

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G22C 23/04 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610172788.X

[43] 公开日 2007年7月25日

[11] 公开号 CN 101003875A

[22] 申请日 2006.12.30

[21] 申请号 200610172788.X

[71] 申请人 中国科学院长春应用化学研究所

地址 130022 吉林省长春市人民大街 5625 号

[72] 发明人 孟 健 房大庆 张德平 唐定骧  
鲁化一 赵连山 孙 伟 邱 鑫  
张洪杰

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司  
代理人 马守忠

权利要求书 1 页 说明书 6 页

### [54] 发明名称

一种高强高韧可焊变形稀土镁合金

### [57] 摘要

一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金，组成成分及其质量百分比为：Ym为0.7~1.7%，Zn为5.5~6.4%，Zr为0.45~0.8%，杂质元素Si、Fe、Cu和Ni的总量小于0.02%，余量为Mg。熔炼时分别以Mg-富Y、Mg-Zr中间合金的形式向镁熔体中添加Y、Ho、Er、Gd、Zr；Zn以纯Zn的方式加入，690~720℃通过半连续铸造或水冷模具浇铸成圆棒，车削后380~410℃挤压成型。挤压前将该合金在480~510℃下固溶处理2~3小时，也可不进行固溶处理直接挤压成型。挤压后该合金室温强度在340MPa以上，延伸率在14%以上，是一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

---

1、一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金,其特征在于,组成成分及其质量百分比为: Ym 为 0.7~1.7%, Zn 为 5.5~6.4%, Zr 为 0.45~0.8%, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

## 一种高强高韧可焊变形稀土镁合金

### 技术领域

本发明涉及一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

### 背景技术

与成熟的钢铁、铝铜等行业相比，变形镁合金在镁合金行业中的所占比重太低，只有不到 10%，这说明：1 变形镁合金行业的技术还不成熟，2 镁行业还有很大的技术空间和利润空间。

在变形镁合金中，常用的合金系有 Mg-Mn、Mg-Al 和 Mg-Zn-Zr 系。牌号 MB1 就是 Mg-Mn 二元合金，抗腐蚀性能好，但强度不高。为克服其缺点而开发的 MB8，是在 MB1 基础上添加稀土 Ce，铈有细化晶粒提高强度的作用。进一步提高铈的含量可以再次提高合金强度，为此又开发出了 MB14。MB2 就是美国的 AZ31，属 Mg-Al 系，是应用广泛的一种变形合金。之后的 MB3 到 MB7 都是在 MB2 基础上添加更多的 Al 或 Zn，虽然强度得到提高，但塑性也大大降低，目前研究表明添加适量稀土的可以提高综合性能。MB15 与美国的 ZK60 相当，属 Mg-Zn-Zr 系，是可以时效强化的高强度合金。Zr 的含量比较固定，一般在 0.6~0.8%，而 Zn 大于 4.5% 时塑性大大降低。为获得综合性能，国内采用 MB21 (Zn 含量低)。这样 Mg-Zn-Zr 系就分为高锌合金与低锌合金两类，其中 MB21、MB22 属低锌，而 MB15、MB25 属高锌合金。MB25 是在 MB15 基础上加入了稀土 Y。

综上所述，可以看出，在原有合金系的基础上加入稀土是提高性能的有效途径，稀土又是获得良好高温性能的必备成分。而 Mg-Zn-Zr 系通过多种强化方式，性能优于另外两系。

众所周知，镁合金是一种轻质的金属材料，稀土元素对改善传统镁合金的强度、耐热性等方面有特殊功效。但国内外的许多科研单位和生产厂家多以单一纯净的稀土方式加入，如加：Nd、Y、La、Ce (Ce 常以富铈混合稀土方式加入)，发明人研究发现，以富钇 (Y 含量大于 75%) 代替纯 Y 的方式加入，不仅价格明显便宜，而且材料性能也优于纯净 Y，这是由于富 Y 稀土中含有一定量的其他稀土元素，如 Ho、Er 等的交互作用有关，尤其 Er 对改善延展性作用很大。

### 发明内容

本发明的目的是提供一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。通过加入富钇（以 Ym 替代）来提高合金强度和延伸率，并通过适当的熔炼、热处理工艺条件和加工手段获得高强高韧可焊的变形稀土镁合金，使其比传统 MB25 镁合金有优越的力学性能，且价格便宜。

本发明一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金的组成成分及其质量百分比为：

Ym 为 0.7~1.7%，Zn 为 5.5~6.4%，Zr 为 0.45~0.8%，杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%，余量为 Mg。

下面介绍一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金的制法的步骤和条件。

一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金的制法有两种。其中，

(1) 先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入含有已熔化熔剂的坩埚中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金，加入 6 号熔剂精炼 15~20 分钟后静止 40~50 分钟，待温度降到 690~720℃浇铸，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

(2) 先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入有 SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> 气体保护的熔化炉中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金，搅拌，除渣后吹氩气精炼 5~10 分钟，静止 30~45 分钟，待温度降到 690~720℃浇铸，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

所述的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金的两种制法的铸造工艺也有两种：一种用水冷模具铸成圆棒；一种是用半连续铸造法铸造。这两种铸造工艺都比传统铸造工艺生产的铸材晶粒细，有利于提高强度。

本发明所具有的实例特点和显著的进步为：

1. 采用 Mg-Ym 中间合金（含 Gd、Er、Ho 等）代替 Mg-Y 中间合金。利用复合稀土元素之间的交互作用以及稀土元素与镁、锌之间的相互作用提高该合金的抗拉强度，延伸率等力学性能。采用中间合金的加入方式能降低合金的熔炼温度并能除夹杂、气体，更易与 Mg 合金化。
2. 采用水冷模具和半连续铸造铸棒，能显著细化晶粒，更易于大规模工业生产。

3. 采用挤压前固溶处理工艺能降低挤压温度。不用固溶处理工艺直接挤压需提高挤压温度。两种工艺可根据模具的性能选择使用。

### 具体实施方式

#### 实施例 1

合金的成分(重量百分比)为:0.9%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、5.5~6.4%Zn、0.45~0.8%Zr, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为: 按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃, 然后将 Mg 放入有 SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> 气体保护的熔化炉中熔化, 待镁熔化后加入 Zn, 当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金, Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金, 搅拌, 除渣后吹氩气精炼 5~10 分钟, 静止 30~45 分钟, 待温度降到 690~720℃采用水冷模具浇铸成圆棒。合金的加工工艺为: 将得到的合金在 480~510℃的温度下进行 2~3 小时的固溶处理。车削后在 330~380℃下挤压成型, 得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合, 其室温力学性能为:

抗拉强度: 349MPa

延伸率: 14.2%

#### 实施例 2

合金的成分(重量百分比)为: 1.0%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、6.1%Zn、0.6%Zr, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为: 按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃, 然后将 Mg 放入有 SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> 气体保护的熔化炉中熔化, 待镁熔化后加入 Zn, 当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金, Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金, 搅拌, 除渣后吹氩气精炼 5~10 分钟, 静止 30~45 分钟, 待温度降到 690~720℃采用水冷模具浇铸成圆棒。合金的加工工艺为: 将得到的合金车削后在 380~410℃下挤压成型, 得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合, 其室温力学性能为:

抗拉强度: 352MPa

延伸率：14.2%

### 实施例 3

合金的成分(重量百分比)为：0.9%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、5.8%Zn、0.7%Zr，杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%，余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为：按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入有 SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> 气体保护的熔化炉中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金，搅拌，除渣后吹氩气精炼 5~10 分钟，静止 30~45 分钟，待温度降到 690~720℃采用半连续铸造法浇铸成圆棒。合金的加工工艺为：将得到的合金在 480~510℃的温度下进行 2~3 小时的固溶处理。车削后在 330~380℃下挤压成型，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合，其室温力学性能为：

抗拉强度：368MPa

延伸率：18.3%

### 实施例 4

合金的成分(重量百分比)为：0.9%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、6.4%Zn、0.5%Zr，杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%，余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为：按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入有 SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> 气体保护的熔化炉中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金，搅拌，除渣后吹氩气精炼 5~10 分钟，静止 30~45 分钟，待温度降到 690~720℃采用半连续铸造法浇铸成圆棒。合金的加工工艺为：将得到的合金车削后在 380~410℃下挤压成型，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合，其室温力学性能为：

抗拉强度：362MPa

延伸率：17.9%

### 实施例 5

合金的成分(重量百分比)为: 1.6%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、5.5%Zn、0.6%Zr, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为: 按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃, 然后将 Mg 放入含有已熔化熔剂的坩埚中熔化, 待镁熔化后加入 Zn, 当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金, Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金, 加入 6 号熔剂精炼 15~20 分钟后静止 40~50 分钟, 待温度降到 690~720℃采用水冷模具浇铸成圆棒。合金的加工工艺为: 将得到的合金在 480~510℃的温度下进行 2~3 小时的固溶处理。车削后在 330~380℃下挤压成型, 得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合, 其室温力学性能为:

抗拉强度: 348MPa

延伸率: 15.2%

#### 实施例 6

合金的成分(重量百分比)为: 0.7%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、6.4%Zn、0.7%Zr, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为: 按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃, 然后将 Mg 放入含有已熔化熔剂的坩埚中熔化, 待镁熔化后加入 Zn, 当镁液温度达到 720~750℃时加入 Mg-富 Y 中间合金, Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃时再加入 Mg-Zr 中间合金, 加入 6 号熔剂精炼 15~20 分钟后静止 40~50 分钟, 待温度降到 690~720℃采用水冷模具浇铸成圆棒。合金的加工工艺为: 将得到的合金车削后在 380~410℃下挤压成型, 得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合, 其室温力学性能为:

抗拉强度: 360MPa

延伸率: 17.5%

#### 实施例 7

合金的成分(重量百分比)为: 0.9%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、5.9%Zn、0.5%Zr, 杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%, 余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为：按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入含有已熔化熔剂的坩埚中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃ 时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃ 时再加入 Mg-Zr 中间合金，加入 6 号熔剂精炼 15~20 分钟后静止 40~50 分钟，待温度降到 690~720℃ 采用半连续铸造法浇铸成圆棒。合金的加工工艺为：将得到的合金在 480~510℃ 的温度下进行 2~3 小时的固溶处理。车削后在 330~380℃ 下挤压成型，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合，其室温力学性能为：

抗拉强度：368MPa

延伸率：17.4%

#### 实施例 8

合金的成分(重量百分比)为：0.9%富 Y 稀土(Y 含量大于 75%)、5.8%Zn、0.7%Zr，杂质元素 Si、Fe、Cu 和 Ni 的总量小于 0.02%，余量为 Mg。

制备合金的熔铸工艺为：按上述成分配比先将 Mg、Zn、Mg-Zr 中间合金、Mg-富 Y 中间合金(含 Y、Er、Ho 和 Gd)预热到 200~280℃，然后将 Mg 放入含有已熔化熔剂的坩埚中熔化，待镁熔化后加入 Zn，当镁液温度达到 720~750℃ 时加入 Mg-富 Y 中间合金，Mg-富 Y 中间合金熔化后镁液温度回升至 750~780℃ 时再加入 Mg-Zr 中间合金，加入 6 号熔剂精炼 15~20 分钟后静止 40~50 分钟，待温度降到 690~720℃ 采用半连续铸造法浇铸成圆棒。合金的加工工艺为：将得到的合金车削后在 380~410℃ 下挤压成型，得到一种高强高韧可焊的变形稀土镁合金。

本实施例所得的一种高强高韧可焊的变形稀土镁合，其室温力学性能为：

抗拉强度：359MPa

延伸率：17.1% 。