



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109207749 B

(45) 授权公告日 2021.04.13

(21) 申请号 201811059055.4

C22F 1/053 (2006.01)

(22) 申请日 2018.09.11

B23P 15/22 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109207749 A

(56) 对比文件

RU 2007116979 A, 2008.11.20

US 2006174980 A1, 2006.08.10

(43) 申请公布日 2019.01.15

审查员 姜鹏

(73) 专利权人 湖南工业大学  
地址 412007 湖南省株洲市天元区泰山西  
路88号

(72) 发明人 范才河 范语楠

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 任重 冯振宁

(51) Int. Cl.

G22C 1/02 (2006.01)

G22C 21/10 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料及其在制备  
弹壳方面的应用

(57) 摘要

本发明涉及枪弹技术领域,具体涉及一种耐  
盐雾腐蚀的铝合金材料及其在制备弹壳方面  
的应用。所述的铝合金材料的成分包括锌4.0~  
7.0wt.%,铜1.0~2.0wt.%,锰0.3~0.7wt.%,镁1.0  
~2.0wt.%,稀土0.01~0.05wt.%,钛0~0.05wt.%,  
铬0~0.05wt.%和铝。本发明采用所述材料制得  
的弹壳具有耐烧蚀、成型性好、耐盐雾腐蚀的  
显著优点,可承受400MPa的膛压和1000℃的瞬  
时高温,弹头初速达1200m/s,有效避免弹壳  
变形、开裂及烧蚀现象,尤其适用于海上及  
高盐雾地区的士兵的弹药使用,与钢弹壳相  
比较整体质量降低20%以上,各项参数达到  
军方使用标准,可成功替代目前使用的铜质  
、钢质弹壳,减轻武器重量、加强弹药的防  
盐雾腐蚀能力,可长时间在海洋环境下保持  
正常使用。

1. 一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其特征在于,包含铝合金,所述铝合金的成分为:  
锌4.0~7.0wt.%,  
铜1.0~2.0wt.%,  
锰0.3~0.7wt.%,  
镁1.0~2.0wt.%,  
钛0.03~0.05wt.%,  
铬0.03~0.05wt.%,  
稀土铈0.01~0.05wt.%,  
其余部分包含铝和杂质Si、Fe元素。
2. 根据权利要求1所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其特征在于,所述铝合金的成分为锌5.0wt.%,铜1.6wt.%,锰0.5wt.%,镁1.8wt.%,稀土铈0.03wt.%,钛0.03wt.%,铬0.03wt.%,其余成分为铝。
3. 根据权利要求1所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其特征在于,所述铝合金原材料的纯度大于99.9%,杂质Si、Fe含量小于0.2 wt.%。
4. 根据权利要求1至3任一项所述的耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其特征在于,制备方法包括以下步骤:
  - S1. 将铝加入熔炼装置,加热至熔融,依次加入铜、锰、锌、稀土铈、钛、铬、镁,熔炼,通入保护气体,精炼;
  - S2. 将熔融的材料喷射成型,热处理,冷却即得所述铝合金材料。
5. 根据权利要求4所述的耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其特征在于,步骤S1所述的保护气体为无水氮气、无水氩气、无水氦气、无水氙气、无水氙气或无水氦气;  
步骤S1所述的加热温度为760~800℃;  
步骤S1所述熔炼时间为30~60min,精炼的时间为20~30min;  
步骤S2所述的热处理温度为450~470℃,保温的时间为1~2h。
6. 权利要求1所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料的应用,其特征在于,应用于制备弹壳。
7. 根据权利要求6所述的应用,其特征在于,所述弹壳的制备方法包括以下步骤:
  - S3. 将所述铝合金材料置于冲压模具中冲压成型铝合金弹壳,退火处理;
  - S4. 对铝合金弹壳进行阳极氧化处理、表面着色。
8. 根据权利要求7所述的应用,其特征在于,步骤S3所述铝合金材料冲击次数为5~8次;  
步骤S3所述退火的温度为430~470℃,保温的时间5~15min。

## 一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料及其在制备弹壳方面的应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及枪弹技术领域,更具体地,涉及一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料及其在制备弹壳方面的应用。

### 背景技术

[0002] 我国作为一个经济和军事大国,具有18000公里的海岸线,海域防卫是军备建设的重要方向,因此,我国需要一直强大的海军。随着我国海外经济利益的不断壮大,维护我国海外经济利益也成为我国海军的一项重要任务。亚丁湾护航,打击海盗等,我国海军已经走进深蓝。在沿海及海上等高盐雾地区,弹药的运输、储存及服役过程中受环境因素影响,其高盐雾环境下,由于盐雾液体作为电解液存在,加速了电化学腐蚀构成,使金属或涂层腐蚀生锈、起泡,从而导致弹药在枪膛内卡壳堵膛、哑火失灵,使弹药的使用性能和寿命受到严重威胁,对我国军事实力、军事战备有不利影响。

[0003] 我国弹药一直采用铜质或钢质弹壳,对弹药的防腐蚀措施为表面喷涂防腐涂料,在弹药表面喷涂一种高Ni、中Fe含量的锌系磷化剂,或者采用阳极氧化表面处理,在表面镀一层氧化膜层,对弹药的表面硬度和耐腐蚀性进行提高。但是,黄铜资源不丰富,不能满足大量消耗的需求,钢质的弹壳成本高,重量大,携带不便,影响海军部队机动性能。

[0004] 采用轻量化技术得到轻质高效能弹壳已成为实现武器系统轻量化的主要途径和研究重点,使大携带量成为可能,提高大口径武器机动性,不仅如此,对于一些机载武器,弹药的减重还能缩减耗油量,提升经济效益和远程打击能力。铝合金特别是高强韧铝合金因具有质量轻、耐腐蚀、比强度高优点,已在机械、建材、化工、包装等民用领域被广泛使用。理论上,铝合金材料作为轻量化弹壳材料,可大幅度降低弹壳重量,目前,铝合金弹壳成形技术已成为了各国弹药轻量化研究的重点。

[0005] 但是,现有的铝合金材料应用于制备弹壳时,可挤压性差,延伸率低,难以实现大塑性变形,其强度、变形量、耐高温性能要求方面不能满足要求,并且,铝合金表面有一层 $Al_2O_3$ 膜,它易吸附水分,在沿海或海上的军事体系中,高盐雾环境对弹药的储存有着严重威胁,易造成弹药的脱漆腐蚀。因此铝合金材料替代铜或者钢材料应用于铝合金弹壳制造,存在技术难题。

### 发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是克服现有铝合金材料的技术不足,尤其是作为弹壳材料的不足,提供一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料。

[0007] 本发明要解决的另一技术问题是提供所述铝合金材料的应用,尤其是在弹壳材料方面的应用。

[0008] 本发明的目的通过以下技术方案予以实现:

[0009] 提供一种耐盐雾腐蚀的铝合金材料,其成分含有:

[0010] 锌4.0~7.0wt.%,

- [0011] 铜1.0~2.0wt.%，
- [0012] 锰0.3~0.7wt.%，
- [0013] 镁1.0~2.0%，
- [0014] 稀土...~0.5wt.%，
- [0015] 其余部分包含铝和杂质Si、Fe元素。
- [0016] 进一步地，所述铝合金材料含有钛、铬中的一种或几种，其中钛含量为 0~0.05wt.%，铬含量为0~0.05wt.%。
- [0017] 进一步地，所述稀土为铈，其含量为0.01~0.05wt.%。
- [0018] 优选的，所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料，其成分包括：锌5.0，铜1.6wt.%，锰0.5wt.%，镁1.8wt.%，稀土0.03wt.%，钛0.03wt.%，铬0.03wt.%，其余成分为铝。
- [0019] 以铝为基材，添加铜、锰为主要成分，以及微量的稀土元素设计新型铝合金材料。主体铝元素的密度低，塑性好，可降低生产的弹壳重量，但纯铝的强度较低，不满足作为弹壳的强度要求。
- [0020] 进一步地，锌加入铝合金材料中，铝合金材料的强度和硬度均大为提高。
- [0021] 进一步地，铜的添加可以增强铝合金材料的强度和硬度，满足弹壳的强度要求。锰的添加可以提高铝合金材料的耐热性，增强铝合金的高温强度。
- [0022] 进一步地，锰通过阻止铝合金的再结晶过程，提高再结晶温度，使其能耐 1000℃ 以上的瞬时高温，锰并能通过形成 $MnAl_6$ 化合物弥散质点对再结晶晶粒长大起阻碍作用，显著细化再结晶颗粒，提高铝合金材料强度。
- [0023] 进一步地，镁作为铝合金元素既可以提高铝的机械强度，改善铝合金的加工性能，又能抑制晶粒间的腐蚀，对铝合金的耐腐蚀性能有较大的提高。
- [0024] 进一步地，稀土金属添加至铝合金材料，可以大幅度改善材料的物理化学性能，并提高铝合金材料的室温及高温机械性能。
- [0025] 进一步地，钛的添加能够提高铝合金材料的抗腐蚀性，并且，钛可以作为晶粒细化剂，与Al形成传统的Al-Ti晶粒细化剂，Ti在Al中包晶反应生成 $TiAl_3$ ， $TiAl_3$ 与液体金属接触面是铝凝固时的有效形核基面，增加了形核率，从而使结晶组织细化，提高铝合金材料的强韧度。
- [0026] 进一步地，铬在铝中形成 $CrMnAl_{12}$ 和 $(CrFe)Al_7$ 等金属间化合物，阻碍再结晶的形核和长大过程，对合金有一定的强化作用，还能改善合金韧性、降低应力腐蚀及开裂敏感性。同时， $(CrFe)Al_7$ 可减少杂质铁元素对铝合金材料的不利影响。
- [0027] 进一步地，所述的耐盐雾腐蚀的铝合金材料的弹壳的原材料的纯度在99.9%以上，杂质铁及硅含量小于0.2wt.%，杂质硅会降低铝合金材料的延展性，铁会与铝形成 $FeAl_3$ 化合物，导致铝合金材料变脆，机加工性能变差，损害表面光滑度。
- [0028] 所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料的制备方法，其具体步骤为：
- [0029] S1. 将铝加入熔炼装置，加热至熔融，依次加入铜、锰、锌、稀土、钛、铬、镁，熔炼，通入保护气体，精炼；
- [0030] S2. 将熔融的材料喷射成型，热处理，冷却即得所述铝合金材料。
- [0031] 优选地，步骤S1所述的气体为无水氮气、无水氩气、无水氦气、无水氙气、无水氪气、无水氡气的一种或多种。

[0032] 优选地,步骤S1所述的升温温度为760~800℃,步骤S1所述的熔炼时间为30~60min,精炼时间为20~30min。

[0033] 优选地,步骤S2所述的热处理温度为450~470℃,保温1~2h。

[0034] 所述的制备方法制得的铝合金材料可应用于制备弹壳,优选应用于制备的舰载武器子弹的弹壳。

[0035] 所述弹壳的制备方法包括以下步骤:

[0036] S3.将所述铝合金材料置于冲压模具中冲压成型铝合金弹壳,退火处理;

[0037] S4.对铝合金弹壳进行阳极氧化处理、表面着色。

[0038] 优选地,步骤S3所述铝合金材料冲击成型的冲击次数为5~8次;步骤S3所述的退火温度为430~470℃,保温5~15min。

[0039] 在熔炼过程中,铝合金熔液容易产生氢及氧化铝等夹杂物,在材料中形成气孔、夹渣的缺陷,降低铝合金材料的综合性能。通入惰性气体在熔液中,惰性气体与氢产生分压差,氢便进入气泡中排出熔液,且能吸附一些杂质排出铝合金材料。同时,防止在高温熔炼过程中,铝合金材料的氧化。进一步优选地,步骤S1所述的气体为无水氮气。

[0040] 铝合金熔炼温度过高,会增加铝液的氧化、吸气、合金渗铁,降低铝合金的性能;温度过低,铝合金的晶粒细化效果慢,效果差。稀土加入铝液,需静置一定时间,使其扩散均匀。进一步优选地,步骤S1所述的加热熔融温度为780℃,所述熔炼时间为45min,精炼的时间为25min。

[0041] 铝作为一种轻金属,有较好的延展性,但其硬度不满足制作弹壳要求。通过添加其他金属元素提高铝材料的力学性能。纯铝中加入其他合金元素,形成铝基固溶体,造成晶格畸变,阻碍位错运动,起到固溶强化作用,使铝合金材料的强度提高。合金元素对铝的另一种强化作用是通过热处理实现,铝元素没有同素异构的转变,合金元素在铝合金中有较大固溶度,且随温度降低而减小。铝合金材料加热到某一温度后,可得到过饱和的铝基固溶体,其强度和硬度随时间的延长而增高,时间的过长,合金元素析出聚集长大,强度下降。进一步优选地,步骤S2所述的热处理温度为460℃,保温1.5h。

[0042] 所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料的弹壳采用冲压成型。所述的成型方法可得到质量轻、厚度薄、高刚性的制品,适用于弹壳要求,生产性良好,适合大批量生产,成本低。可得到品质均一的制品,弹壳的尺寸公差取决于模具,不需要机械切割即可使用,材料利用率高及回收性好。

[0043] 铝合金材料通过5~8道次冲压成型铝合金弹壳,将铝合金小圆柱锭置于模具中进行第1道次冲压,成型出弹壳底部形状,中间几道次主要是引伸弹筒部分,最后1道次为收口,最终成型出铝合金弹壳。

[0044] 退火可以消除铝合金材料弹壳在冲压成型的残余应力,稳定尺寸,减少变形与裂纹倾向,细化晶粒,消除组织缺陷。进一步优选地,步骤S3所述的退火温度为450℃,保温10min。

[0045] 所述铝合金材料的弹壳采用硬质阳极氧化处理工艺进一步提高铝合金弹壳的表面硬度和调制出所需要的外观颜色。

[0046] 所述耐盐雾腐蚀的铝合金材料的弹壳用于制备的舰载武器子弹。

[0047] 与现有技术相比,有益效果是:

[0048] 以铝为基材,添加铜、锰为主要成分,以及微量的稀土元素设计新型铝合金材料,通过添加镁元素,提高铝合金材料的耐腐蚀性。所述的耐盐雾腐蚀的铝合金材料的弹壳,不但有铝合金材料的高强韧、耐烧蚀、成型性好可承受 400MPa 以上的膛压和 1000℃ 的瞬时高温,铝合金材料弹壳与铜质和钢质弹壳相比,同等数量的子弹消耗的金属总重量下降 2/3,在负载相同数量的子弹情况下,子弹整体重量减轻 20% 以上,在负重相同的质量情况下,携弹量可增加 20% 以上。而且,从根本上提高弹壳基材的耐腐蚀性,通过表面处理及基材的双重耐腐蚀,极大地保障了高盐雾地区弹药的储存、使用的安全性,提高沿海或海上部队的作战能力,对打赢现代化战争有着巨大的贡献。

### 具体实施方式

[0049] 下面结合实施例进一步解释和阐明,但具体实施例并不对本发明有任何形式的限定。若未特别指明,实施例中所用的方法和设备为本领域常规方法和设备,所用原料均为常规市售原料。

[0050] 本发明公开了一种耐盐雾腐蚀的铝合金的方法,铝合金由以下质量百分比的合金成分组成:

[0051] 锌 4.0~7.0wt. %

[0052] 铜 1.0~2.0wt. %

[0053] 锰 0.3~0.7wt. %

[0054] 镁 1.0~2.0wt. %

[0055] 稀土 0.01~0.05wt. %,

[0056] 其余部分包含铝和杂质 Si、Fe 元素。

[0057] 所述铝合金进一步含有钛、铬中的一种或几种,其中钛含量为 0~0.05wt. %, 铬含量为 0~0.05wt. %。

[0058] 所述铝合金原材料的纯度大于 99.9%, 杂质 Si、Fe 含量小于 0.2wt. %。

[0059] 所述的耐盐雾腐蚀的铝合金材料的制备方法,包括以下步骤:

[0060] S1. 将铝加入熔炼装置,加热至铝熔融,加入铜、锰、钛、铬、锆、镁,熔炼,通入保护气体,精炼;

[0061] S2. 将熔融的材料喷射成型,热处理,冷却即得所述铝合金材料。

[0062] 实施例 1

[0063] 本实施例提供制备高强韧铝合金材料的方法,所有原材料的纯度均在 99.9% 以上,铝合金材料的成分含量如表 1 所示,其具体制备步骤为:

[0064] S1. 将纯度 99.99% 的铝加入熔炼炉,在 780℃ 加热至铝完全熔融,依次加入铜、锰、钛、铬、锆、镁,熔炼 45min,通入无水氮气,精炼 25min;

[0065] S2. 将熔融的材料喷射成型,在 460℃ 热处理 1.5h,冷却即得所述铝合金材料。

[0066] 实施例 2

[0067] 本实施例提供制备高强韧铝合金材料的方法,所有原材料的纯度均在 99.9% 以上,铝合金材料的成分含量如表 1 所示,其具体制备步骤为:

[0068] S1. 将纯度 99.99% 的铝加入熔炼炉,在 800℃ 加热至铝合金完全熔融,依次加入铜、锰、钛、铬、锆、镁,熔炼 60min,通入无水氮气,精炼 20min;

[0069] S2.将熔融的材料喷射成型,在470℃热处理1.0h,冷却即得所述铝合金材料。

[0070] 实施例3

[0071] 本实施例提供制备高强韧铝合金材料的方法,所有原材料的纯度均在99.9%以上,铝合金材料的成分含量如表1所示,其具体制备步骤为:

[0072] S1.将纯度99.99%的铝加入熔炼炉,在780℃加热至铝合金完全熔融,依次加入铜、锰、钛、铬、锆、镁,熔炼45min,通入无水氮气,精炼25min;

[0073] S2.将熔融的材料喷射成型,在460℃热处理2.0h,冷却即得所述铝合金材料。

[0074] 实施例4

[0075] 本实施例提供制备高强韧铝合金材料的方法,所有原材料的纯度均在99.9%以上,铝合金材料的成分含量如表1所示,其具体制备步骤为:

[0076] S1.将纯度99.99%的铝加入熔炼炉,在780℃加热至铝合金完全熔融,依次加入铜、锰、钛、铬、锆、镁,熔炼30min,通入无水氮气,精炼30min;

[0077] S2.将熔融的材料喷射成型,在460℃热处理1.5h,冷却即得所述铝合金材料。铝合金材料成分含量如表1所示:

[0078] 表1铝合金材料成分含量

实施例	Zn (wt.%)	Cu (wt.%)	Mn (wt.%)	Mg (wt.%)	Ce (wt.%)	Ti (wt.%)	Cr (wt.%)	杂质 (Si、Fe) (wt.%)
[0079] 1	5.0	1.6	0.5	1.8	0.03	0.03	0.03	0.09
2	4.0	1.5	0.7	1.0	0.05	0.05	0.05	0.07
3	7.0	1.0	0.3	2.0	0.03	0	0.05	0.11
4	5.5	2.0	0.5	1.5	0.01	0.03	0	0.09

[0080] 对以上实施例所述的成分及制备步骤得到的铝合金材料及其弹壳进行表征测试。

[0081] 在Instron 3369拉伸机进行试样的室温拉伸性能测试,拉伸速度为1.0 mm/min。根据实施例1~4测试的拉伸性能,其结果如表2:

[0082] 表2

	最大载荷 (kN)	抗拉强度 Rm(N/mm <sup>2</sup> )	弹性模量(E- 模量)(GPa)	规定非比例强度 Rp0.2(N/mm <sup>2</sup> )	断后伸长率 A(%)
[0083] 实施例 1	48.36	610.02	66.69	503.58	12.1
实施例 2	48.67	598.36	66.41	499.25	11.8
实施例 3	46.60	588.64	64.25	489.39	10.2
实施例 4	46.21	587.47	65.18	489.99	10.6

[0084] 根据表2所示,所制备的铝合金材料抗拉强度性能得到提升,延展性增强,其中实施例1中的强度和韧性最佳。

[0085] 将实施例1所得的铝合金材料进行盐雾腐蚀测试,将所制备的铝合金材料在5%的氯化钠的中性喷雾中,放置24h后,其铝合金表面无明显腐蚀现象。

[0086] 实施例5

[0087] 本实施例提供高强韧的铝合金材料在制备弹壳方面的应用,选用上述实施例中最佳实施例1的铝合金材料进行制备,其制备轻质弹壳的方法包括以下步骤:

[0088] S3.将所述铝合金材料置于冲压模具中,加入润滑液,通过7次冲压成型铝合金弹壳,在450℃退火处理10min,空气中冷却;

[0089] S4.对铝合金弹壳进行阳极氧化处理、表面着色。

[0090] 实施例6

[0091] 本实施例提供高强韧的铝合金材料在制备弹壳方面的应用,选用上述实施例中最佳实施例1的铝合金材料进行制备,其制备轻质弹壳的方法包括以下步骤:

[0092] S3.将所述铝合金材料置于冲压模具中,加入润滑液,通过8次冲压成型铝合金弹壳,在430℃退火处理15min,空气中冷却;

[0093] S4.对铝合金弹壳进行阳极氧化处理、表面着色。

[0094] 实施例7

[0095] 本实施例提供高强韧的铝合金材料在制备弹壳方面的应用,选用上述实施例中最佳实施例1的铝合金材料进行制备,其制备轻质弹壳的方法包括以下步骤:

[0096] S3.将所述铝合金材料置于冲压模具中,加入润滑液,通过5次冲压成型铝合金弹壳,在470℃退火处理5min,空气中冷却;

[0097] S4.对铝合金弹壳进行阳极氧化处理、表面着色。

[0098] 将所制备的弹壳进行实弹射击实验,实弹射击后对弹壳进行测试。

[0099] 物理化学性能测量结果表明:铝合金弹壳的质量约为铜弹壳、钢弹壳的1/3,实现减轻整个子弹重量的20%以上(12.7mm口径);阳极氧化表面处理后铝合金弹壳的耐腐蚀性能是钢质弹壳的10倍以上。

[0100] 实弹测试后结果表明:铝合金弹壳在实弹射击后,射击后弹壳的位错密度显著降低,发生了完全再结晶,组织为均匀、等轴的纳米晶组织。铝合金弹壳没有发现烧蚀、变形、开裂现象。铝合金弹壳可承受400MPa以上的膛压和1000℃的瞬时高温,弹头初速达1200m/s以上。

[0101] 以上所述仅为本发明的实施例,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的包含范围之内。