



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120924841 A

(43) 申请公布日 2025. 11. 11

(21) 申请号 202511434542.4

(22) 申请日 2025.09.30

(71) 申请人 小米汽车科技有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术  
开发区科创十街15号院5号楼6层618  
室

(72) 发明人 吴新星 张兴孟 马秋 程天杰  
邢玉冰

(74) 专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理  
有限公司 11447

专利代理师 程宇晴

(51) Int. Cl.

G22C 21/00 (2006.01)

G22C 1/03 (2006.01)

H02K 1/27 (2022.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种铸造铝合金及其制备方法和应用

(57) 摘要

本公开涉及一种铸造铝合金及其制备方法和应用。所述铸造铝合金包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。本公开的铸造铝合金可以降低合金成本,并具有高导电性和较高屈服强度,可用于高强高导电的电机转子等零件制作。

1. 一种铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。
2. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金包括1.5~2.3重量%的Fe、1.05~1.8重量%的Ni、0.01~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。
3. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金中,Fe和Ni的重量比为1.1~1.5:1。
4. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金不包括Cu。
5. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金不包括Mg。
6. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金在25℃下,屈服强度为85~100 MPa,电导率为50~55% IACS,200℃温度下屈服强度为80 MPa以上。
7. 根据权利要求1所述的铸造铝合金,其特征在于,所述铸造铝合金在25℃下,热导率为190W/(m·K)以上;所述铸造铝合金在200℃以下时,热导率为180W/(m·K)以上。
8. 一种制备铸造铝合金的方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - S1、将纯铝熔液与铝铁中间合金、铝镍中间合金和铝钒中间合金进行熔炼处理,得到合金混合物,所述合金混合物包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下;
  - S2、将所述合金混合物进行保温静置处理、精炼处理和扒渣处理,得到合金熔液;
  - S3、将所述合金熔液进行铸造处理。
9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,步骤S1中,所述熔炼处理的条件包括:温度为720~760℃。
10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,步骤S1还包括:所述熔炼处理中,待合金原料熔化后,搅拌5~10min,得到所述合金混合物。
11. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,步骤S2中,所述保温静置处理的条件包括:保温温度为720℃~740℃,静置时间为15~30min;  
所述精炼处理的气氛包括氩气。
12. 根据权利要求8~11中任意一项所述的方法制备得到的铸造铝合金。
13. 一种车辆高导电导热零部件,其特征在于,包括权利要求1~7和12中任意一项所述的铸造铝合金。
14. 一种电机转子,其特征在于,包括权利要求1~7和12中任意一项所述的铸造铝合金。
15. 一种水冷板,其特征在于,包括权利要求1~7和12中任意一项所述的铸造铝合金。
16. 一种车辆,其特征在于,包括权利要求13所述的车辆高导电导热零部件、权利要求14所述的电机转子和权利要求15所述的水冷板中的一种或几种。

## 一种铸造铝合金及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金技术领域,具体地,涉及一种铸造铝合金及其制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 铝合金因其优异的比强度、耐蚀性、导电导热性能,已广泛应用于汽车、航空航天、机械制造等多个领域。以汽车行业为例,凭借优异的轻量化效果,铝合金广泛地应用在车身覆盖件和结构件上,同时因其优异的导电导热性能,目前也已大量应用在电机转子的制作。

[0003] 随着新能源汽车的快速发展,消费者对于汽车极致属性的追求越来越高。以动力性为例,主机厂通常会追求0-100公里/小时加速时间、最高时速等技术指标等。电机是支撑汽车动力性的关键设备,而其中的电机转子又发挥着重要的作用。电机转子不仅需要良好的导电性,也需要兼具良好的高温屈服强度,防止高温下强度不足发生变形及带来的旋转失稳,维持电机的高转速。开发更高的导电率、更高的高温强度铝合金,成为各大主机厂和材料公司的追求。

[0004] 一种压铸铝合金中,通过添加较多的Ni元素(4.0~6.0 重量%),但因Ni元素价格高昂,合金成本高,不利于规模量产。另一种高导电耐热压力铸造铝合金材料中,合金仍是以Ni作为最主要合金元素,虽然Ni含量进一步降低(1.8~3.8 重量%),同时限定Fe 0.25~0.30 重量%,但需额外添加众多Cr、V、Zr等微量元素,一定程度上也提高了合金的成本,并且合金的屈服强度仍偏低(80~100MPa)。

[0005] 因此,现有的铸造铝合金具有合金成本高、无法同时满足高导电和高温屈服强度要求的问题。

### 发明内容

[0006] 本公开的目的是提供一种铸造铝合金及其制备方法和应用,所述铸造铝合金不仅具有高的室温强度和电导率,同时在极限工作温度下仍能维持较高的导电性、导热率和屈服强度;还可以降低合金成本。

[0007] 为了解决上述技术问题,本公开第一方面提供一种铸造铝合金,所述铸造铝合金包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。

[0008] 本公开提供了一种铸造铝合金,该铝合金为Al-Fe系合金,Fe在铝基体中固溶度极低,几乎全部以第二相形式析出,可有效地降低合金化对铝合金电导率的恶化,源头上维持较高的合金电导率(在铝合金中,元素固溶对合金导电率的恶化通常远大于析出);该铝合金中引入少量的Ni,与Fe等形成稳定的AlFeNi相,进一步提升合金室温强度,同时该相在高温下形态稳定,有利于获得较高的高温力学性能;本公开的合金中除Fe、Ni外,引入微量的V,其与Al形成的高温稳定的Al<sub>3</sub>V相,可促进晶粒细化和防止长时间中高温下晶粒粗化,同时避免过量元素引入对导电率影响,保持铝合金较高的纯净度,利于合金导电和导热性能提升;本公开提供的铸造铝合金的屈服强度和电导率较高,且热导率高,具有优异的综合

性能;本公开的合金成本主元素为Fe,成本低,还利于规模应用;本公开提供的铸造铝合金可用于高强高导电的电机转子等零件制作。

[0009] 一种实施方式中,所述铸造铝合金包括1.5~2.3重量%的Fe、1.05~1.8重量%的Ni、0.01~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。当铸造铝合金的组分含量在本实施方式提供的优选范围内,可以具有更优的屈服强度、导电性能和导热性能。

[0010] 一种实施方式中,所述铸造铝合金中,Fe和Ni的重量比为1.1~1.5:1。通过控制Fe和Ni的重量比在本实施方式的范围内,可以发挥更优的协同应用效果,使得铸造铝合金具有更优的屈服强度、电导率和导热率,综合性能更好。

[0011] 一种优选实施方式中,所述铸造铝合金不包括Cu,以使铸造铝合金兼具优异的合金强度和导电、导热性能。

[0012] 一种优选实施方式中,所述铸造铝合金不包括Mg,以使铸造铝合金兼具优异的合金强度和导电、导热性能。

[0013] 一种实施方式中,所述铸造铝合金在25℃下,屈服强度为85~100 MPa,电导率为50~55% IACS,200℃温度下屈服强度为80 MPa以上。

[0014] 一种实施方式中,所述铸造铝合金在25℃下,热导率为190W/(m·K)以上;所述铸造铝合金在200℃以下时,热导率为180W/(m·K)以上。

[0015] 本公开第二方面提供一种制备铸造铝合金的方法,包括以下步骤:

S1、将纯铝熔液与铝铁中间合金、铝镍中间合金和铝钒中间合金进行熔炼处理,得到合金混合物,所述合金混合物包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下;

S2、将所述合金混合物进行保温静置处理、精炼处理和扒渣处理,得到合金熔液;

S3、将所述合金熔液进行铸造处理。

[0016] 本公开提供了一种制备铸造铝合金的方法,合金以Al-Fe系为基础,利用Fe在铝基体中的低固溶度特性,尽可能的减少合金化对铝合金导电率恶化,通过引入一定量的元素Ni,与Fe形成稳定第二相,同步提升合金的室温及中高温(如200℃)强度,利用V进行晶粒细化,实现较好的导电性和强度,制备简单,成本低,有利于工业化生产。

[0017] 一种实施方式中,步骤S1中,所述熔炼处理的条件包括:温度为720~760℃。

[0018] 一种实施方式中,步骤S1还包括:所述熔炼处理中,待合金原料熔化后,搅拌5~10min,得到所述合金混合物。

[0019] 一种实施方式中,步骤S2中,所述保温静置处理的条件包括:保温温度为720℃~740℃,静置时间为15~30min;

所述精炼处理的气氛包括氩气。

[0020] 本公开第三方面提供根据第二方面所述的方法制备得到的铸造铝合金。

[0021] 本公开第四方面提供一种车辆高导电导热零部件,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝合金。

[0022] 本公开第五方面提供一种电机转子,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝合金。

[0023] 本公开第六方面提供一种水冷板,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝

合金。

[0024] 本公开第七方面提供一种车辆,包括本公开第四方面所述的车辆高导电导热零部件、第五方面所述的铸造铝合金和第六方面所述的水冷板中的一种或几种。

[0025] 本公开的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

### 具体实施方式

[0026] 以下对本公开的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本公开,并不用于限制本公开。

[0027] 本公开第一方面提供一种铸造铝合金,所述铸造铝合金包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。

[0028] 本公开提供了一种铸造铝合金,该铝合金为Al-Fe系合金,Fe在铝基体中固溶度极低,几乎全部以第二相形式析出,可有效地降低合金化对铝合金电导率的恶化,源头上维持较高的合金电导率(在铝合金中,元素固溶对合金导电率的恶化通常远大于析出);该铝合金中引入少量的Ni,与Fe等形成稳定的AlFeNi相,进一步提升合金室温强度,同时该相在高温下形态稳定,有利于获得较高的高温力学性能;本公开的合金中除Fe、Ni外,引入微量的V,其与Al形成的高温稳定的Al<sub>3</sub>V相,可促进晶粒细化和防止长时间中高温下晶粒粗化,同时避免过量元素引入对导电率影响,保持铝合金较高的纯净度,利于合金导电和导热性能提升,同时也可以避免合金铸造性能恶化;本公开提供的铸造铝合金的屈服强度和电导率较高,且热导率高,具有优异的综合性能;本公开的合金成本主元素为Fe,成本低,还利于规模应用。

[0029] 本公开中,杂质是指由于合金原料和制造工艺等原因引入的不可避免的杂质,包括但不限于Cu、Zn、Si、Mg、Sn等。本公开中铝合金中不可避免的杂质含量较少,杂质总含量为0.1重量%以下,可忽略不计。

[0030] 本公开中,“单种杂质的含量”是指在铸造铝合金存在的杂质中的每一种杂质元素的含量。

[0031] 本公开中,“1.5~2.5重量%”包括但不限于1.5重量%、1.6重量%、1.8重量%、2.0重量%、2.2重量%、2.4重量%、2.5重量%以及任意两个数值所构成的范围;

本公开中,“1.05~2.0重量%”包括但不限于1.05重量%、1.2重量%、1.4重量%、1.6重量%、1.8重量%、2.0重量%以及任意两个数值所构成的范围;

本公开中,“0.005~0.08重量%”包括但不限于0.005重量%、0.01重量%、0.02重量%、0.03重量%、0.04重量%、0.05重量%、0.06重量%、0.07重量%、0.08重量%以及任意两个数值所构成的范围。

[0032] 一种优选实施方式中,所述铸造铝合金包括1.5~2.3重量%的Fe、1.05~1.8重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下。当铸造铝合金的组分含量在本实施方式提供的优选范围内,可以具有更优的屈服强度、导电性能和导热性能。

[0033] 一种实施方式中,所述铸造铝合金中,Fe和Ni的重量比为1.1~1.5:1,包括但不限于1.1:1、1.2:1、1.3:1、1.4:1、1.5:1以及任意两个比例所构成的范围。通过控制Fe和Ni的

重量比在本实施方式的范围内,可以发挥更优的协同应用效果,使得铸造铝合金具有更优的屈服强度、电导率和导热率,综合性能更好。

[0034] 一种优选实施方式中,所述铸造铝合金不包括Cu,以使铸造铝合金兼具优异的合金强度和导电、导热性能。

[0035] 一种优选实施方式中,所述铸造铝合金不包括Mg,以使铸造铝合金兼具优异的合金强度和导电、导热性能。

[0036] 一种具体实施方式中,所述铸造铝合金在25°C下,屈服强度为85~100 MPa,电导率为50~55% IACS,200°C温度下屈服强度为80 MPa以上;

所述铸造铝合金在25°C下,热导率为190W/(m·K)以上;所述铸造铝合金在200°C以下时,热导率为180W/(m·K)以上。

[0037] 本公开第二方面提供一种制备铸造铝合金的方法,包括以下步骤:

S1、将纯铝熔液与铝铁中间合金、铝镍中间合金、铝钒中间合金、铝锶中间合金进行熔炼处理,得到合金混合物,所述合金混合物包括1.5~2.5重量%的Fe、1.05~2.0重量%的Ni、0.005~0.08重量%的V、杂质和余量的铝,其中单种杂质的含量为0.05重量%以下;

S2、将所述合金混合物进行保温静置处理、精炼处理和扒渣处理,得到合金熔液;

S3、将所述合金熔液进行铸造处理。

[0038] 本公开提供了一种制备铸造铝合金的方法,合金以Al-Fe系为基础,利用Fe在铝基体中的低固溶度特性,尽可能的减少合金化对铝合金导电率恶化,通过引入一定量的元素Ni,与Fe形成稳定第二相,同步提升合金的室温及中低温(如200°C)强度,利用V进行晶粒细化,实现较好的导电性和强度;本公开提供的方法制备简单,有利于工业化生产。

[0039] 一种具体实施方式中,步骤S1中,所述熔炼处理的条件包括:温度为720~760°C。

[0040] 一种具体实施方式中,步骤S1还包括:所述熔炼处理中,待合金原料熔化后,搅拌5~10min,得到所述合金混合物,以提高合金混合物的均匀性。

[0041] 一种具体实施方式中,步骤S2中,所述保温静置处理的条件包括:保温温度为720°C~740°C,静置时间为15~30min;所述精炼处理的气氛包括氩气,可以采用本领域常规精炼剂。

[0042] 本公开中,步骤S3中,所述铸造处理可以采用本领域常规工艺(包括但不限于高压压铸、离心铸造等工艺)条件进行。

[0043] 本公开第三方面提供根据本公开第二方面所述的方法制备得到的铸造铝合金。

[0044] 本公开第四方面提供一种车辆零件,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝合金。

[0045] 一种具体实施方式中,所述车辆零件包括但不限于电动汽车和热交换器的电机转子、定子等对合金强度和导电率要求高的元器件,还可以包括对导热率有要求的水冷板等零件。

[0046] 本公开第五方面提供一种电机转子,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝合金。

[0047] 本公开第六方面提供一种水冷板,包括本公开第一方面或第三方面所述的铸造铝合金。

[0048] 本公开第七方面提供一种车辆,包括本公开第四方面所述的车辆高导电导热零部

件、第五方面所述的铸造铝合金和第六方面所述的水冷板中的一种或几种。

[0049] 以下通过实施例进一步详细说明本公开。实施例中所用到的原材料均可通过商购途径获得。

#### [0050] 实施例1

(1) 按照表中所列的合金配方,向熔融纯铝溶液中,依次加入铝铁中间合金、铝镍中间合金、铝钒中间合金、铝锆中间合金进行熔炼处理,熔炼处理的条件包括:温度为750℃,待合金全部熔化后,搅拌8min,得到均匀的合金混合物;

(2) 在730℃下保温、静置一段时间(时间为15min)后(保温静置处理),待中间合金充分熔融后,加入精炼剂搅拌,通入高纯氩气进行精炼处理、扒渣处理,得到合金熔液;

(3) 进行第二保温处理后进行铸造处理(压铸工艺)压铸处理的条件包括:铸造温度为720℃、铸造压力为50MPa,模温为160℃;制得铸造铝合金。

#### [0051] 实施例2~7

参照实施例1中的制备方法,与实施例1的不同之处在于:按照表1中的铝合金组成进行铸造铝合金制备;其余过程与实施例1相同。

#### [0052] 对比例1~6

参照实施例1中的制备方法,与实施例1的不同之处在于:按照表1中的铝合金组成进行铸造铝合金制备;其余过程与实施例1相同。

#### [0053] 表1

	Fe/重量%	Ni/重量%	V/重量%	Fe/Ni	其他/重量%
实施例1	1.7	1.3	0.02	1.31	-
实施例2	1.5	1.05	0.02	1.43	-
实施例3	2.1	1.5	0.02	1.40	-
实施例4	2.1	1.05	0.02	2.00	-
实施例5	2.5	1.3	0.02	1.92	-
实施例6	1.7	2.0	0.02	0.85	-
实施例7	1.7	1.3	0.005	1.31	-
对比例1	1.7	1.3	-	1.31	-
对比例2	1.7	1.3	0.02	1.31	Cu 0.6
对比例3	1.7	1.3	0.02	1.31	Mg 0.4
对比例4	1.3	1.3	0.02	1.00	-
对比例5	1.7	0.8	0.02	2.13	-
对比例6	1.7	1.3	0.1	1.31	-

[0054] 表1中,各实施例和对比例中合金的余量为Al;组分含量为“-”表示未添加该组分;各实施例和对比例中单种杂质的含量为0.05重量%以下,杂质总含量为0.1重量%以下。

#### [0055] 测试例1

本测试例用于测试以上实施例和对比例所得铸造铝合金的力学性能、导电性能和导热性能。

[0056] 其中屈服强度的测试方法包括:参考GB/T 228.1力学性能测试;电导率采用CON 6010电导率测试仪测量;导热率采用NETZSCH LFA 447 激光导热仪测量。将测试结果列于

下表2。

[0057] 表2

	25°C			200°C	
	YS/MPa	电导率 /%IACS	热导率/W (m·K)	YS/MPa	热导率/W/ (m·K)
实施例1	90	53.8	198	85	184
实施例2	87	54.4	201	81	191
实施例3	94	52.3	193	88	180
实施例4	88	50.8	188	83	174
实施例5	92	51.4	195	83	178
实施例6	93	52.3	194	86	180
实施例7	85	53.5	198	81	184
对比例1	88	53.2	195	78	176
对比例2	96	46.6	182	91	165
对比例3	104	47.8	184	96	168
对比例4	84	55.1	201	75	175
对比例5	80	55.8	205	72	172
对比例6	90	51.3	190	80	178

[0058] 根据表2中的数据可以看出：

将对比例1~6与实施例1~7进行比较，实施例1~7中的铸造铝合金的组成在本公开提供的范围内，实施例1~7所得铸造铝合金具有不仅具有优异的室温强度和导电率、导热率，同时在较极限的工作温度(200°C)，仍能维持较高的强度和导热率，可以很好地满足高性能电机转子使用需求；而对比例1~6中的铸造铝合金的组成不在本公开提供的范围内，对比例1~6所得铸造铝合金存在合金强度和导电/导热性能无法同时兼具的问题；

将实施例1~4与实施例5~7进行比较，实施例1~4中的铸造铝合金的组成在本公开提供的优选范围内，实施例1~4所得铸造铝合金具有更优的强度和导电/导热率综合性能；

将实施例1与实施例5~6进行比较可知，实施例1中铸造铝合金的组成和Fe和Ni的重量比均在本公开提供的优选范围内，实施例1的铸造铝合金具有更优的综合性能。

[0059] 以上详细描述了本公开的优选实施方式，但是，本公开并不限于上述实施方式中的具体细节，在本公开的技术构思范围内，可以对本公开的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本公开的保护范围。

[0060] 另外需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，在不矛盾的情况下，可以通过任何合适的方式进行组合，为了避免不必要的重复，本公开对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0061] 此外，本公开的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合，只要其不违背本公开的思想，其同样应当视为本公开所公开的内容。