



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104451291 B

(45)授权公告日 2017.01.25

(21)申请号 201410676636.8

(22)申请日 2014.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104451291 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(73)专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 聂祚仁 吴浩 文胜平 高坤元

黄晖 吴晓蓝 王为

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 张慧

(51)Int.Cl.

G22C 21/10(2006.01)

G22F 1/053(2006.01)

(56)对比文件

CN 101701308 A,2010.05.05,说明书第
[0027]-[0028]段.

CN 103243248 A,2013.08.14,全文.

CN 103710653 A,2014.04.09,全文.

CN 103255327 A,2013.08.21,说明书第
[0013]-[0015]段.

US 5624632 A,1997.04.29,全文.

审查员 吴启帆

权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金
的均匀化热处理工艺

(57)摘要

一种Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金
的均匀化热处理工艺,属于金属合金材料技术领
域。合金成分为Zn 7.2~8.2%、Mg 2.0~3.0%、
Cu 0.4~0.8%、Mn 0.2~0.5%、Er 0.1~
0.15%、Zr 0.1~0.15%、不可避免杂质 \leq 0.3,
余量为Al的铝合金铸锭的均匀化处理工艺。单级
均匀化处理工艺:450~490℃保温2~48h;双级
均匀化处理工艺:于400℃保温6~10h,再于470
℃保温24~48h。本发明可以消除合金铸态组织
的缺陷,提高合金组织均匀性和热加工性能,同
时能够促进合金中Al₃(Er,Zr)耐热弥散相的析
出和生长,有助于提高合金在热加工过程的再结
晶抗力以及抑制变形晶粒长大。

1. 一种Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金的均匀化热处理工艺,其中合金成分:7.27%Zn、2.32%Mg、0.6%Cu、0.29%Mn、0.11%Er、0.13%Zr、杂质<0.2%,余量为Al的Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金,采用单级均匀化或双级均匀化处理工艺,其特征在于,

对该合金铸锭进行单级均匀化热处理:将合金铸锭分别升温至450~490℃后保温2~48h后空冷至室温;

或对该合金铸锭进行双级均匀化热处理:将合金铸锭于升温至400℃后保温6~10h后,继续升温至470℃保温24~48h后空冷至室温。

2. 按照权利要求1的一种Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金的均匀化热处理工艺,其特征在于,单级均匀化热处理制度为在470℃保温24~48h;双级均匀化热处理制度为在400℃保温6~10h后再升温至470℃保温24~48h。

一种Er、Zr复合微合金化Al-Zn-Mg-Cu合金的均匀化热处理工艺

技术领域

[0001] 本发明属于金属合金材料技术领域,具体涉及到一种Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金的单级和双级均匀化热处理工艺。

技术背景

[0002] Al-Zn-Mg-Cu系铝合金具有密度低,强度高,韧性,热加工性和耐腐蚀性能较好等特点,已广泛应用于航空航天、船舶工业、交通运输等领域,成为主要结构材料之一。然而由于Al-Zn-Mg-Cu合金化程度较高,在凝固过程中存在着严重枝晶偏析、晶内和晶界化学成分及组织分布的不均匀,这些都会严重降低合金的塑性、恶化热加工性能,使合金制品强度和塑性降低,各向异性和腐蚀敏感性增加。因此为了消除铸锭组织缺陷对合金后续加工性能的影响,铸锭热变形前必须进行合理的均匀化热处理。

[0003] 均匀化热处理是合金制备和应用的一个极其重要的工艺过程。合理的均匀化热处理能达到以下效果:1)、消除合金铸锭中各元素偏析,使得各元素均匀分布;2)、消除合金中低熔点共晶相,提高合金的热加工性能;3)、球化合金中的难熔相和不熔相,提高合金后续加工性能;4)、析出细小弥散粒子,抑制变形合金再结晶和晶粒长大。因此针对此类含微合金化元素Er、Zr的Al-Zn-Mg-Cu合金,其适合的均匀化热处理工艺不仅需消除合金铸锭的成分偏析以及一次相,同时也需通过均匀化热处理,析出细小弥散的 $Al_3(Er, Zr)$ 粒子来提高合金后续性能。本发明是在以上技术背景基础,设计了该合金相应合适的单级和双级均匀化热处理工艺。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供适用于Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金(含Er、Zr的7xxx系铝合金)的单级均匀化和双级均匀化热处理工艺。所提供处理工艺不但能够消除铸锭的铸造缺陷,提高Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金热加工性,而且能够促进热稳定相 $Al_3(Er, Zr)$ 粒子的析出,有助于提高合金在热加工过程的抗再结晶性能以及抑制变形晶粒长大。

[0005] 本发明提供适用于Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金单级和双级均匀化热处理工艺,其工艺适合合金各组分为(重量百分比)Zn7.2~8.2、Mg2.0~3.0、Cu0.4~0.8、Mn0.2~0.5、Er0.1~0.15、Zr0.1~0.15、不可避免杂质 ≤ 0.3 ,余量为Al的铝合金铸锭,其成分优选为:7.27%Zn、2.32%Mg、0.6%Cu、0.29%Mn、0.11%Er、0.13%Zr、杂质 $< 0.2\%$,余量为Al。

[0006] 本发明所提供针对适用于Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金单级和双级均匀化热处理工艺,其工艺包括以下步骤:

[0007] 1)、单级均匀化热处理为:合金铸锭分别升温至450~490℃后保温2~48h;其优化单级均匀化热处理制度为在470℃保温24~48h后空冷至室温,如图1a所示。

[0008] 2)、双级均匀化热处理为:合金铸锭升温至400℃保温6~10h,随后继续升温至470℃保温24~48h后空冷至室温,如图1b所示。

[0009] 本发明单级均匀化处理工艺能够极大的消除铸锭合金偏析,使得合金成分分布均匀,消除合金中的低熔点相并球化合金中的难熔相,能够提高合金的后续的热加工性能,同时此单级均匀化处理工艺能析出细小弥散的 $Al_3(Er,Zr)$ 粒子。

[0010] 本发明双级均匀化处理工艺是在此单级工艺基础上进一步的完善,其第一级在 $400^{\circ}C$ 加热保温,有利于合金中Er、Zr等微合金元素的析出,促进了热稳定 $Al_3(Er,Zr)$ 相的高密度形核,还可以降低大尺寸铸锭的内应力,减少铸锭快速受热时发生热变形和热开裂倾向;第二级在 $470^{\circ}C$ 加热保温 $24\sim 48h$ 能够保证消除铸锭合金中缺陷,且较高的温度能够使得细小 $Al_3(Er,Zr)$ 相的生长到合适尺寸,有益于稳定地钉扎合金变形组织,提高合金的热稳定性能。

[0011] 本发明有以下有益效果:

[0012] 本发明所提供的单级和双级均匀化热处理工艺,不但可以消除合金铸态组织的缺陷,提高合金的热加工性能;而且能够促进合金中 $Al_3(Er,Zr)$ 耐热弥散相的析出和生长,有助于提高合金在热加工过程的抗再结晶性能。

附图说明

[0013] 图1热处理工艺示意图;

[0014] a为Al-Zn-Mg-Cu-Er-Zr合金单级均匀化热处理工艺示意图(单级热处理保温温度T的范围为 $450\sim 490^{\circ}C$,保温时间t的范围为 $2\sim 48h$)

[0015] b为合金双级均匀化热处理工艺示意图(第一级保温温度 T_1 为 $400^{\circ}C$,保温时间 t_1 为 $6\sim 10h$;第二级保温温度 T_2 为 $470^{\circ}C$ 保温时间为 t_2 为 $24\sim 48h$)

[0016] 图2为实施例合金单级均匀化处理硬度变化曲线;

[0017] 图3为实施例合金双级均匀化处理电导率变化曲线;

[0018] 图4为实施例单级均匀化处理合金中一次相面积分数变化曲线;

[0019] 图5热处理样品透射电镜照片;

[0020] a为单级 $470^{\circ}C/24h$ 均匀化热处理样品透射电镜照片

[0021] b为双级 $400^{\circ}C/6h+470^{\circ}C/24h$ 均匀化热处理样品透射电镜照片。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图及具体实施方式对本发明作进一步描述,但本发明并不限于以下实施例。

[0023] 实施例1:对一种重量百分含量为: $7.27\%Zn$ 、 $2.32\%Mg$ 、 $0.6\%Cu$ 、 $0.29\%Mn$ 、 $0.11\%Er$ 、 $0.13\%Zr$ 、杂质 $<0.2\%$,余量为Al的铝合金分别升温至 $450\sim 490^{\circ}C$ 保温 $2\sim 48h$ 后空冷至室温;共进行了30组实验(例: $450^{\circ}C/2h$ 、 $450^{\circ}C/4h$ 、 $450^{\circ}C/8h$ 、 $450^{\circ}C/16h$ 、 $450^{\circ}C/24h$ 、 $450^{\circ}C/48h$,其余温度类似),取不同热处理状态样品进行维氏硬度和相应的电导率测试,测试结果如图2、图3所示。同一温度下样品平均硬度随保温时间增加而增大随后保持恒定,而对应的电导率随保温时间的增加而降低,随后保持稳定;经过 $470^{\circ}C/24\sim 48h$ 后单级均匀化处理后的样品其硬度达到最大,相应的电导率最低。

[0024] 对实施例1中经过不同状态单级均匀化处理的样品,通过扫描电镜观察各个样品中的一次相,然后统计一次相所占的面积分数(每个状态取20张照片的平均值)。所统计数

据如图4所示,同一温度下样品中一次相的面积分数随保温时间的增加而减小,随后保持基本稳定,整个结果显示经过470℃/24h后单级均匀化处理样品中一次相面积分数达到最低值,随后保持恒定。

[0025] 实施例2:对与实施例1相同的合金铸锭升温至400℃保温6~10h,随后继续升温至470℃保温24h后空冷至室温;由于双级均匀化处理也经过470℃/24h处理,其样品中的铸态组织缺陷与单级470℃/24h处理一样会被消除,二者之间只有弥散相的差异;结合实施例1中470℃/24h单级均匀化热处理样品,分别通过透射电镜观察样品两样品中的弥散析出相 $\text{Al}_3(\text{Er}, \text{Zr})$ 粒子的存在状态,如图5a和5b所示,从图中可以看出热处理后合金中均出现了弥散分布的 $\text{Al}_3(\text{Er}, \text{Zr})$ 粒子,而经过400℃/6h+470℃/24h双级均匀化热处理后样品中 $\text{Al}_3(\text{Er}, \text{Zr})$ 粒子分布更加密集,两种状态处理的样品中 $\text{Al}_3(\text{Er}, \text{Zr})$ 粒子的平均直径分别为21.88和14.52nm,这些弥散粒子具有一定的耐热性,有助于提高合金在后期热加工过程的抗再结晶性能以及抑制变形晶粒长大。

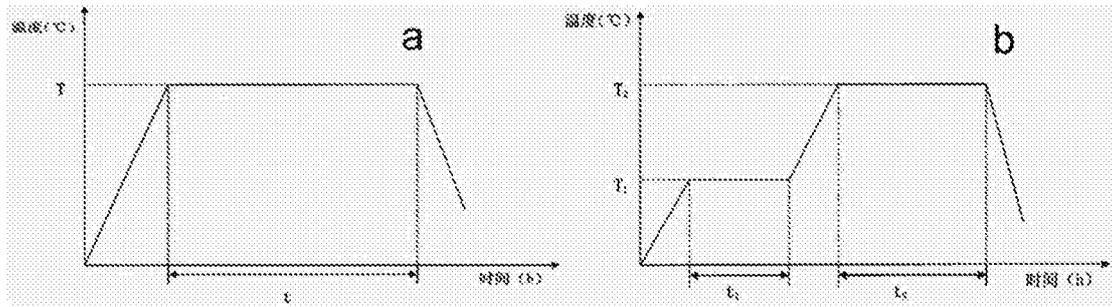


图1

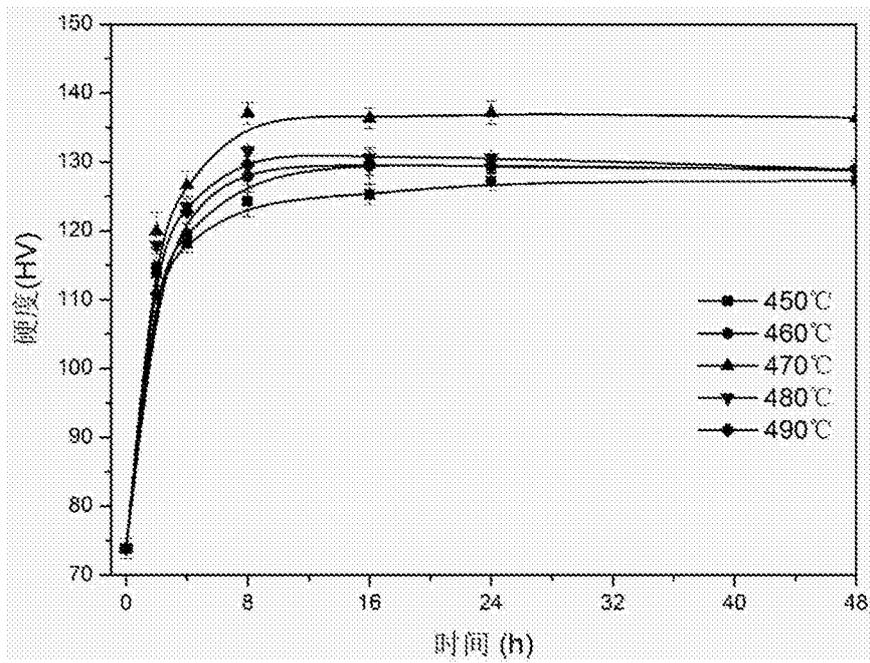


图2

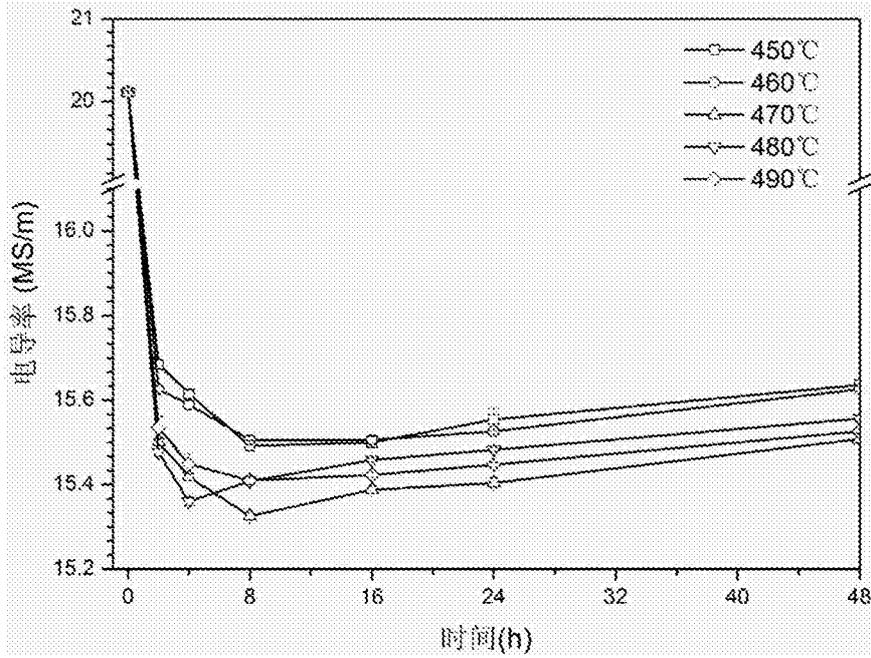


图3

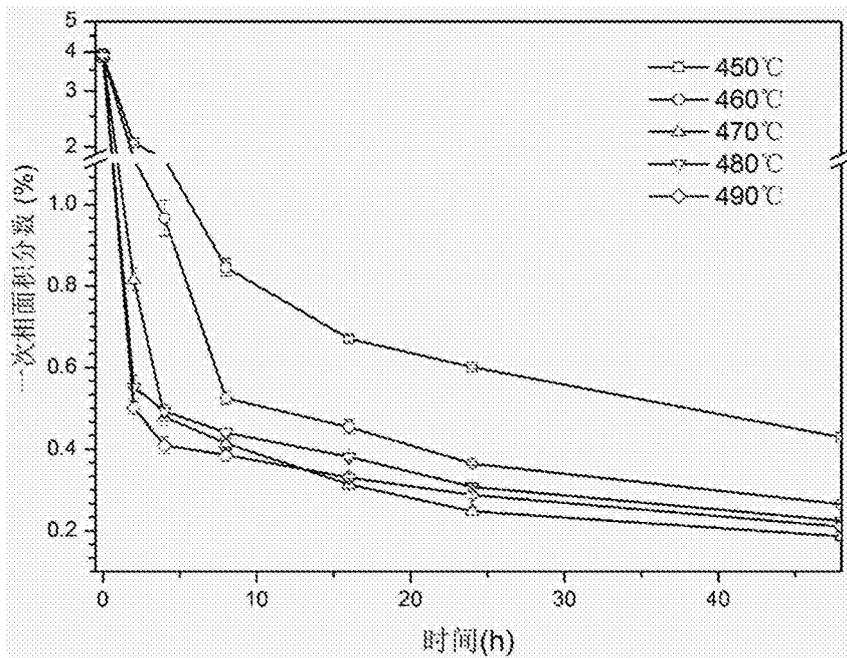


图4

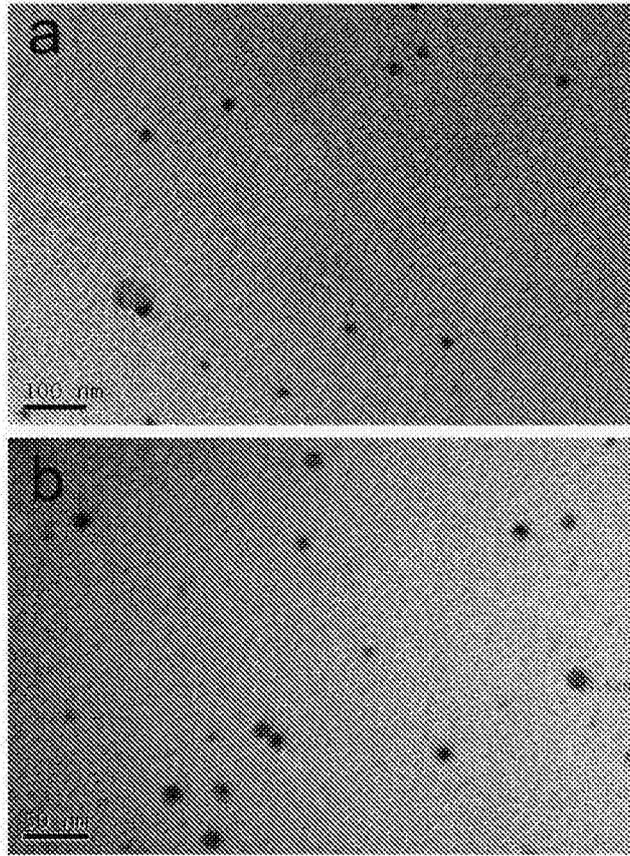


图5