14重量%、小于约13重量%、小于约10重量%、小于约9重量%)的丝50被转变为飞溅。

[0036]

丝	Zn(wt%-芯)	Zn(wt%-丝)	飞溅(g/30")	飞溅(重量%的丝)
F6	0	0	8.6	20.4
E1	4	0.6	6.1	13.5
E2	3	0.45	4.0	8.8
E3	2.5	0.38	6.7	14.8

[0037] 表2在GMAW焊接操作期间不同的焊丝的飞溅率,所述GMAW焊接操作使用90%的Ar/10%的CO<sub>2</sub>的保护气体混合物和CV DCEN焊接极性并使用所指示的丝在40英寸每分钟的行进速度下形成堆焊(bead-on-plate,缩写为BOP)接头。飞溅以每30英寸的焊缝熔敷物的飞溅的克数为单位指示,并且还以被转换为飞溅的丝的百分数为单位示出。

[0038] 此外,如表3中所指出的,实施例E1、E2和E3还实现在焊接覆锌工件时可接受地低水平的孔隙度。如所指示的,当与对标准FabCOR F6™焊丝所观察到的长度孔隙度(length porosity)比较时,所公开的焊丝E1、E2和E3实现形成具有低了约40%和约99%之间(例如,低了约45%和约95%之间,低了约60%和约90%之间)的长度孔隙度的焊缝熔敷物。因此,所公开的焊丝50的实施例实现形成具有小于约3%(例如,小于约2%、小于约1%、小于约

0.5%)的长度孔隙度的焊缝熔敷物。如所指示的,当与对标准FabCOR F6™焊丝观察到的面积孔隙度(area porosity)比较时,所公开的焊丝E1、E2和E3实现形成具有低了约30%和约99%之间(例如,低了约40%和约95%之间,低了约75%和约90%之间)的面积孔隙度的焊缝熔敷物。因此,所公开的焊丝50的某些实施例实现在焊接镀锌钢工件时形成具有小于约1.5%(例如,小于约2%、小于约1%、小于约0.5%)的面积孔隙度的焊缝熔敷物。当使用脉冲焊接条件(例如,Miller AccuPulse™)和在恒定电压下使用DCEN极性时,观察到类似的结果。此外,由表3中所指示的实施例E1、E2和E3产生的焊缝提供关于硅岛形成的显著改进,其中与使用标准F6丝形成的焊缝熔敷物相反,硅岛尺寸更小和/或朝向焊趾定位。

[0039]

丝	Zn (wt% - 芯)	Zn (wt% - 丝)	长度孔隙度	面积孔隙度	Si岛
F6	0	0	5.0%	1.7%	分布在整个表面上
E1	4	0.6	2.9%	1.2%	分布在整个表面上但是尺寸小
E2	3	0.45	0.0%	0.0%	朝向焊趾分布
E3	2.5	0.38	1.9%	0.4%	分布在整个表面上但是尺寸小

[0040] 表3在GMAW焊接操作期间不同焊丝的孔隙度和Si岛测得值,所述GMAW焊接操作使用90%的Ar/10%的CO<sub>2</sub>的保护气体混合物和CV DCEN焊接极性并且使用所指示的丝在40英寸每分钟的行进速度下进行。孔隙度测得值是通过分析使用所指示的丝形成的三个叠接接头而确定的平均值。Si岛分析使用显微镜可视地执行。

[0041] 表4指示使用所公开的管状焊丝50的实施例(即,E2)形成的四个示例性焊缝熔敷物(即,W1、W2、W3和W4)的各种性能和全焊缝金属(all-weld-metal,即,AWM)组成。如表4中所指示的,取决于焊接参数,管状焊丝50的实施例实现形成具有大于60千磅每平方英寸(ksi)、大于70ksi、大于80ksi或者甚至大于90ksi的极限抗拉强度(UTS)的焊缝熔敷物。取决于焊接参数,这些焊缝熔敷物还提供大于50ksi、大于60ksi或者大于70ksi的屈服强度。此外,管状焊丝50的实施例实现形成在-20℃下具有大于50ft-lbs、大于60ft-lbs、大于70ft-lbs或大于75ft-lbs的夏比V型缺口韧性(Charpy V-notch toughness)值的,以及在-40℃下具有大于30ft-lbs、大于40ft-lbs或大于50ft-lbs的夏比V型缺口韧性值的焊缝熔敷物。可以注意到,管状焊丝50实现形成与AWS 5.18的物理和组成要求相符合的焊缝熔敷物(例如,W3)。可以领会到,由于锌的熔点(1565°F)相对于铁的熔点(2800°F)低,尽管锌被熔敷在A36工件的表面上,在AWM熔敷物中通常不会观察到锌超出潜在微量(例如,百万分之一(ppm)或更少)。

[0042]

参数	W1	W2	W3	W4
直径(英寸)	0.035	0.035	0.052	0.052
送丝速度(ipm)	425	425	350	350
电流	DCEN	DCEP	DCEN	DCEP
性能				
极限抗拉强度(ksi)	84.6	83.3	93.2	91.1
屈服强度(ksi)	72.1	70.7	78.6	77.7
伸长(%)	24.7	21.8	23.9	23.2

断面收缩率(%)	48.4	46.4	60	51.1
CVN@-20°C(ft-lbs)	71.3	62.0	77.0	57.7
CVN@-40°C(ft-lbs)	52.3	39.0	51.7	34.0
AWM组成(wt%)				
碳	0.096	0.082	0.123	0.116
锰	1.089	1.223	1.181	1.211
磷	0.007	0.007	0.006	0.007
硫	0.014	0.013	0.013	0.013
硅	0.745	0.793	0.782	0.841
铜	0.064	0.054	0.057	0.067
铬	0.041	0.038	0.038	0.041
钒	0.001	0.001	0.001	0.001
镍	0.023	0.022	0.022	0.023
钼	0.012	0.01	0.011	0.013
铝	0.012	0.016	0.013	0.014
钛	0.024	0.031	0.034	0.042
铌	0.002	0.002	0.002	0.002
钴	0.003	0.002	0.003	0.004
硼	0.0005	0.0009	0.0004	0.0008
钨	0.004	0.001	0.003	0.004
锡	0.012	0.011	0.011	0.013
铅	0.001	0.001	0	0.001
锆	0.002	0.003	0.002	0.002
铈	0.001	0.001	0.001	0.001
铁和微量元素	其余	其余	其余	其余

[0043] 表4在多道次焊接操作中使用所公开的管状焊丝50的实施例(即,E2)而形成的四个示例性焊缝熔敷物的焊接参数、焊缝性能和全焊缝金属组成。送丝速度被提供以英寸每分钟(ipm)。附加的焊接参数包括:板(工件):A36镀锌钢;板厚度:3/4英寸;角度:45°;根部间隙:1/2英寸;位置:1g;预热:70°F;焊接电压:28伏特(V);保护气体:90%氩气/10%CO<sub>2</sub>;行进速度:10ipm;通电伸出:0.75英寸;总道次:14;总层数:7。

[0044] 尽管所公开的焊丝的某些组分(例如,有机稳定剂、稀土硅化物、K-Ti-Mn熔块)在上文已被公开为对于焊接覆Zn工件是有利的,但是有意添加Zn到焊丝以改进覆Zn工件的焊接由于是意想不到的,先前并未公开报道。因此,要进一步注意,在焊接覆Zn工件时,某些所公开的组分(例如,有机稳定剂、稀土硅化物、K-Ti-Mn熔块)与所公开的Zn含量的组合使用实现在低飞溅、低孔隙度、良好的弧稳定性、良好的弧穿透性等方面的附加优点。

[0045] 尽管本公开的仅仅某些特征已被本文说明和描述,许多修改和变化会被本领域技术人员想到。因此,要理解的是,所附的权利要求书意在涵盖落在本公开的真实精神内的所有这样的修改和变化。

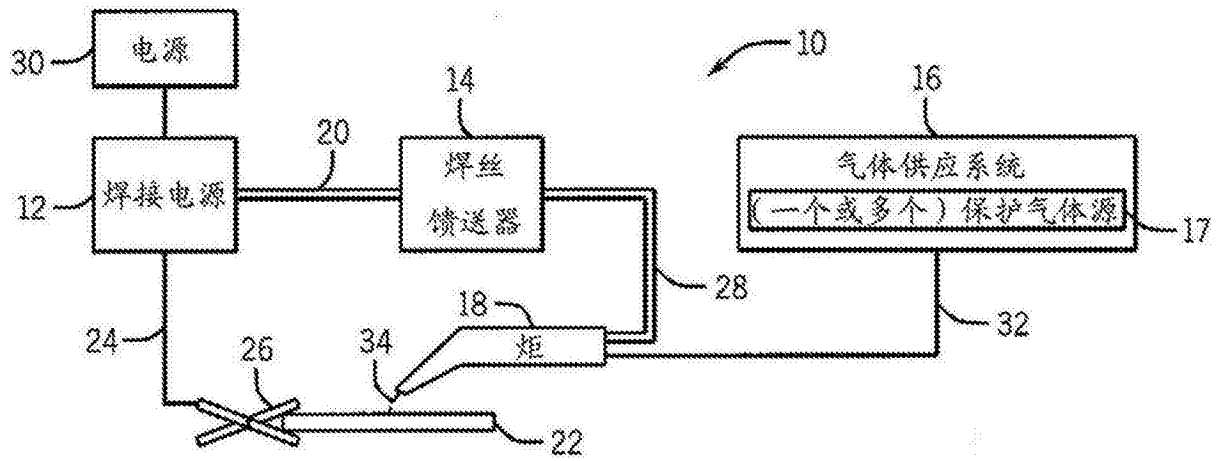


图1

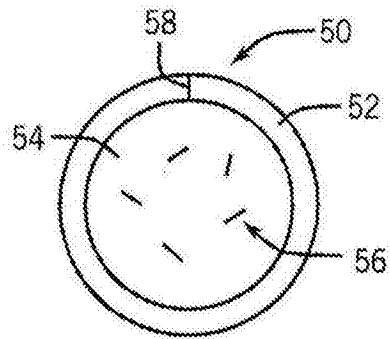


图2