



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112789360 A

(43) 申请公布日 2021.05.11

(21) 申请号 201980065305.1

(22) 申请日 2019.11.27

(30) 优先权数据

10-2018-0161659 2018.12.14 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2019/016489 2019.11.27

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/122472 KO 2020.06.18

(71) 申请人 蔚山科学技术院

地址 韩国蔚山广域市

(72) 发明人 朴圣秀 白秀民

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 蔡利芳 郑霞

(51) Int.Cl.

G22C 23/00 (2006.01)

G22C 23/02 (2006.01)

G22C 23/06 (2006.01)

G22C 23/04 (2006.01)

G22C 1/02 (2006.01)

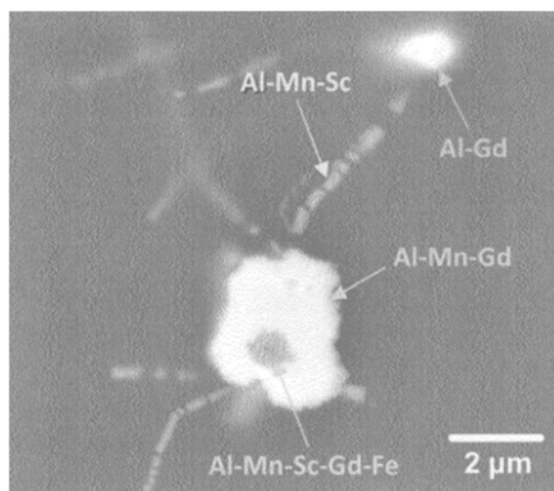
权利要求书1页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

镁合金材料及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种镁合金材料及其制造方法。本发明的一个示例性实施方案的镁合金材料,相对于镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质,所述稀土元素(RE)可包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。



1. 一种镁合金材料,其中,
相对于镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、镧系稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质,
所述稀土元素(RE)包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。
2. 根据权利要求1所述的镁合金材料,其中,
所述稀土元素(RE)包含0.1至1.0重量%。
3. 根据权利要求1所述的镁合金材料,其中,
相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还包含Zn:小于5.0重量%。
4. 根据权利要求3所述的镁合金材料,其中,
相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还包含Zn:0.1至4.5重量%。
5. 根据权利要求1所述的镁合金材料,其中,
相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还包含Ca:小于等于2.0重量%。
6. 根据权利要求1所述的镁合金材料,其中,
相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还包含Y:小于等于0.5重量%。
7. 一种镁合金材料的制造方法,其包含:
准备熔液的步骤,相对于总量100重量%,所述熔液包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、镧系稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质;以及
将所述熔液铸造成铸造材料的步骤,
所述稀土元素(RE)包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。
8. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
所述熔液包含所述稀土元素(RE)0.1至1.0重量%。
9. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
相对于所述熔液总量100重量%,所述熔液还包含Zn:小于5.0重量%。
10. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
相对于所述熔液总量100重量%,所述熔液还包含Ca:小于等于2.0重量%。
11. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
相对于所述熔液总量100重量%,所述熔液还包含Y:小于等于0.5重量%。
12. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
将所述熔液铸造成铸造材料的步骤之后,
还包含对所述铸造材料进行轧制、挤压、拉拔、锻造或它们的组合的步骤。
13. 根据权利要求7所述的镁合金材料的制造方法,其中,
将所述熔液铸造成铸造材料的步骤是在600°C至800°C的温度范围下实施。

镁合金材料及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种镁合金材料及其制造方法。

背景技术

[0002] 在实用结构金属材料中,镁合金具有最低的比重、优异的比强度和比刚度。因此,近年来,要求轻量化的汽车和电子产品中的需求正在增加。另外,已经提出了作为医学上可生物降解的植入物的可能性,目前正在积极研发用于外科骨折植入物和血管/消化器官支架的镁材料。

[0003] 对现有镁合金的研究集中在铸造用镁合金上,以基于优异的镁铸造性能,将镁合金应用于汽车发动机或齿轮部件等,但是近年来对挤压材料或板材形式的加工用镁合金的研究更加积极,因为加工用镁合金能够以更多种形式应用于要求轻量化的部分上。

[0004] 然而,作为镁合金开发的大多数镁合金如镁铝基合金、镁锌基合金和镁锡基合金等,不仅具有高温下容易着火的特性,而且与竞争金属铝合金相比显示出非常高的腐蚀速率。这成了阻碍作为结构材料和医疗材料的镁合金的商业化。

发明内容

[0005] 技术问题

[0006] 本发明旨在提供一种镁合金材料及其制造方法。

[0007] 技术方案

[0008] 本发明的一个示例性实施方案提供一种镁合金材料,相对于镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、镧系稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质,所述稀土元素(RE)包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。

[0009] 所述稀土元素(RE)可包含0.1至1.0重量%。

[0010] 相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还可包含Zn:小于5.0重量%。

[0011] 相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还可包含Zn:0.1至4.5重量%。

[0012] 相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还可包含Ca:小于等于2.0重量%。更具体地,可包含0.5至2.0重量%。

[0013] 相对于所述镁合金材料总量100重量%,所述镁合金材料还可包含Y:小于等于0.5重量%。更具体地,可包含大于0重量%小于等于0.3重量%。

[0014] 本发明的另一个示例性实施方案提供一种镁合金材料的制造方法,其包含:准备熔液的步骤,相对于总量100重量%,所述熔液包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、镧系稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质;以及将所述熔液铸造成铸造材料的步骤,所述稀土元素(RE)包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、

Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。

[0015] 所述熔液可包含所述稀土元素(RE) 0.1至1.0重量%。

[0016] 相对于所述熔液总量100重量%，所述熔液还可包含Zn：小于5.0重量%。

[0017] 相对于所述熔液总量100重量%，所述熔液还可包含Ca：小于等于2.0重量%。更具体地，可包含0.5至2.0重量%。

[0018] 相对于所述熔液总量100重量%，所述熔液还可包含Y：小于等于0.5重量%。

[0019] 将所述熔液铸造成铸造材料的步骤之后，还可包含对所述铸造材料进行轧制、挤压、拉拔、锻造或它们的组合的步骤。

[0020] 将所述熔液铸造成铸造材料的步骤可在600℃至800℃的温度范围下实施。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明的一个示例性实施方案，可以提供耐腐蚀性优异的镁合金材料。这种镁合金可作为铸造材料、轧制材料、挤压材料、拉拔材料、锻造材料等以各种方式实际应用于要求优异的耐腐蚀性的行业。

附图说明

[0023] 图1是示出形成在Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn合金轧制材料内部的二次相粒子的扫描电子显微镜图片。

[0024] 图2是示出形成在Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd合金轧制材料内部的二次相粒子的扫描电子显微镜图片。

具体实施方式

[0025] 参照附图和下面详述的实施例就可以清楚地理解本发明的优点、特征及实现这些的方法。然而，本发明能够以各种不同的方式实施，并不局限于下面公开的实施例。下面提供实施例的目的在于充分公开本发明以使所属领域的技术人员对发明内容有整体和充分的了解，本发明的保护范围应以权利要求书为准。通篇说明书中相同的附图标记表示相同的构成要素。

[0026] 因此，在一些实施例中，对众所周知的技术不再赘述，以免本发明被解释得模糊不清。除非另有定义，否则本说明书中使用的所有术语（包含技术术语和科学术语）的含义就是所属领域的技术人员通常理解的意思。在通篇说明书中，某一部分“包含”某一构成要素时，除非有特别相反的记载，则表示进一步包含其他构成要素，并不是排除其他构成要素。除非另有说明，否则单数形式也意在包含复数形式。

[0027] 本发明的一个示例性实施方案可提供一种镁合金材料，相对于总量100重量%，所述镁合金材料包含Al：0.03至16.0重量%、Mn：0.015至1.0重量%、Sc：0.02至0.5重量%、稀土元素(RE)：0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质。

[0028] 具体地，所述稀土元素(RE)可包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。

[0029] 所述镁合金材料的成分和组分的限制理由如下。

[0030] 首先，铝通过固溶强化和析出强化对合金的强度增加做贡献，并起到通过提高腐蚀时氧化覆膜的稳定性来提高耐腐蚀性的作用。因此，如果铝的含量过少，则无法期待强度

增加效果和耐腐蚀性提高效果。另一方面,如果铝的含量过多,则由于含铝的脆性粒子的分数过多,可能会造成合金的延性变弱的问题。

[0031] 锰通过固溶强化等对合金的强度增加做贡献。不仅如此,还起到通过形成吸收合金中杂质的化合物粒子来提高镁合金的耐腐蚀性的作用。

[0032] 因此,如果锰的含量过少,则强度增加和耐腐蚀性提高效果会不明显。即使在含钕的镁合金材料中,也可能具有锰的所述耐腐蚀性提高效果。但是,在含钕的镁合金材料中,如果加入过多的锰,则含锰的粒子的分数过多,反而促进微电偶腐蚀,可能会降低耐腐蚀性。因此,可以将锰的上限值限制为如本发明的一个示例性实施方案。

[0033] 因此,相对于所述镁合金材料总量100重量%,可包含0.015至1.0重量%的Mn。具体地,可为0.015至0.6重量%。

[0034] 更具体地,如果锰含量大于1.0重量%,则如前所述腐蚀速率会上升,加入稀土元素所带来的耐腐蚀性提高效果可能不明显。

[0035] 钕起到通过参与二次相粒子的电化学特性变化来提高镁合金材料的耐腐蚀性的作用。

[0036] 因此,如果钕的含量过少,则含钕的二次相粒子的分数少,可能难以期待对提高耐腐蚀性的钕的加入效果。另一方面,如果钕的含量过多,则含钕的粒子的分数过多,可能会造成促进微电偶腐蚀的问题以及合金材料价格上升的问题。

[0037] 稀土元素参与二次相粒子的电化学特性变化,从而可以提高耐腐蚀性。具体地,在本发明的一个示例性实施方案中,所述稀土元素(RE)作为镧系稀土元素可包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。在稀土元素中,如果加入所述元素,则耐腐蚀性提高效果会优异。

[0038] 更具体地,在本发明的一个示例性实施方案中,通过将钕和钕之外的所述镧系稀土元素控制在前述的含量范围并一起加入,可以进一步期待耐腐蚀性提高效果。

[0039] 具体地,如果稀土元素的含量过少,则耐腐蚀性提高效果可能不明显,而如果稀土元素的含量过多,则合金制造成本会过于增加。

[0040] 因此,稀土元素的重量范围可为0.03至2.0重量%。具体地,可为0.1至2.0重量%。更具体地,可为0.1至0.9重量%。

[0041] 与铝一样,锌的作用是通过固溶强化和析出强化对合金的强度增加做贡献。

[0042] 因此,如果锌的含量过少,则无法期待强度增加效果,可能难以用作结构材料。另一方面,如果锌的含量过多,则含锌的粒子的分数过多,可能会促进微电偶腐蚀。因此,可以将锌的上限值限制为如本发明的一个示例性实施方案。

[0043] 因此,相对于所述镁合金材料总量100重量%,Zn可包含小于5重量%。更具体地,可小于等于4.5重量%。更具体地,可为0.1至4.5重量%。

[0044] 钙起到提升合金的抗着火温度的作用。

[0045] 因此,如果钙的含量过少,则合金的抗着火温度低,可能需要使用抑制着火的昂贵的保护气体,由此可能会造成合金制造成本上升。另一方面,如果钙的含量过多,则含钙的粒子的分数过多,由于合金塑性加工时在粒子周围的应力集中,可能会产生裂纹。此外,由于含钙的粒子的分数过多,可能会促进微电偶腐蚀。因此,将钙的上限值限制为如本发明的一个示例性实施方案。

[0046] 因此,相对于所述镁合金材料总量100重量%,Ca可包含小于等于2.0重量%。更具体地,可为0.5至2.0重量%的范围。

[0047] 通过将成分的组分范围限制成如前所述,可以提供耐腐蚀性优异的镁合金材料。

[0048] 与钙一样,钇起到提升镁合金的抗着火温度的作用。

[0049] 因此,如果钇的加入量过少,则着火温度低,抗着火性提高效果可能不明显。另一方面,如果钇的含量过多,则含钇的粒子的分数过多,可能会造成促进微电偶腐蚀的问题以及合金材料价格上升的问题。

[0050] 本发明的另一个示例性实施方案可以提供一种镁合金材料的制造方法,所述镁合金材料的制造方法包含:准备熔液的步骤,相对于镁合金材料总量100重量%,所述熔液包含Al:0.03至16.0重量%、Mn:0.015至1.0重量%、Sc:0.02至0.5重量%、稀土元素(RE):0.03至2.0重量%、余量Mg和不可避免的杂质;以及将所述熔液铸造成铸造材料的步骤。

[0051] 此时,所述所述稀土元素(RE)可包含La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb或它们的组合。

[0052] 相对于总量100重量%,所述熔液还可包含Zn:小于5.0重量%。具体地,还可包含Zn:0.1至4.5重量%。

[0053] 相对于总量100重量%,所述熔液还可包含Ca:小于等于2.0重量%。具体地,还可包含Ca:0.5至2.0重量%。

[0054] 相对于总量100重量%,所述熔液还可包含Y:小于等于0.5重量%。具体地,还可包含Y:小于等于0.3重量%。

[0055] 所述熔液的成分和组分的限制理由与前述的镁合金材料的成分和组分的限制理由相同,因此不再赘述。

[0056] 将所述熔液铸造成铸造材料的步骤可在600℃至800℃的温度范围下实施。

[0057] 更具体地,可以通过砂模铸造、重力铸造、加压铸造、低压铸造、脱蜡铸造、薄板铸造、薄带铸造、单辊铸造、连续铸造、电磁铸造、电磁连续铸造、拉模铸造、精密铸造、冷冻铸造、喷雾铸造、离心铸造、半固态铸造、快速冷却铸造、侧方挤压铸造、单带式铸造、双带式铸造、壳型铸造、无模铸造、三维打印铸造或它们的组合来制造铸造材料,但不限于此。

[0058] 将所述熔液铸造成铸造材料的步骤之后,还可包含针对所述铸造材料的加工工艺由轧制、挤压、拉拔、锻造或它们的组合构成。

[0059] 这表示可以对上面制造的铸造材料进一步实施后续加工工艺。由此,所述铸造材料可以加工成轧制材料、挤压材料、拉拔材料、锻造材料或产品的形状。此时,对轧制、挤压、拉拔、锻造或它们的组合包含在内的加工工艺没有具体限制,利用铸造材料根据需要进行适当的热处理后加工的方法均可。

[0060] 下面通过实施例进行详细描述。但是,下述实施例只是本发明的示例而已,本发明的内容不限于下述实施例。

[0061] 实施例

[0062] 本申请实施例和比较例准备了包含下表1至表6所示成分和组分的镁铸造材料和包含下表7所示成分和组分的镁轧制材料。

[0063] 更具体地,将包含下表1至表6所示成分和组分以及余量包含Mg和不可避免的杂质的镁熔液铸造成铸造材料。

[0064] 另外,利用包含下表7所示成分和组分以及余量包含Mg和不可避免的杂质的镁铸造材料制造了轧制材料。

[0065] 由此,测量基于实施例和比较例的合金成分和组分的腐蚀速率,并示于下表1至表7中。

[0066] <铸造材料的制造方法>

[0067] 使用了纯Mg (99.9%)、纯Al (99.9%)、纯Mn (99.9%)、纯Sc (99.9%)、纯RE (99.9%)、纯Zn (99.9%)、纯Ca (99.9%)、纯Y (99.9%)。使这些具有下表1至表7的组分,并利用高频感应熔炼炉在石墨坩埚(graphite crucible)中熔炼Mg合金。

[0068] 此时,为了防止熔液的氧化,将SF₆和CO₂混合气体施加到熔液上方,以阻隔与大气的接触。在熔化之后,将熔液在750℃下保持10分钟,然后将所述熔液按照合金成分在650℃~750℃范围中确定的熔液温度下倒入预热至200℃的钢模中,从而制成高度为80mm、宽度为40mm、厚度为12mm的铸造材料。

[0069] <轧制材料的制造方法>

[0070] 对所制造的铸造材料在420℃下实施均匀化热处理1小时,然后进行表面加工使厚度成为8.5mm。在轧制过程中,对于试样的温度,经过每道次轧制保持为350℃,利用轧辊温度设为200℃的等速轧机以每道次压下率20%实施轧制工艺直至最终试样厚度达到1mm。对所制造的轧制材料在345℃下实施退火处理1小时。

[0071] <腐蚀速率的测量方法>

[0072] 对实施例和比较例的海水导致的腐蚀特性评价如下。

[0073] 将实施例和比较例所铸造的镁合金材料的表面研磨至P1200砂纸阶段,然后将所述镁合金材料浸渍于NaCl浓度与海水相同的3.5重量%NaCl溶液中。此时,浸渍试验是在25℃(常温)下进行。

[0074] 更具体地,将所述镁合金材料在常温的3.5重量%NaCl溶液中浸渍72小时,并利用浓度为200g/L的铬酸(CrO₃)溶液去除浸渍时产生的表面氧化层。通过测量浸渍前后的重量变化,由下述数学式1算出镁合金材料的腐蚀速率(单位:mmpy)。

[0075] [数学式1]

[0076] 腐蚀速率mm/year (mpy) = 8760 (h/year) x 10 (mm/cm) x 重量减少量(g) / (试样密度(g/cm³) x 浸渍时间(h) x 暴露面积(cm²))

[0077] 【表1】

分类	合金名称	镧系RE总量 (wt.%)	试样条件	腐蚀速率
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	1.20
实施	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3MM	0.3	铸造	0.69

[0079]

例	(0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)		材料	
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0MM (1.0MM=0.5Ce-0.25La-0.15Nd-0.1Pr)	1..0	铸造 材料	0.45
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.01Ce	0.01	铸造 材料	1.20
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.03Ce	0.03	铸造 材料	1.19
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ce	0.1	铸造 材料	0.98
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造 材料	0.43
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0Ce	1.0	铸造 材料	0.45
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	铸造 材料	0.66
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Gd	0.1	铸造 材料	1.11
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	铸造 材料	0.80
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Nd	0.1	铸造 材料	0.99
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5La	0.5	铸造 材料	0.72
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Sm	0.1	铸造 材料	1.05
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	铸造 材料	0.70
实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Sm	0.5	铸造 材料	0.73

[0080]	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ho	0.1	铸造 材料	1.06
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	铸造 材料	0.54
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Ho	0.5	铸造 材料	0.47
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Er	0.1	铸造 材料	1.02
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	铸造 材料	0.65
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Er	0.5	铸造 材料	0.43
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Yb	0.1	铸造 材料	1.16
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	铸造 材料	0.64
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.5Yb	0.5	铸造 材料	0.57

[0081] 【表2】

分类	合金名称	镧系 RE 总 量 (wt.%)	试样 条件	腐蚀 速率
[0082] 比较例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc	0	铸造 材料	5.23
实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ce	0.03	铸造 材料	4.24
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造	1.20

[0083]

			材料	
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.43
比较例	Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	0.77
实施例	Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.45
实施例	Mg-6Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-0.3Y	0.3	铸造材料	0.37
比较例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	0.39
实施例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.1Ce	0.1	铸造材料	0.26
实施例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.16
实施例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0Ce	1.0	铸造材料	0.14
实施例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-2.0Ce	2.0	铸造材料	0.14
比较例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	0.38
实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.14
实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	铸造材料	0.16
实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	铸造材料	0.14
实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Nd	0.3	铸造材料	0.15

[0084]	实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3La	0.3	铸造材料	0.15
	实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	铸造材料	0.13
	实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	铸造材料	0.13
	实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	铸造材料	0.16
	实施例	Mg-15Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	铸造材料	0.14

[0085] 【表3】

分类	合金名称	镧系 RE 总量 (wt.%)	试样 条件	腐蚀 速率	
比较例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc	0	铸造材料	5.23	
实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ce	0.03	铸造材料	4.24	
实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Pr	0.03	铸造材料	3.41	
实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Gd	0.03	铸造材料	3.56	
实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Nd	0.03	铸造材料	3.69	
[0086]	实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03La	0.03	铸造材料	6.85
	实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Sm	0.03	铸造材料	3.20
	实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Ho	0.03	铸造材料	4.83
	实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Er	0.03	铸造材料	3.62
	实施例	Mg-0.3Al-0.015Mn-0.02Sc-0.03Yb	0.03	铸造材料	3.15
	比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	1.20
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.43
	比较例	Mg-3Al-0.6Mn-0.1Sc	0	铸造材料	3.52
	实施例	Mg-3Al-0.6Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	1.99

	比较例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc	0	铸造材料	3.95
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	4.14
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Pr	0.3	铸造材料	2.93
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Gd	0.3	铸造材料	2.84
[0087]	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Nd	0.3	铸造材料	3.27
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3La	0.3	铸造材料	4.59
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Sm	0.3	铸造材料	3.02
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Ho	0.3	铸造材料	2.92
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Er	0.3	铸造材料	4.61
	实施例	Mg-3Al-1.0Mn-0.1Sc-0.3Yb	0.3	铸造材料	3.62

[0088] 【表4】

分类	合金名称	镧系 RE 总量 (wt.%)	试样 条件	腐蚀 速率	
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.3Ce	0.3	铸造材料	1.39	
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc	0	铸造材料	1.20	
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.43	
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.3Sc	0	铸造材料	1.19	
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.3Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.43	
[0089]	比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc	0	铸造材料	0.47
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Ce	0.3	铸造材料	0.51
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Pr	0.3	铸造材料	0.52
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Nd	0.3	铸造材料	0.41
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Gd	0.3	铸造材料	0.43
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3La	0.3	铸造材料	0.50
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Sm	0.3	铸造材料	0.44
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Ho	0.3	铸造材料	0.53
	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Er	0.3	铸造材料	0.44
[0090]	实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.5Sc-0.3Yb	0.3	铸造材料	0.47

[0091] 【表5】

分类	合金名称	镧系 RE 总 量 (wt.%)	试样 条件	腐 蚀 速 率
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn	0	铸造 材料	1.30
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn	0.3	铸造 材料	0.83
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Pr-1Zn	0.3	铸造 材料	0.96
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Gd-1Zn	0.3	铸造 材料	0.85
[0092] 实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Nd-1Zn	0.3	铸造 材料	0.73
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3La-1Zn	0.3	铸造 材料	1.01
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3MM-1Zn (0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)	0.3	铸造 材料	0.90
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1.0MM-1Zn (1.0MM=0.5Ce-0.25La-0.15Nd-0.1Pr)	1.0	铸造 材料	0.90
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-4Zn	0	铸造 材料	1.53
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-4Zn	0.3	铸造 材料	1.07
比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-5Zn	0	铸造 材料	1.41
[0093] 实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-5Zn	0.3	铸造 材料	1.43

[0094] 【表6】

分类	合金名称	镧系 RE 总 量 (wt.%)	试样 条件	腐蚀 速率
[0095] 比较例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn	0	铸造 材料	1.30
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn	0.3	铸造 材料	0.83
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn-0.5Ca	0.3	铸造 材料	0.56
实施例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce-1Zn-2.0Ca	0.3	铸造 材料	0.28

[0096] 从上表可知,在铝、锰和钪的组分范围与实施例相同时,没有加入稀土元素的与加入稀土元素的相比,前者的腐蚀速率快。

[0097] 但是,即使加入稀土元素,在RE含量小于0.03重量%的比较例的情况下,对腐蚀速率提高也没有太大效果。

[0098] 不仅如此,在不包含锰和钪的情况下,腐蚀速率也比实施例快。

[0099] 可以根据稀土元素的种类(分别为Ce、Pr、Nd、Gd、La、Sm、Ho、Er、Yb或它们的组合)评价耐腐蚀性提高了多少。

[0100] 在上表中,还可以知道进一步含有Zn的合金材料的结果。即使在用于改善机械性能的含有Zn的合金中,由于使用了Sc和RE元素,耐腐蚀性也得到改善。

[0101] 在上表中,还可以知道进一步含有Ca的合金材料的结果。即使在用于提高抗着火特性的含有Ca的合金中,由于使用了Sc和RE元素,也会保持改善的耐腐蚀性,耐腐蚀性反而略有提高。然而,如果钙的含量过多,则由于含钙的粒子的分数过多,塑性加工时会产生裂纹,因此将Ca的加入量限制为小于等于2.0重量%。

[0102] 在上表中,还可以知道进一步含有Y的合金材料的结果。即使在用于提高抗着火特性的含有Y的合金中,由于使用了Sc和RE元素,也会保持改善的耐腐蚀性,耐腐蚀性反而略有提高。然而,如果钇的含量过多,则由于含钇的粒子的分数过多,可能会促进微电偶腐蚀以及造成合金价格上升,因此将Y的加入量限制为小于等于0.3重量%。

[0103] 下表7是由实施例和比较例的成分制成的镁合金的轧制材料评价结果。

[0104] 【表7】

[0105]	分类	合金名称	镧系 RE 总 量 (wt.%)	试样 条件	腐蚀 速率
	比较		Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn	0	轧制
[0106]	例			材料	
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3MM (0.3MM=0.15Ce-0.075La-0.045Nd-0.03Pr)	0.3	轧制 材料	0.78
	实施 例	Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd	0.3	轧制 材料	0.81
	实施 例	Mg-12Al-0.3Mn-0.1Sc-0.3Ce	0.3	轧制 材料	0.26

[0107] 根据本发明的一个实施例的试样显示出相当优异的腐蚀速率,该试样包含Al、Mn和Sc,同时包含稀土元素之一的Ce。

[0108] 另外,通过SEM图片确认了本发明的合金特性。

[0109] 图1是示出形成在Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn合金轧制材料内部的二次相粒子的扫描电子显微镜图片。通过这样的微细组织分析,可以知道所述轧制材料内部形成有包含杂质Fe的Al-Mn-Fe基粒子和Al-Mn-Sc粒子。

[0110] 图2是示出形成在Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn-0.3Gd合金轧制材料内部的二次相粒子的扫描电子显微镜图片。通过这样的微细组织分析,可以知道Mg-3Al-0.3Mn-0.1Sc-1Zn合金中加入稀土元素如Gd时会形成包含杂质Fe的粒子位于中心以及Al-Mn-RE粒子位于外侧的核壳(core-shell)形状的双重粒子。通常,已知含Fe的粒子其电势高,因而会激活镁合金中的微电偶腐蚀,但是如上所述存在于双重粒子之核的粒子中腐蚀环境下不会发生氢还原反应,因而该粒子的微电偶腐蚀不会激活,由此可以提高合金的耐腐蚀性。

[0111] 上面参照附图描述了本发明的实施例,但本发明所属领域的普通技术人员可以理解,在不改变本发明的技术思想及必要特征的情况下,本发明能够以其他具体实施方式实施。

[0112] 因此,上述实施例只是示例性的,并不是限制性的。本发明的保护范围应以权利要求书为准而非上述说明,由权利要求书的含义、范围及等效概念导出的所有变更或者变更的形式,均落入本发明的保护范围。

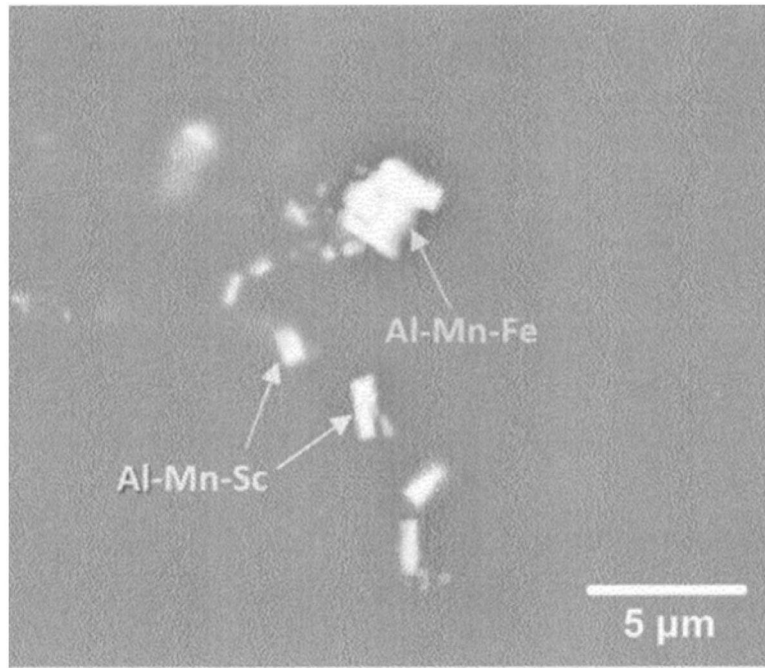


图1

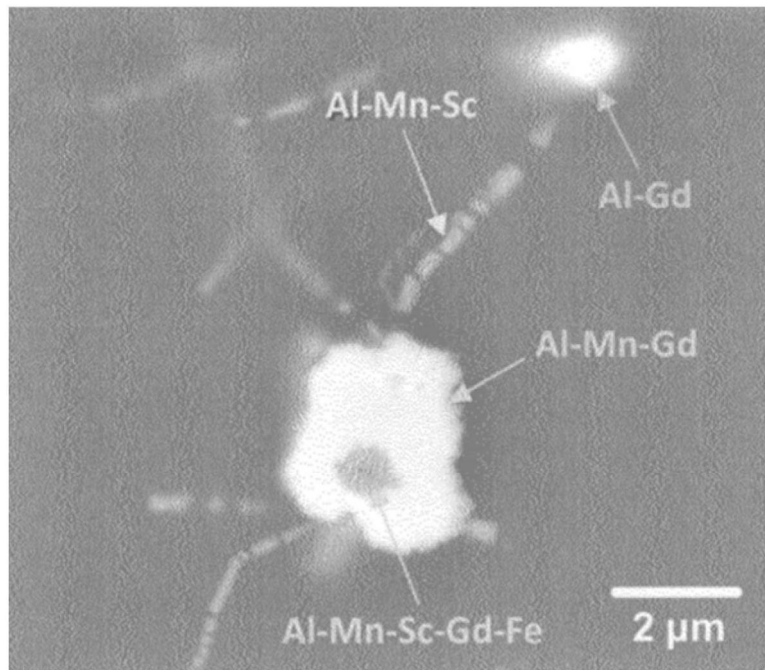


图2