《铸造镁合金锭》

送审稿

国家标准编制说明

上海交通大学

2015年3月5日

**一、工作简况**

**1、任务来源**

镁合金是最轻的金属结构材料，比强度和比刚度高、抗震力和抗电磁辐射能力强，因此，镁合金在航天航空、兵器领域及电子、汽车、能源工业上得到了广泛的应用，起到了明显的减重降耗的作用。我国在新材料“十二五”规划中也明确提出了镁合金作为高端金属结构材料而重点发展的方向，受益于航空工业和汽车工业的快速发展，镁合金将成为“十二五”期间最有潜力的合金材料。

随着镁合金应用领域的不断拓展，新型镁合金的研究与应用也是层出不穷。其中具有代表性的合金包括耐热性能高于AZ91D的压铸镁合金AE44、AJ52和AJ62合金，高强耐热镁稀土合金EZ30，VW76，VW93和EV31合金，已经应用于航空航天领域的关键零部位。GB/T 19078-2003国家标准中规定的原有镁合金牌号和化学成分已经无法满足新型镁合金的生产和应用，修订和完善本标准势在必行而且迫在眉睫，镁合金行业的发展需要一部完善统一的国家标准对镁合金牌号和化学成分进行统一和规范。

《铸造镁合金锭》国家标准是根据国家标准化管理委员会《关于下达2013年第一批国家标准修订计划的通知》（国标委［2013］56号文件和全国有色金属标准化技术委员会《关于召开2013年度全国有色金属标准化技术委员会年会的通知》（有色标委[2013]27号）文件的要求，由上海交通大学负责修订《铸造镁合金锭》国家标准，计划编号：2013064-Y-610，完成时间：2015年。参与本标准制定的协作单位有：上海轻合金精密成型国家工程研究中心有限公司、国家镁及镁合金产品质量监督检验中心、东北轻合金有限责任公司、上海方科汽车部件有限公司、淄博宏泰防腐有限公司、河南宇航金属材料有限公司、国家镁合金材料工程技术研究中心、山西闻喜银光华盛镁业有限公司、山东银光钰源轻金属精密成型有限公司、上海爱尔思轻合金制品有限公司。

**2. 起草单位**

上海交通大学是教育部直属并与上海市共建的全国重点大学。经过117年的不懈努力，上海交通大学已经成为一所“综合性、研究型、国际化”的国内一流、国际知名大学。截至2013年12月，学校共有28个学院／直属系，26个直属单位，12家附属医院，全日制本科生16099人，研究生27921人（其中全日制硕士研究生13345人，博士研究生6287人），有专任教师2851名，其中教授872名，中国科学院院士18名，中国工程院院士22名，“青年千人”56名，“长江学者”特聘教授和讲座教授共117名，国家杰出青年基金获得者98名，国家重点基础研究发展计划（973计划）首席科学家30名，国家重大科学研究计划首席科学家14名，国家基金委创新研究群体9个，教育部创新团队20个。学校现有一级学科博士学位授权点36个，覆盖经济学、法学、文学、理学、工学、农学、医学、管理学等8个学科门类；一级学科硕士学位授权点57个，覆盖全部13个学科门类；博士专业学位授权点3个；硕士专业学位授权点21个；9个国家一级重点学科，11个国家二级重点学科，7个国家重点（培育）学科，上海市重点建设的学科数55个；28个博士后流动站； 8个国家重点（级）实验室，5个国家工程研究中心，3个国家工程实验室，2个国家级研发中心，1个国防重点学科实验室，16个教育部重点实验室，4个卫生部重点实验室，1个农业部重点实验室，30个上海市重点实验室，5个教育部工程研究中心，6个上海市工程技术研究中心，1个国家社科基金决策咨询点，2个文化部文化产业研究基地，8个上海市理论创新基地、智库和经济社会发展研究工作室，3个世界卫生组织合作中心，1个国家技术转移中心和1个国家大学科技园。

上海交通大学轻合金精密成型国家工程研究中心成立于2000年3月，由国家发批委和上海交通大学共同组建，目前已经成为我国重要的镁合金材料研发基地，同时也是世界范围内最大最先进的镁合金研究团队之一，是镁合金研究的教育部创新团队、科技部创新团队和国防科技创新团队，主要开展的研究包括高性能镁合金材料、镁合金液态成型技术、镁合金固态成型技术、镁合金净化技术、镁合金表面处理技术、镁基生物材料、镁基能源材料等七个主要研究领域，现任轻合金精密成型国家工程研究中心主任是中国工程院院士丁文江教授，现有科研人员30多名，其中教授7名，副教授和高工15名，讲师和助理研究员4名，博士后6名。先后承担了国家自然科学基金、教育部博士点基金、国家“八五”、“九五”、“十五”、“十一五”重点科技攻关计划、国家高技术研究发展计划（863计划）、科技部中小企业创新基金、上海市科技发展基金等国家和省部级科研项目60多项，发表论文500余篇，申请并取得国家发明专利权118项，获得国家科技奖励15项，已产业化成功的成果4项。

**3. 主要工作过程和内容**

接到标准制定任务后，上海交通大学轻合金精密成型国家工程研究中心成立了《铸造镁合金锭》标准制订工作小组，组织成立了起草小组，制定了工作计划，查阅、收集和整理了大量国内外的相关的资料。2014年7月起草单位在原标准GB/T 19078-2003《铸造镁合金锭》的基础上提交了更新的铸造镁合金锭的化学成分表。2014年7月25~28日在内蒙古自治区呼和浩特市召开了GB/T 19078-2003《铸造镁合金锭》第一次讨论会，与会专家对提出的更新的铸造镁合金锭的化学成分表进行了认真的讨论，提出了修改意见。2014年10月，标准起草小组根据标准的起草原则和专家提出的意见对《铸造镁合金锭》讨论稿进行了修改。2014年11月10~13日在江苏省宜兴市召开了GB/T 19078-2003《铸造镁合金锭》第二次讨论会，与会专家对《铸造镁合金锭》讨论稿进行了热烈的讨论，提出了修改意见，形成了《铸造镁合金锭》预审稿。2014年11月底，起草单位将《铸造镁合金锭》预审稿发至协作起草单位，协作起草单位提出了修改意见，形成了《铸造镁合金锭》送审稿。

**二、标准制定的主要原则和依据**

1. 查阅相关标准和国内外新增镁合金种类；

2. 标准编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，尽可能与国际国内标准接轨，注重标准的可操作性，本标准严格按照《GB/T 1.1-2009标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的规定进行编写和描述。

**三、标准主要内容分析**

**1. 标准主要内容变化**

本标准与GB/T 19078-2003相比，主要的变化如下：

1) 根据镁合金行业标准的发展，增加了英文字母代表的镁合金元素(Sr和Gd元素)的命名规则；

2)　增加了极限数值的表示方法；

3) 搜集了国内外科研、生产发展成熟的镁合金品种，增加了镁合金锭牌号，镁合金铸件牌号及典型力学性能，主要增加的镁合金牌号如下：

增加了MgAlZn系合金7种：AZ91A、AZ91B、AZ91C、AZ91E、AZ92A、ZA81M和ZA84M合金；

增加了MgAlMn系合金1种：AM60A合金；

增加了MgAlSi系合金2种：AS21B和AS41A合金；

增加了MgAlRE系合金2种：AE44S和AE81M合金；

增加了MgAlSr系合金2种：AJ52A和AJ62A合金；

增加了MgZnAgZr系合金1种：ZQ81M合金；

增加了MgZnREZr系合金2种：EZ30Z和EZ30M合金；

增加了MgYREZr系合金2种：WE43B和WV115Z合金；

增加了MgGdYZr系合金2种：VW76S和VW103Z合金；

增加了MgGdAgZr系合金1种：VQ132Z合金；

增加了MgREGdZr系合金1种：EV31A合金。

4)　增加了新牌号、旧牌号和旧代号的对照表。

**2.　牌号的命名规则**

目前国内外现行的铸造镁合金的命名法则主要有2个体系，包括EN体系和ASTM体系。

1. EN体系的牌号数字命名法则(EN 1754)

目前ISO体系铸造镁合金的数字牌号命名法则与EN体系相同，并有所增加。

EN体系的数字牌号命名法则如下：

数字牌号的命名法则包含10个位置，每个位置分别代表不同的意义，见表1。

表1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 位置 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 含义 | E | N | — | L | L | n | n | n | n | n |
| 位置1到3：前缀EN—; | | | | | | | | | | |
| 位置4：代表镁的符号M； | | | | | | | | | | |
| 位置5：符号A、B、C中的一个，其中A表示镁阳极，B表示锭，C表示铸件； | | | | | | | | | | |
| 位置6到10：5个数字表示化学成分。 | | | | | | | | | | |

位置6表示如下（表2）主要元素或主要合金元素：

表2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合　　金 | 表示方法 | 合　　金 | 表示方法 | 合　　金 | 表示方法 |
| 镁 | 1XXXX | 铝 | 2XXXX | 锌 | 3XXXX |
| 锰 | 4XXXX | 硅 | 5XXXX | 稀土金属 | 6XXXX |
| 锆 | 7XXXX | 银 | 8XXXX | 钇 | 9XXXX |

位置7和8表示如下（表3）合金组别：

表3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合金组别 | 表示方法 | 合金组别 | 表示方法 | 合金组别 | 表示方法 |
| Mg | X00XX | MgAlZn | X11XX | MgAlMn | X12XX |
| MgAlSi | X13XX | MgZnCu | X21XX | MgZnREZr | X51XX |
| MgREAgZr | X52XX | MgREYZr | X53XX |  |  |

位置9表示合金子组别，用XXX1X，XXX2X……表示。

位置10用数字0—9表示在合金子组别中不同的合金元素含量，用XXXX0，XXXX1……表示。

ISO增加的合金组别（表4），主要体现在位置7和8，分别为：

表4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合金组别 | 表示方法 | 合金组别 | 表示方法 | 合金组别 | 表示方法 |
| MgAlRE | X14XX | MgREGdZr | X54XX | MgGdYZr | X91XX |

2) ASTM体系

ASTM体系的铸造镁合金的命名法则如下：

纯镁牌号以Mg加数字的形式表示，Mg后的数字表示Mg的质量分数。

镁合金牌号以两位英文字母加两位数字再加一位英文字母的形式表示。前面的英文字母是其最主要的合金组成元素代号（元素代号符合表5的规定），其后的数字表示其最主要的合金组成元素的大致含量。最后面的英文字母为标识代号，用以标识各具体组成元素相异或元素含量有微小差别的不同合金。

表5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素代号 | 元素名称 |  | 元素代号 | 元素名称 |
| A | 铝 | M | 锰 |
| C | 铜 | Q | 银 |
| E | 稀土 | S | 硅 |
| H | 钍 | T | 锡 |
| J | 锶 | V | 钆 |
| K | 锆 | W | 钇 |
| L | 锂 | Z | 锌 |

GB/T 19078-2003版的镁及镁合金牌号命名方法采用了与ASTM体系相似的命名法则，在国内广泛应用，并已使用多年，具有适用性和实用性。因此，本版标准将继续此命名法则，并增加了Sr和Gd元素的英文字母代表符号（见表6），并对GB/T 19078-2003版表2中对应的EN 1753的数字牌号命名更改为对应的更新的ISO 16220的数字牌号。

表6英文字母代表的合金元素

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素代号 | 元素名称(元素符号) |  | 元素代号 | 元素名称 |
| A | 铝(Al) | M | 锰(Mn) |
| B | 铋(Bi) | N | 镍(Ni) |
| C | 铜(Cu) | P | 铅(Pb) |
| D | 镉(Cd) | Q | 银(Ag) |
| E | 稀土(RE) | R | 铬(Cr) |
| F | 铁(Fe) | S | 硅(Si) |
| G | 钙(Ca) | T | 锡(Sn) |
| H | 钍(Th) | V | 钆(Gd) |
| J | 锶(Sr) | W | 钇(Y) |
| K | 锆(Zr) | Y | 锑(Sb) |
| L | 锂(Li) | Z | 锌(Zn) |

3.　极限数值的表示方法

极限数值表示方法如下：

|  |
| --- |
| ＜0.001% 0.000X |
| ≥0.001%～0.01% 0.00X |
| ≥0.01%～0.10% 0.0X |
| ≥0.10%～0.55% 0.XX |
| ＞0.55% 0.X、X.X、XX.X |

4.　新增牌号说明

本版与GB/T 19078-2003版相比，增加了11个镁合金组别的23个镁合金牌号，其中MgAlZn系合金7种、MgAlMn系合金1种、MgAlSi系合金2种、MgAlRE系合金2种、MgAlSr系合金2种、MgZnAgZr系合金1种、MgZnREZr系合金2种、MgYREZr系合金2种、MgGdYZr系合金2种、MgGdAgZr系合金１种、MgREGdZr系合金1种。

1)　 MgAlZn系合金

AZ91A合金、AZ91B合金、AZ91C合金和AZ91E合金与AZ91D合金主成分相似，只是杂质元素Si、Cu和Ni的含量不同。其强度与AZ91D合金相近。

AZ92A合金是常用的结构用镁合金，与AZ91合金相比，含Zn量更高，使得AZ92A合金比AZ91合金具有更高的室温拉伸强度，且铸造性能与AZ91合金相近，主要用于砂型或金属型铸造的发动机壳体铸件。

ZA81M和ZA84M合金为国内开发的新型耐热镁合金，ZA84M合金由重庆大学开发，其成本较低、中温力学性能较好，可采用金属型重力铸造和砂型铸造等方法生产，主要用作对室温和/或中温耐热力学性能有特殊需求的汽车、摩托车等运载机械零部件及其他轻量化部件材料。

2)　MgAlMn系合金

AM60A合金是一种高压压铸镁合金，具有良好的韧性和耐腐蚀性能，与GB/T 19078-2003版中的AM60B合金的主成分基本相同，只是杂质元素Si和Cu含量要高于AM60B合金。

3)　MgAlSi系合金

Mg-Al-Si系合金是20世纪70年代由德国大众公司开发出的压铸镁合金，AS21B合金是一种压铸耐热镁合金，具有优良的抗蠕变性能，与GB/T 19078-2003版中的AS21S合金的主成分基本相同，只是其中的Mn含量较AS21S合金低，且含有RE元素，用以变质其中的Mg2Si相。

和AS41Ｂ合金相比，AS41S合金中杂质元素Cu和Ni的含量相对较高。

4)　 MgAlRE系合金

AE44S合金属于Mg-Al-RE系耐热镁合金，由20世纪80年代后期，由道尔镁业公司所开发。RE元素的加入比加入Si元素更能提高合金的蠕变抗力和耐热性能，同进，还提高合金的流动性。AE44S合金的强化机理主要是RE与合金中的Al生成了Al11RE相，减少了Mg17Al12相的数量。Al11RE金属间化合物相具有较高的熔点(1200℃)，在镁基体中的扩散速度低，具有很高的热稳定性，可有效钉扎晶界而阻碍其滑动，从而使合金的高温性能得到提高。AE44S合金的有效使用温度可达到150℃。但由于慢的冷却速度将导致粗大的Al2RE相等化合物的生成，使合金的力学性能降低，因此仅适用于冷却速度较快的高压压铸铸造工艺，现在美国GM公司用于生产汽车变速箱壳体。

AE81M合金由由重庆大学开发，其具有低成本、高强高韧、可焊和耐腐蚀，采用压铸方法生产，生产率高，适用于汽车轮毂、舰船、航空航天和军工等以及3C和电子产品等领域。

3) 　MgAlSr系合金

AJ52A和AJ62A合金属于Mg-Al-Sr系耐热镁合金，Sr是一种提高镁合金高温性能的合金化元素，在Mg-Al合金中加入碱土金属Sr以代替RE同样可使合金获得较好的抗蠕变性能。Sr可以提高镁固溶体的熔点，它在镁合金中扩散缓慢且具有较低的密度。同时，Sr与Mg-Al合金中的Al元素具有很强的结合力，加入Sr后可减少组织中的Mg17Al12相的数量，Sr与Al之间的形成的二元金属间化合物Al4Sr及Sr与Mg、Al之间形成的三元Mg-Al-Sr金属间化合物具有很高的热稳定性。AJ52A和AJ62A合金由加拿大诺兰达公司在AM50合金的基础上进行开发的，并已被成功地用于生产油盘及阀门盖等薄壁镁合金零部件，也是采用高压压铸铸造工艺。

4)　 MgZnAgZr系合金

ZQ81M合金属于Mg-Zn-Ag-Zr系合金，是一种室温力学性能较高的铸造镁合金，为我国原有的ZM7铸造镁合金。ZQ81M合金充型性性良好，但显微疏松倾向较大，铸造时必须采用相应的工艺措施加以克服。ZQ81M合金用于需求室温力学性能高的零件，如飞机起落架外筒、轮毂等，在T4和T6两种状态下应用。

5)　 MgZnREZr系合金

EZ30Z和EZ30M合金属于Mg-RE-Zn-Zr系合金，EZ30Z合金是上海交通大学在ZM6的基础上进行开发的一种新型铸造镁合金，其力学性能均优于ZM6铸造镁合金。EZ30Z合金在T6状态下，具有良好的室温和高温力学性能，铸造性能优良，显微疏松和热裂倾向低，焊接性能良好，是一种综合性能良好的铸造镁合金，可用作高温下要求高强度和高气密性的零件，以及在250℃以下长期工作的零件。

EZ30M合金是以混合稀土Ce为主要合金元素的铸造镁合金，为我国原有的ZM3铸造镁合金，在200～250℃保持较高的强度和良好的持久抗蠕变性能，但室温强度性能较低。EZ30M合金具有高的致密性和良好的可焊性，热裂倾向低，无显微疏松倾向。适用于在150～250℃范围长期工作的发动机、附件和仪表等机匣，壳体零件和室温下要求高气密性的铸件。

6)　 MgYREZr系合金

WE43B合金与WE43A合金相比，其中Mn（质量分数）≤0.03%，Fe（质量分数）≤0.01%，Cu（质量分数）≤0.02%，(Zn+Ag) （质量分数）≤0.20%，具有较好的抗腐蚀性能。

WV115Z合金属于Mg-Y-RE-Zr系合金，是由上海交通大学针对发动机活塞开发的一种新型高强耐热镁合金，其耐热温度可达300℃以上。在<400℃范围内，WV115Z－T6合金的强度均显著优于商用耐热镁合金WE54A－T6和活塞用耐热铝合金AC8A-T6合金，已经在发动机活塞上进行了台架试验，值得注意的是，WV115Z合金在200℃时力学性能与室温相比还有10%的提高。

7)　 MgGdYZr系合金2种

VW76S和VW103Z合金属于Mg-Gd-Y-Zr系合金，VW76S合金由英国开发，目前已列入ISO 16220标准，但是应用情况不明。

VW103Z合金是由上海交通大学针对航空航天用零部件需求开发的高强耐热镁合金，其成本低于WV115Z合金，力学性能超过了商用WE54A和WE43A合金以及我国的ZM6铸造镁合金，目前已用于成功应用于航空航天用零部件的铸造生产，减重和耐热性能良好。

8)　 MgGdAgZr系合金

VQ132Z合金属于Mg-Gd-Ag-Zr合金，是由上海交通大学开发的新一代高强镁合金，其强度超过VW103Z铸造镁合金，但成本较高，已开发成功一些重要的航空航天用零部件。

9)　 MgREGdZr系合金

EV31A合金属于Mg-RE-Gd-Zr系合金，经过贝尔直升机多年的工程研究，通过多个铸造厂来验证EV31A砂型铸造镁合金件的机械性能，证明能用于开发飞行器传动系统变速器，可以替代现有使用ZE41A的铸件。与ZE41A合金相比，EV31A合金提高了强度和耐腐蚀性能；与WE43A合金相比，EV31A合金降低了成本并改善了铸件的可铸性。

5. 新牌号、旧牌号和旧代号对照表

新牌号、旧牌号和旧代号对照表见表7。

表7　新牌号、旧牌号和代号对照表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 新牌号 | 旧牌号 | 旧代号 |
| ZK51A | ZMgZn5Zr | ZM1 |
| ZE41A | ZMgZn4RE1Zr | ZM2 |
| EZ30M | ZMgRE3ZnZr | ZM3 |
| EZ33A | ZMgRE3Zn2Zr | ZM4 |
| AZ91B | ZMgAl8Zn | ZM5 |
| EZ30Z | ZMgRE2ZnZr | ZM6 |
| ZQ81M | ZMgZn8AgZr | ZM7 |
| AZ91S | ZMgAl10Zn | ZM10 |

**四、标准水平分析**

　　　本标准属于铸造镁合金及镁合金铸件的基础标准，本标准规定了铸造镁合金锭和镁合金铸件的化学成分及镁合金铸件的典型力学性能。本标准在起草过程中等同采用ASTM标准体系和ISO标准体系的命名原则，并按照该原则对国内现行的镁合金牌号进行了命名，本标准整体水平与ASTM标准和ISO标准一致，达到了国际先进水平。

**五、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准属于铸造镁合金锭和镁合金铸件的基础标准，国家、省市各部门没有现行的相关法律、法规、规章及相关标准，更没有本行业的强制标准。

**六、专利及涉及知识产权**

本标准在起草过程中，对于新增的铸造镁合金牌号，进行了详细的论证，新增的国外牌号已经在国外的标准中出现；新增的国内牌号，已进行过牌号注册，并且经过了研发单位的许可，不涉及知识产权的问题。

**七、重在分歧意见的处理经过和依据**

无。

**八、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议**

本标准为铸造镁合金锭和镁合金铸件的基础标准，包含了现行适用的镁合金的所有牌号。但随着镁合金行业的不断发展，新型铸造镁合金的不断研发，新的牌号会层出不穷。因此，建议本标准作为推荐性国家标准发布实施。

**九、贯彻标准的要求和措施建议**

本标准是铸造镁合金锭和镁合金铸件的基础标准，是所有铸造镁合金生产企业必须使用的标准之一，起规范镁合金行业和与国际镁合金行业发展接轨的作用，本标准发布执行后，建议标准主管单位在相关企业进行推广，相关单位组织宣贯执行。

**十、废止现行有关标准的建议**

本标准为GB/T 19078-2003版标准的全面修订，本标准发布后可以完全代替GB/T 19078-2003，建议废止GB/T 19078-2003。

**十一、其它应予说明的事项**

无。

**十二、推广应用的预期效果**

随着镁合金行业的飞速发展，本标准的上一版GB/T 19078-2003已经无法适用于行业发展的需求，上一版标准中合金的种类较少，合金系的覆盖面较小。通过本标准的此次修订，系统地解决了上述问题，引入了发展成熟的新型镁合金牌号，保证了标准覆盖的全面性，具有良好的应用前景。

《铸造镁合金锭》编制组

2015年3月5日