



(10) 授权公告号 CN 112831735 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 08

(21) 申请号 202011612419.4

(22) 申请日 2020.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112831735 A

(43) 申请公布日 2021.05.25

(73) 专利权人 江苏理工学院

地址 213001 江苏省常州市中吴大道1801号

(72) 发明人 李小平 刘骁 李润洲 张扬
雷卫宁

(74) 专利代理机构 常州佰业腾飞专利代理事务
所(普通合伙) 32231

专利代理师 王巍巍

(51) Int. Cl.

C22F 1/02 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

C22C 21/10 (2006.01)

C21D 9/00 (2006.01)

C21D 9/52 (2006.01)

B22D 11/06 (2006.01)

B21C 37/04 (2006.01)

B21C 37/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104561705 A, 2015.04.29

CN 108396206 A, 2018.08.14

CN 108161273 A, 2018.06.15

CN 108044118 A, 2018.05.18

韦强等. 喷射成形Al-Zn-Mg-Cu系高强铝合金的组织与性能.《中国有色金属学报》.2001, 第11卷(第02期), 第118-122页.

张永安等. 喷射成形制备Al-Zn-Mg-Cu系高强高韧铝合金的研究.《稀有金属》.2002, 第26卷(第06期), 第15-18页.

张永安等. Al₁(10)Zn₂(2.9)Mg₁(1.7)Cu超
高强铝合金的喷射成形制备研究.《稀有金属》
.2003, 第27卷(第05期), 第93-97页.

廖开举等. 热挤压对喷射沉积7055铝合金显微组织和力学性能的影响.《粉末冶金材料科学与工程》.2015, 第20卷(第05期), 第146-151页.

马瑞等. 两种方法制备高强铝合金的组织和力学性能对比.《轻合金加工技术》.2010, 第38卷(第10期), 第56-59页.

何小青等. 喷射成形Al-Zn-Mg-Cu合金在挤压和热处理后的组织演变.《稀有金属材料与工程》.2008, 第37卷(第03期), 第161-164页.

蔡元华等. 喷射成形含锰高强Al-Zn-Mg-Cu的组织 and 性能.《北京科技大学学报》.2008, 第30卷(第07期), 第54-57+72页.

赵晓洁等. 改善7055铝合金力学性能的研究.《热加工工艺》.2015, 第44卷(第16期), 第123-124+127页.

(续)

审查员 刘春涛

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种高强铝合金丝/带材的制备方法

(57) 摘要

本发明属于金属材料及其加工工艺技术领域, 一种高强度铝合金丝/带材的制备方法, 步骤如下: A、将合金熔炼后喷射成形制备Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金坯料; B、对坯料进行半固态镦粗形成锭坯; C、通过热挤压将锭坯挤压并成卷, 再经过真空退火处理, 形成卷材; D、将卷材进行热连轧得到线坯; E、对线坯进行固溶热处理后进行

多次拉拔, 进一步退火处理后再进行连续多道拉拔加工, 获得高强度铝合金丝/带材。本发明丝材具有晶粒细小而致密、组织均匀、晶界界面清晰无析出物、无影响拉拔性能的层状组织的特点。有望拓宽Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金构件应用范围, 为Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金焊接、增材制造提供优质的原材料。

[接上页]

(56) 对比文件

闫兴华等.固溶处理对高强度铝合金组织和性能影响.《热加工工艺》.2016,第45卷(第20期),第250-252页.

张树国等.Al-Zn-Mg-Cu合金半固态成形的

研究现状与应用.《精密成形工程》.2020,第12卷(第03期),第72-78页.

许俊华等.喷射成形7055铝合金搅拌摩擦焊的焊缝组织与力学性能.《粉末冶金材料科学与工程》.2011,第16卷(第04期),第81-86页.

1. 一种高强度铝合金丝/带材的制备方法,其特征在于:步骤如下:

A、将合金熔炼后喷射成形制备Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金坯料;

B、对坯料进行半固态镦粗形成锭坯;步骤B中半固态镦粗是在460~575℃条件下对坯料进行镦粗,半固态镦粗形成的锭坯直径为30~330mm;

C、通过热挤压将锭坯挤压并成卷,再经过真空退火处理,形成卷材;步骤C中所述的热挤压温度为380~480℃,挤压比为20~90:1,对锭坯进行热挤压后卷坯直径/厚度为5~10mm;真空退火处理温度为200~300℃,保温10~24h后随炉冷却;

D、将卷材进行热连轧,得到线坯;步骤D中所述的线坯直径/厚度为3.4~3.6mm;

E、对线坯进行固溶热处理后进行多次拉拔,进一步退火处理后再进行连续多道拉拔加工,获得高强度铝合金丝/带材;步骤E中所述的固溶热处理是在温度420~570℃下保温2h,然后进行水淬;所述退火处理条件为在200~400℃条件下保温10~24h后随炉冷却,连续多道拉拔加工的压缩比为5~25%,所述丝/带材的直径/厚度为0.8~3.2mm。

2. 根据权利要求1所述的高强度铝合金丝/带材的制备方法,其特征在于:所述Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金成分为Al-xZn-yMg-zCu,其中各成分重量百分比如下: $3.5\% \leq x \leq 22\%$, $1.5\% \leq y \leq 10\%$, $1.0\% \leq z \leq 10\%$,其余为Al。

3. 根据权利要求1所述的高强度铝合金丝/带材的制备方法,其特征在于:步骤A中Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金坯料的直径为90~600mm,长度为200~1200mm。

4. 根据权利要求1所述的高强度铝合金丝/带材的制备方法,其特征在于:所述热连轧方式为斜轧。

一种高强铝合金丝/带材的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料及其加工工艺技术领域,尤其涉及一种可用于焊接及增材制造的Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝/带材的制备方法。

背景技术

[0002] 高强铝合金可广泛应用于航空航天、石油钻探、汽车和电子产业、轮船、核电等领域。目前世界各国民用飞机上铝合金已占居了结构材料重量的70%~80%,其中大部分为高强铝合金。随着现代航空航天工业的快速发展,Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金将会拥有更加广泛的应用前景。将其加工成不同形状构件,可以用于不同应用领域,因此对其加工成形工艺的研究具有明确的实际应用价值。

[0003] Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金虽然具有高比强度的优势,但由于自身存在塑性韧性差、可焊性差等问题,其在加工成形尤其是焊接方面存在较大困难,主要表现为:(1)可用于焊接及增材制造领域的Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝材(带材)生产困难。拉拔是获得金属丝材的主要塑性变形方式,对Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金而言,由于Zn含量高,脆性大,其塑性变形困难,在挤压、拉拔等工艺过程中容易产生裂纹以致碎裂,成形喷射成形可以得到晶粒细小、组织均匀、晶界界面清晰无析出物的细晶Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金坯料,改善塑性、韧性,但同时由于喷射成形不能致密,极易形成层状组织从而影响其优异性能的发挥;(2)Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金焊接性差,焊缝不易成形且热裂倾向明显。特别是由于没有对应的Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金焊丝可用,在Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金的焊接过程中通常会选用组织与力学性能与母材相差较大的5系或其他系列铝合金丝材进行焊接,焊缝力学性能差,也限制了高强铝合金特别是超高强铝合金的应用,以上问题极大限制了Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金构件的加工与应用;(3)在金属增材制造领域,熔丝增材制造是提高高强铝合金零件的质量和效率的有效途径,但目前也因为缺少相应的铝合金丝材而限制了该类材料与零件的增材制造。

发明内容

[0004] 为解决现有技术存在的Al-Zn-Mg-Cu合金塑性韧性差、可焊性差的缺陷,本发明提供一种高强度铝合金丝/带材的制备方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案如下:一种高强度铝合金丝/带材的制备方法,步骤如下:

[0006] A、将合金熔炼后喷射成形制备Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金坯料;

[0007] B、对坯料进行半固态镦粗形成锭坯;

[0008] C、通过热挤压将锭坯挤压并成卷,再经过真空退火处理,形成卷材;

[0009] D、将卷材进行热连轧,得到线坯;

[0010] E、对线坯进行固溶热处理后进行多次拉拔,进一步退火处理后再进行连续多道拉拔加工,获得高强度铝合金丝/带材。

[0011] 作为优选,所述Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金成分为 $Al-xZn-yMg-zCu$,其中各成分重量百分比如下: $3.5\% \leq x \leq 22\%$, $1.5\% \leq y \leq 10\%$, $1.0\% \leq z \leq 10\%$,其余为Al。

[0012] 进一步地,步骤A中Al-Zn-Mg-Cu高强度铝合金坯料的直径为90~600mm,长度为200~1200mm。

[0013] 作为优选,步骤B中半固态镦粗是在460~575℃条件下对坯料进行镦粗,半固态镦粗形成的锭坯直径为30~330mm。

[0014] 作为优选,步骤C中所述的热挤压温度为380~480℃,挤压比为20~90:1,对锭坯进行热挤压后卷坯直径为5~10mm。

[0015] 具体地,步骤C中真空退火处理温度为200~300℃,保温10~24h后随炉冷却。

[0016] 进一步地,步骤D中所述的线坯直径/厚度为3.4~3.6mm。

[0017] 作为优选,步骤E中所述的固溶热处理是在温度420~570℃下保温2h,然后进行水淬。

[0018] 具体地,步骤E中退火处理条件为在200~400℃条件下保温10~24h后随炉冷却,连续多道拉拔加工的压缩比为5~25%,所述丝/带材的直径/厚度为0.8~3.2mm。

[0019] 作为优选,所述热连轧方式为斜轧。

[0020] 有益效果:本发明通过喷射成形可以得到晶粒细小、组织均匀、晶界界面清晰无析出物的细晶Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金坯料,通过半固态镦粗能够消除喷射成形所形成的层状组织结构,并使坯料致密;本发明还在拉拔前进行固溶热处理,能够有效避免拉拔过程中断丝和裂纹的现象。进而得到的丝材具有晶粒细小而致密、组织均匀、晶界界面清晰无析出物、无影响拉拔性能的层状组织的特点,拥有良好的力学性能、组织特性与焊接性能。有望拓宽Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金构件的应用范围,改善Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金构件的焊接,并为Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金焊接以及增材制造提供优质的原材料。

具体实施方式

[0021] 实施例1:

[0022] 针对7055铝合金,合金经熔炼后通过喷射成形获得直径为220mm的坯料,在460℃条件下进行半固态镦粗得到176mm的锭坯,经380℃热挤压的方式挤压成直径为6mm的棒材(1出多)并成卷,挤压比86:1。将成卷的棒材放置在真空退火炉中进行退火处理,条件为300℃条件下保温10h随炉冷却。退火处理后进行斜轧的热连轧,将直径6mm的棒材多道精轧成直径3.6mm的粗线坯。对粗线坯固溶热处理(在420℃下保温2h后进行水淬),然后进行多次拉拔,然后进行中间退火处理,中间退火处理条件为300℃条件下保温15h后随炉冷却后,再采用连续拔丝机进行多道拉拔,压缩比为6-8%,获得直径为0.8~1.6mm的7055Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝材。

[0023] 实施例2:

[0024] 针对7075铝合金,合金经熔炼后通过喷射成形获得直径为220mm的坯料,在575℃进行半固态镦粗得到228mm的锭坯,经460℃热挤压的方式挤压成直径为10mm的棒材并成卷(1出多),挤压比52:1。将成卷的棒材放置在真空退火炉中进行退火处理,条件为200℃条件下保温24h随炉冷却。退火处理后进行热连轧,将直径10mm的棒材多道精轧成直径3.4mm的粗线坯。对粗线坯固溶热处理(在570℃下保温2h后进行水淬),然后进行多次拉拔,然后进

行中间退火处理,中间退火处理条件为400℃条件下保温10h随炉冷却后,采用连续拔丝机进行多道拉拔,压缩比为6-10%,获得直径为0.8~1.6mm的7075Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝材。

[0025] 实施例3:

[0026] 针对Al-12Zn-2.4Mg-1.1Cu高锌铝合金,合金经熔炼后通过喷射成形获得直径为220mm的坯料,在500℃进行半固态镦粗得到90mm的锭坯,经480℃热挤压得到6mm的棒材并成卷(1出多),挤压比20:1。将成卷的棒材放置在真空退火炉中进行退火处理,条件为250℃条件下保温20h随炉冷却。退火处理后进行热连轧,将直径5mm的棒材多道精轧成直径3.6mm的粗线坯。对粗线坯固溶热处理(在500℃下保温2h后进行水淬),然后进行后多次拉拔,中间退火处理,中间退火处理条件为200℃条件下保温24h随炉冷却后,采用连续拔丝机进行多道拉拔,压缩比为15~20%,获得直径为0.8~1.6mm的Al-12Zn-2.4Mg-1.1Cu高锌铝合金丝材。

[0027] 表1:本发明实施例中Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝材的性能。

[0028]	序号	实施例 1			实施例 2			实施例 3		
	材料名称	7055			7075			Al-12Zn-2.4Mg-1.1Cu		
	丝材规格	Φ0.8mm	Φ1.2mm	Φ1.6mm	Φ0.8mm	Φ1.2mm	Φ1.6mm	Φ0.8mm	Φ1.2mm	Φ1.6mm
	屈服强度	350	363	353	378	432	417	368	371	354
[0029]	/MPa									
	抗拉强度/MPa	420	412	386	480	456	432	482	464	412
	伸长率/%	16	15	20	8	12	14	8	12	14
	弹性模量/GPa	72	72	72	70	70	70	69	69	69
	硬度/HB	103	96	90	120	116	106	125	114	101
	密度/g/cm ³	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9

[0030] 表2:本发明实施例中Al-Zn-Mg-Cu高强铝合金丝材焊接后部位的室温拉伸力学性能

[0031]

序号	试样名称	抗拉强度, R_m (MPa)	规定塑性延伸强度, $R_{r0.2}$ (MPa)	断后伸长率 A (%)
实施例 1	7055 ϕ 1.2 丝材焊接部位(T6 热处理)	667	575	11.5
		656	565	12.5
	7055 ϕ 1.2 丝材焊接部位(未热处理)	430	283	7.5
		-	-	-
实施例 2	7075 ϕ 1.2 丝材焊接部位(T6 热处理)	655	565	12.5
		634	562	12.0
	7075 ϕ 1.2 丝材焊接部位(未热处理)	388	294	10.0
		-	-	-
实施例 3	Al12Zn2.4Mg1.1Cu ϕ 1.2 丝材焊接部位(T6 热处理)	695	612	12.5
		689	606	13.0
	Al12Zn2.4Mg1.1Cu ϕ 1.2 丝材焊接部位(未热处理)	416	308	9.5
		-	-	-

[0032] 注:上述焊接后部位的室温拉伸力学性能方法为,采用各实施例制备的焊丝对与各丝材成分相同的铝合金母材进行焊接,进行T6热处理或不进行热处理得到测试样品(如7055 ϕ 1.2丝材焊接部位(T6热处理)即为采用实施例1制备7055规格为1.2mm的丝材对7055母材进行焊接,并在焊接后进行T6热处理的测试样品),按照GB/T228.1-2010金属材料拉伸实验第1部分:室温拉伸方法进行力学性能测试,热处理样品每组设置两个平行样。

[0033] 上面对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以对其做出种种变化。