

# Mg 含量对体育器材用 Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr 铸造铝合金组织及性能的影响

翟欢<sup>1</sup>, 李广宇<sup>2</sup>, 蒋文明<sup>2</sup>, 于洋<sup>2</sup>, 魏慧欣<sup>3</sup>

(1. 华中科技大学体育学院, 湖北武汉 430074; 2. 华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室, 湖北武汉 430074; 3. 华中科技大学分析测试中心, 湖北武汉 430074)

**摘要:** 采用金属型铸造工艺制备了体育器材用 Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr ( $x=1.4-2.6$ ) 铝合金, 研究了 Mg 含量对其组织和性能的影响。研究发现, 随着 Mg 含量的增加, 铸态下合金的晶粒尺寸逐渐减小, 第二相主要由连续网状的 MgZn<sub>2</sub> 相和弥散分布的圆形 Al<sub>2</sub>MgCu 相组成。热处理后, 第二相大部分固溶于基体中, 只有少量时效析出相以细小的长条状弥散分布在基体中, 但是当 Mg 含量到 2.6% 时, 合金中仍然存在大量第二相。T6 热处理后合金的拉伸强度和屈服强度随着 Mg 含量的增加先增加后减小, 当 Mg 含量为 2.0% 时, 拉伸强度和屈服强度较高, 分别为 470.8 MPa 和 218.9 MPa, 相比于 Mg 含量为 2.6% 的试样分别提高了 21.2% 和 13.3%。

**关键词:** Mg 含量; 体育器材; 铸造铝合金; 热处理; 拉伸性能

作者简介:

翟欢 (1989-), 女, 讲师, 主要从事体育学方面的研究工作。电话: 18607105610, E-mail: 2017210208@hust.edu.cn.

通讯作者:

蒋文明, 男, 副教授。电话: 027-87540094, E-mail: wmjiang@hust.edu.cn.

中图分类号: TG249.5;  
TG292;  
TB331

文献标识码: A  
文章编号: 1001-4977(2022)  
10-1256-06

基金项目:

国家磁约束核聚变能发展研究专项资助 (2018YFE0313300); 中国博士后科学基金 (2021M691112); 新金属材料国家重点实验室开放课题重点基金资助 (2021-ZD07); 高性能复杂制造国家重点实验室开放课题研究基金资助项目 (Kfkt2019-01)。

收稿日期:

2022-07-06 收到初稿,  
2022-09-01 收到修订稿。

随着人们生活水平的提高和健康意识的增强, 人们对于身体锻炼的投入也越来越多, 体育器材作为身体锻炼的主要工具之一被越来越广泛地使用<sup>[1]</sup>。并且, 随着人们对于体育器材质量的要求越来越高, 其轻量化体育用高性能材料的研发越来越迫切<sup>[2]</sup>。

铝合金具有密度低、比强度高、耐腐蚀性好、加工性能优良等特点<sup>[3-4]</sup>, 十分适合制备高性能轻量化体育器材, 例如棒球、网羽球、滑雪杖、高尔夫、跳水、自行车、赛车等领域已经采用铝合金制备各类器材<sup>[5-9]</sup>。铝合金按照成分的差别可以分为 7 种类型, 分别是 1 系-7 系铝合金<sup>[10]</sup>, 其中 7 系铝合金 (Al-Zn-Mg-Cu 合金) 强度最高, 十分适合高强度体育器材的制备<sup>[11-12]</sup>。Zn 和 Mg 是 Al-Zn-Mg-Cu 系合金中主要的强化元素, 二者在此体系中形成强化相 M 相 (MgZn<sub>2</sub>) 和 T 相 (Al<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub>)<sup>[13-14]</sup>。强化相的数量随 Mg+Zn 含量之和的提高而增加, 所以合金的强度值随着其含量之和的提高而提高, 其强化相的组成和比例则随 Zn/Mg 质量比的变化而变化, 因此, 通过控制 Zn/Mg 质量比从而控制强化相是 7 系铝合金的主要强化方法之一<sup>[15]</sup>。Cu 元素也是 7 系铝合金的主要强化元素, 它以不同的形式存在于铝合金中。Cu 能够有效提高沉淀相的弥散程度, 改善晶界析出相, 提高晶界析出相中元素的含量, 降低晶界与晶内的电位差, 从而降低合金应力腐蚀开裂倾向; 此外, 加入一定量 Cu 元素后, 合金的过饱和程度提高, 时效过程加速, GP 区的稳定性温度范围扩大, 在一定程度上合金的抗拉强度提高, 但是 Cu 含量也不宜过高, Cu 含量过高也会降低断裂韧性、耐腐蚀性和加工性能。在 7 系铝合金中, 这三种主要强化元素是互相影响的, 并且不同工艺下合金组织中的相组成、分布、形态、尺寸等也都会有所差别。除此之外, 其他元素对 7 系铝合金也有显著的影响。例如, Fuchu Liu 等人研究了 Ni 元素对 Al-Zn-Mg-Cu 合金组织和性能的影响, 研究发现, Ni 元素的加入有利于增加合金的抗热裂能力<sup>[16]</sup>。Xingzhi Liao 等人研究了 Cr 元素的添加对 Al-Zn-Mg-Cu 合金第二相形态、力学性能和腐蚀性能的影响, 研究发现, Cr 元素的添加, 合金的再结晶和晶粒长大受到抑制, 有利于合金强度和抗腐蚀性能的提高<sup>[17]</sup>。Mehdi Malekan 等人研究了 Ni、Cr 元素的添

加和T6热处理对Al-Zn-Mg-Cu组织和拉伸性能的影响, 研究表明, Ni元素和Cr元素的添加在组织中引入了Al<sub>3</sub>Ni和Al<sub>7</sub>Cr相, 这些相的引入有利于合金拉伸性能的提高<sup>[18]</sup>。Quanfeng Xiao等人 and Kaixian Wang等人研究了Sc元素和Zr元素对Al-Zn-Mg-Cu合金组织和力学性能的影响, 研究表明, 少量Sc元素和Zr元素的添加可以提升合金的屈服强度<sup>[19-20]</sup>。其他微量元素还包括Er、Yb、Ti、Co等。

上面研究的7系铝合金主要牌号有7075、7475、7010、7055、7050、7150以及自制的合金配方等, 这些7系铝合金中Cu元素的含量普遍在1%以上, 甚至有的达到了2%以上, 由于Cu的价格普遍高于其他主合金元素, 过高Cu元素的添加会增加材料的成本<sup>[21]</sup>。此外, 为了适用于体育器材, 合金需要有较好的耐腐蚀性、加工性, 并且要降低成本, 因此降低Cu的含量有较大意义。虽然降低了Cu的含量, 但由于Mg、Zn元素的存在, 合金中仍然会产生强化相, 这些强化相的成分、比例、分布、形态等通过控制Mg元素的含量以及工艺措施也可以对合金的力学性能实现调控, 因此, 低Cu含量的Al-Zn-Mg-Cu合金仍然可以通过调整Mg含量来实现其力学性能的调控。为了满足性能和价格的双重需求, 本文开发了一种低含铜量的Al-Zn-Mg-0.5Cu铸造铝合金, 低的含铜量降低了合金的价格和密度, 有利于实现低成本、大规模生产, 从而促进其在体育器材中的广泛使用。

本文研究了Mg含量对低含铜量的Al-Zn-Mg-0.5Cu铸造铝合金组织和性能的影响, 为低成本大规模制备高性能体育器材用铝合金提供理论指导与实际借鉴。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

本文所配制的合金成分为Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr, 所用到的金属原材料有铝锭、锌锭、镁锭、铜锭和Al-4Zr中间合金。

由于本文主要研究镁含量对Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr铝合金组织和性能的影响, 因此需要配制不同镁含量的铝合金, 选取的镁含量(质量分数)分别为1.4%、2.0%和2.6%。

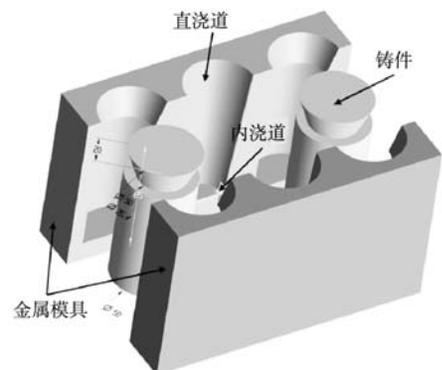
### 1.2 Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr 合金的制备

Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的制备过程如下。

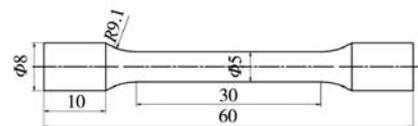
(1) 原材料称量。根据各金属所占比例称取相应重量的金属, 由于熔炼过程中金属存在烧损, 因此在金属原料配制过程中需要把烧损量考虑进去, 本文中各原材料的烧损率为: 纯铝(5%)、纯锌(8%)、纯镁(8%)、纯铜(5%)、Al-4Zr中间合金(5%)。

(2) 金属熔炼。本文使用电阻炉熔炼金属。将纯铝和纯铜一起放入到石墨坩埚中, 并将石墨坩埚放入电阻炉中, 熔炼温度为780℃。待金属完全熔化并达到熔炼温度后保温30 min, 并使用石墨搅拌头搅拌5 min。然后, 将温度降至740℃, 依次加入纯锌、纯镁(用铝箔包裹加入)和Al-4Zr中间合金, 保温30 min后, 使用通有氩气的石墨搅拌头边通氩气边在金属液中搅拌5 min, 撇去浮渣后静置5 min, 准备浇注。

(3) 浇注。将金属型放入烘箱中在250℃预热2 h, 金属型模具为一模两件(图1a)。将预热后的金属型取出后, 将步骤(2)中的金属液浇入金属模具中, 浇注温度为740℃, 冷却后切除浇注系统, 获得铸件, 铸件的形状和尺寸如图1a所示。



(a) 铸锭形状和尺寸



(b) 拉伸试样尺寸

图1 铸锭形状和尺寸以及拉伸试样尺寸

Fig. 1 Shape and sizes of the ingot and sizes of the tensile specimen

(4) 热处理。将其中一个铸件进行热处理。热处理工艺为T6热处理(固溶+时效), 具体过程如下: 将铸件放入热处理炉中, 以10℃/min的升温速率升温至460℃保温2 h, 然后取出铸件迅速放入室温的水中淬火, 2 min后取出铸件放入120℃的热处理炉中保温24 h。保温时间达到后取出铸件在空气中冷却至室温, 获得热处理态的铸件。为了后续描述方便, 对不同镁含量和处理态的试样重命名。

### 1.3 测试方法

在距离铸件底部10 mm处的横截面中心位置, 切取8 mm × 8 mm × 8 mm方形小块制备金相试样。将切取的试样使用砂纸打磨至2 000目后用1.5 μm氧化铝悬浊液抛光, 抛光后的样品使用Keller试剂(2.5% HNO<sub>3</sub>+1.5% HCl+1% HF+95% H<sub>2</sub>O)腐蚀15 s。

使用蔡康DMM-490C金相显微镜观察铝合金微观

组织。使用Quanta 400扫描电子显微镜 (SEM) 观察试样显微组织和断口形貌。使用能谱仪 (EDS) 分析试样中相的构成。使用Zwick Z100万能试验机测试试样的拉伸性能, 拉伸试样的尺寸如图1b所示, 拉伸速率为1 mm/min。使用HV-1000显微硬度仪测试试样的硬度, 载荷为300 g, 保压时间15 s。

## 2 结果与讨论

### 2.1 微观组织和相成分

图2为铸态下不同镁含量的Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金金相组织图像。从图中可以发现, Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的晶粒尺寸随着Mg含量的增加而降低。这可能是由于Mg含量的增加会引起成分偏析和

形核增加, 进而阻碍晶粒长大。

图3为铸态下不同镁含量的Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的SEM图像。从图中可以看出, 合金中含有许多灰色的第二相, 这些第二相呈现两种形态, 一种是分布于晶界位置的呈现网状形态, 另一种是呈现圆形分布于晶内。根据EDS分析结果 (表1), 点1位置黑色的基体是 $\alpha$ -Al相。根据点2的EDS分析结果以及Mg-Zn二元相图, 网状的第二相是MgZn<sub>2</sub>相, 根据点3的EDS分析结果、Al-Mg-Cu三元相图和其他研究结果<sup>[22-23]</sup>, 圆球状的第二相是Al<sub>2</sub>MgCu相。并且, 可以发现, 随着Mg含量的增加, 第二相的数量也增加, 连续的网状MgZn<sub>2</sub>相逐渐分散, 圆形的Al<sub>2</sub>MgCu相数量增加。

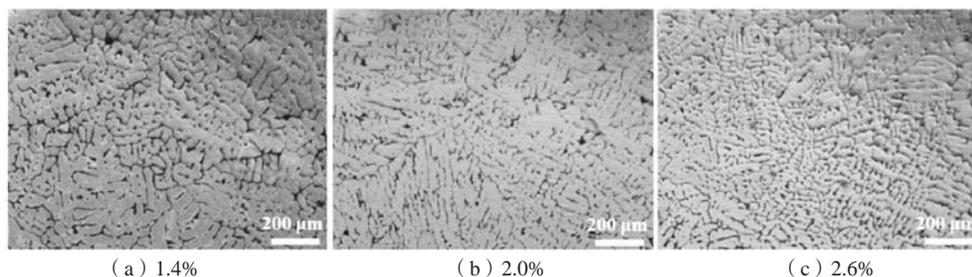
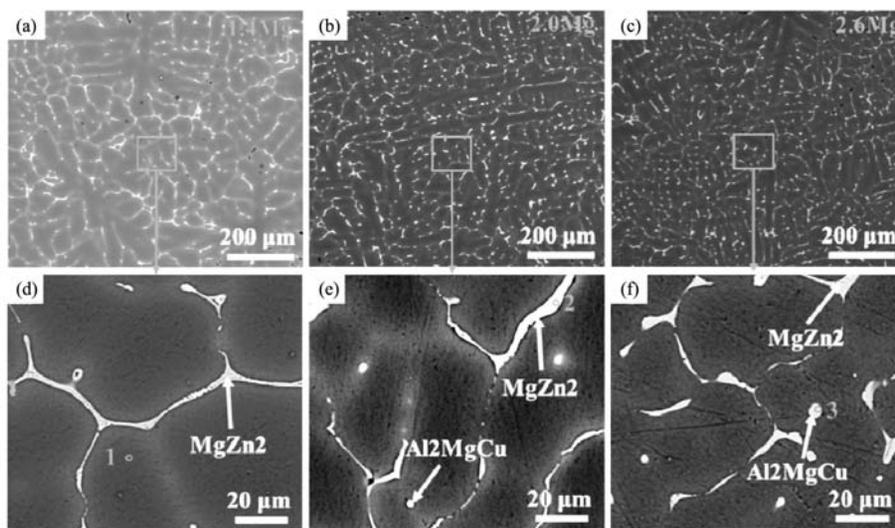


图2 不同镁含量铸态试样的金相图片

Fig. 2 Metallographic images of as-cast samples with different Mg contents



(a, d) 1.4%Mg; (b, e) 2.0%Mg; (c, f) 2.6%Mg

图3 不同镁含量铸态试样的SEM图像

Fig. 3 SEM images of the as-cast specimens with different Mg contents

表1 图3中各点的EDS分析结果

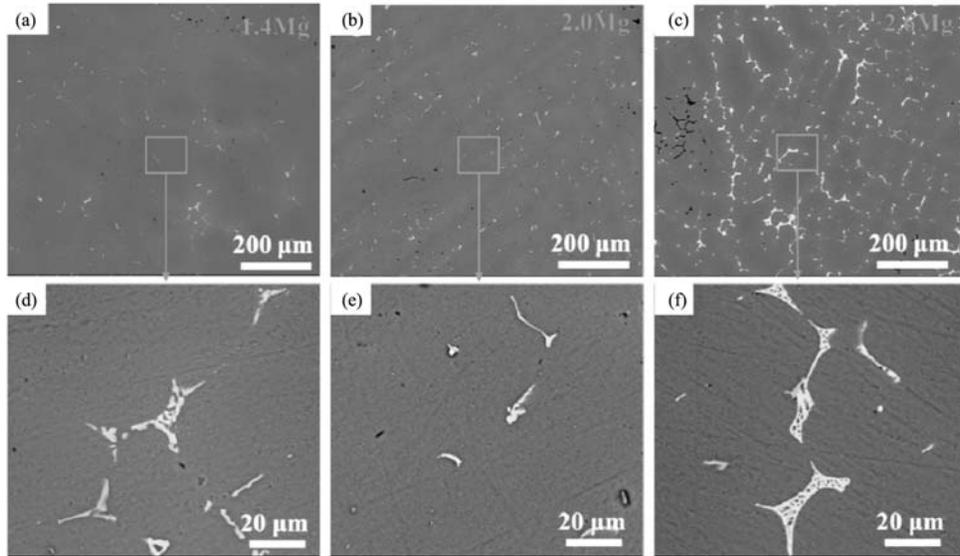
Table 1 EDS analysis results of corresponding points in Fig. 3

点	原子分数/%				相组成
	Al	Mg	Zn	Cu	
1	93.16	3.11	3.45	0.28	$\alpha$ -Al
2	60.31	9.56	19.11	11.02	MgZn <sub>2</sub>
3	63.45	14.16	8.61	13.78	Al <sub>2</sub> MgCu

图4是热处理后试样的SEM图像。从图中可以发现, 热处理后, 晶界处连续的枝晶网状第二相大部分消失, 少量时效析出相以细小弥散的长条状分布在基体中。随着Mg含量的增加, 时效析出相增加, 但当Mg含量为2.6%时, 仍然存在较多连续网状的第二相分布在基体中。这是由于当Mg含量较低时, 热处理过程中, 固溶处理时第二相大部分能够固溶到基体中, 而

这些固溶体能够在随后的时效过程中缓慢析出，形成细小弥散的时效析出相。但当Mg含量过多时，固溶处

理时第二相无法完全固溶到基体中，残余的第二相仍会以网状形态分布于基体中。



(a, d) 1.4%Mg; (b, e) 2.0%Mg; (c, f) 2.6%Mg

图4 不同镁含量合金热处理后试样的SEM图像

Fig. 4 SEM images of the specimens containing different Mg additions after heat treatment

## 2.2 力学性能

图5是铸态和热处理态试样的维氏硬度测试结果。可以发现，铸态试样随着Mg含量的增加其硬度变化不明显，几乎都保持在HV110左右。而热处理态的试样随着Mg含量的增加其硬度明显增加，当Mg含量达到2.6%时，其硬度可达HV199.5。

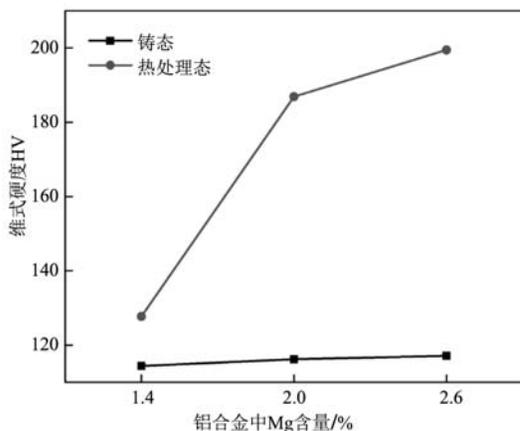


图5 Mg含量对铝合金维氏硬度的影响

Fig. 5 Effect of Mg content on the Vickers hardness of the Al alloy

对热处理后的试样进行拉伸测试，结果如图6所示。从图中可以发现，热处理后，Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的拉伸强度和屈服强度随着Mg含量的增加先增大后减小，当Mg含量为2.6%时，其拉伸强度和屈服强度最低，分别为388.5 MPa和193.2 MPa；而当Mg含量为2.0%时，其拉伸强度和屈服强度较高，分别为470.8 MPa和218.9 MPa，相比于Mg含量为2.6%的试样

其拉伸强度和屈服强度分别提高了21.2%和13.3%。伸长率随着Mg含量的增加呈一直下降的趋势，当镁含量为2.0%时，其断后伸长率为3.5%，只略低于镁含量为1.4%的试样（4.5%）。这表明当镁含量为2.0%时，可以获得较好的综合力学性能。

热处理试样的拉伸断口形貌如图7所示。从图7中可以发现，不论Mg含量多少，合金试样都是以准解理断裂的方式发生断裂。其差别在于，随着Mg含量的增加，其韧窝的尺寸逐渐增大，韧窝数量减小，韧窝深度更小，这表明合金韧性的降低，这与上面伸长率的测试结果相一致。

合金的性能与组织有密切关系。研究表明，合金的屈服强度和晶粒尺寸有关，根据Hall-Petch公式：

$$\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中： $\sigma_y$ 为屈服强度， $\sigma_0$ 表示移动单个位错时产生的晶格摩擦阻力， $d$ 为平均晶粒尺寸。根据Hall-Petch公式，晶粒尺寸越小，合金屈服强度越高。因此，随着Mg含量的增加，晶粒尺寸逐渐减小，屈服强度得到提高。但是合金的强度还受组织中第二相的影响。Al-Zn-Mg-Cu合金中，MgZn<sub>2</sub>是主要的强化相，Al<sub>2</sub>MgCu是脆性相，过多的Al<sub>2</sub>MgCu相不利于合金强度的增加。从热处理后的组织可以发现，当Mg含量为1.4%时，第二相含量较少，热处理后大部分第二相固溶于基体中，而当Mg含量达到2%时，过多的第二相会超过固溶极限，时效过程中第二相会缓慢析出，实现析出强化。但当Mg含量达到2.6%，过多的第二相，特别是Al<sub>2</sub>MgCu相大

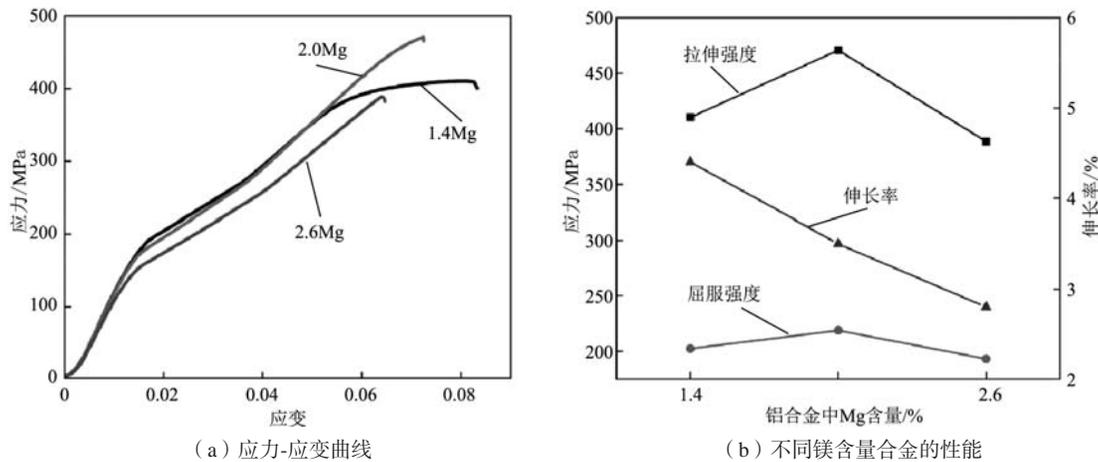
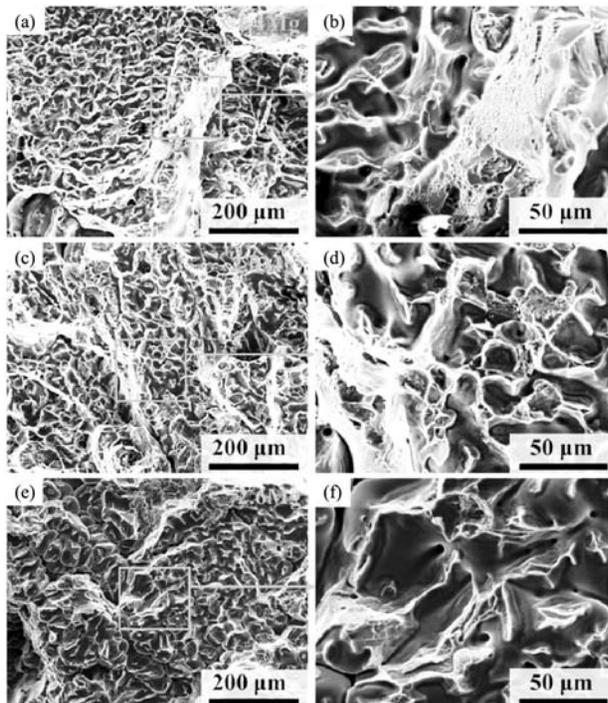


图6 不同镁含量合金样品热处理后的拉伸性能

Fig. 6 Tensile properties of the samples with different Mg contents after heat treatment



(a, b) 1.4%Mg; (c, d) 2.0%Mg; (e, f) 2.6%Mg

图7 热处理试样拉伸断口SEM图像

Fig. 7 SEM images of the tensile fracture for the heat-treated specimens

幅增多, 在热处理过程中较多的第二相仍会残留在基体中, 这些残留的第二相以粗大形态分布于晶界中, 不利于强度的增加。因此, Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金抗拉强度先随着Mg含量的增加而增加, 但当Mg含量超过一定含量后其抗拉强度反而出现降低。

### 3 结论

(1) 随着Mg含量的增加, 铸态Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr ( $x=1.4-2.6$ )合金晶粒尺寸逐渐减小, 当镁含量为2.6%时, 晶粒尺寸最小。

(2) 铸态Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的第二相主要由网状的MgZn<sub>2</sub>相和圆形的Al<sub>2</sub>MgCu相组成。T6热处理后, 第二相大部分消失, 但是当Mg含量达到2.6%时, 还存在大量残余第二相。

(3) T6热处理Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr合金的拉伸强度和屈服强度随着Mg含量的增加先增加后减小, 当Mg含量为2.0%时, 拉伸强度和屈服强度较高, 分别为470.8 MPa和218.9 MPa, 但断后伸长率随着Mg含量的增加而减小。

#### 参考文献:

- [1] 刘银, 阮顺文, 刘芳, 等. “互联网+”背景下社区体育器材租赁服务平台对社区居民体育锻炼项目类型的影响——以歇尔体育平台为例[J]. 区域治理, 2019 (51): 169-171.
- [2] 张含亮, 李宝强. 工程复合塑料特性分析及其在现代体育设施中的应用[J]. 粘接, 2019, 40 (12): 128-132.
- [3] 牛晓强. 镁铝合金羽毛球拍铸造工艺及性能研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2022, 42 (4): 536-537.
- [4] 吴玲, 赵磊, 于瑞海, 等. 铝合金铸件与型材焊接工艺及性能[J]. 特种铸造及有色合金, 2022, 42 (3): 371-375.
- [5] 刘朝猛, 吴懿姿. 体育器材用TiAl<sub>3</sub>/AlSi11Cu3铝合金组织和力学性能优化[J]. 铸造, 2022, 71 (2): 176-181.
- [6] 卢川, 刘朝猛. 超声振动制备半固态体育器材用铝合金组织及其拉伸性能研究[J]. 铸造, 2021, 70 (4): 449-453.
- [7] 崔玉婷. 基于体育用5052铝合金管件在器械生产制备研究[J]. 粘接, 2021, 48 (11): 61-64.
- [8] 樊一婷. 体育器材用2024铝合金塑性变形研究综述[J]. 合成材料老化与应用, 2021, 50 (4): 189-192.
- [9] 张兰香. 我国体育器械中对铝材的有效应用[J]. 粘接, 2020, 43 (8): 156-159.

- [10] ZHAO J, LIU Z, BAI S, et al. Effect of various aging treatment on thermal stability of a novel Al-Zn-Mg-Cu alloy for oil drilling [J]. *Materials Science and Engineering: A*, 2021, 803: 1.
- [11] 黎志勇, 史庆南. 固溶处理对Al-Zn-Mg-Cu系超强铝合金组织与硬度的影响 [J]. *金属热处理*, 2020, 45 (8): 185-188.
- [12] 刘懿芳, 田伟, 孙玥. Al-Zn-Mg-Cu系铝合金微合金化的研究进展 [J]. *有色金属材料与工程*, 2018, 39 (1): 38-41.
- [13] SHU W X, HOU L G, ZHANG C, et al. Tailored Mg and Cu contents affecting the microstructures and mechanical properties of high-strength Al-Zn-Mg-Cu alloys [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2016, 657: 269-283.
- [14] LI H, CAO F, GUO S, et al. Effects of Mg and Cu on microstructures and properties of spray-deposited Al-Zn-Mg-Cu alloys [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 719: 89-96.
- [15] WEN K, FAN Y, WANG G, et al. Aging behavior and fatigue crack propagation of high Zn-containing Al-Zn-Mg-Cu alloys with zinc variation [J]. *Progress in Natural Science: Materials International*, 2017, 27 (2): 217-227.
- [16] LIU F, ZHU X, JI S. Effects of Ni on the microstructure, hot tear and mechanical properties of Al-Zn-Mg-Cu alloys under as-cast condition [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2020, 821: 153458.
- [17] LIAO X, LI Y, DONG P, et al. Effect of minor Cr additions on dispersed phase and properties of Al-Zn-Mg-Cu-Zr alloys [J]. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 2020, 8 (2): 27-36.
- [18] MALEKAN M, EMAMY M, MOSSAYEBI N, et al. Effects of Al<sub>3</sub>Ni and Al<sub>7</sub>Cr intermetallics and T6 heat treatment on the microstructure and tensile properties of Al-Zn-Mg-Cu alloy [J]. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2020, 29 (5): 3432-3442.
- [19] XIAO Q, HUANG J, JIANG Y, et al. Effects of minor Sc and Zr additions on mechanical properties and microstructure evolution of Al-Zn-Mg-Cu alloys [J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2020, 30 (6): 1429-1438.
- [20] WANG K, YIN D, ZHAO Y, et al. Microstructural evolution upon heat treatments and its effect on corrosion in Al-Zn-Mg alloys containing Sc and Zr [J]. *Journal of Materials Research and Technology*, 2020, 9 (3): 5077-5089.
- [21] ZHAO H, CHEN Y, GAULT B, et al. (Al, Zn) 3Zr dispersoids assisted  $\eta'$  precipitation in an Al-Zn-Mg-Cu-Zr alloy [J]. *Materialia*, 2020, 10: 100641.
- [22] 孔晓华. 主合金成分对Al-Zn-Mg-Cu系超强铝合金组织与性能的影响 [D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [23] 徐振, 马廷跃, 刘洋, 等. Zn含量对Al-Zn-Mg-Cu铸轧板组织和裂纹的影响 (英文) [J]. *稀有金属材料与工程*, 2020, 49 (12): 4064-4071.

## Effect of Mg Content on Microstructure and Properties of Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr Casting Alloy for Sports Equipment

ZHAI Huan<sup>1</sup>, LI Guang-yu<sup>2</sup>, JIANG Wen-ming<sup>2</sup>, YU Yang<sup>2</sup>, WEI Hui-xin<sup>3</sup>

(1. School of Physical Education, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China; 3. Analytical and Testing Center, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China)

### Abstract:

In this paper, Al-6Zn-xMg-0.5Cu-0.1Zr aluminum alloy for sports equipment was prepared by the permanent mold casting, and the effect of Mg content on its microstructure and properties was studied. It was found that the grain size decreased gradually with the increase of the Mg content at the as-cast, and the second phases were mainly composed of the continuous meshy MgZn<sub>2</sub> phase and the dispersed and circular Al<sub>2</sub>MgCu. After heat treatment, most of the second phases were solidly dissolved into the matrix, and only a few aging precipitated phases were dispersed in the matrix in fine strips. However, with the Mg content reaching 2.6%, there were still a large amount of residual precipitated phases in the matrix. The tensile strength and yield strength of the alloy increased firstly and then decreased with the increase of the Mg content continuously. When the Mg content was 2.0%, the tensile strength and yield strength were high and reached the values of 470.8 MPa and 218.9 MPa, respectively, which were 21.2% and 13.3% higher than that with 2.6% Mg content, respectively.

### Key words:

Mg content; sports equipment; casting aluminum alloy; heat treatment; tensile property