

# 旋转磁场对 Al-Cu-Mn-Zr-V 合金组织和性能的影响

王 坤<sup>1</sup>, 高桂丽<sup>2</sup>, 许红雨<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨理工大学材料科学与化学工程学院, 黑龙江哈尔滨 150080;

2. 上海电子信息职业技术学院机械与能源工程学院, 上海 201411)

**摘要:** 以Al-Cu-Mn-Zr-V合金为研究对象, 在合金凝固过程中进行旋转磁场处理, 研究不同强度的磁场电流对Al-Cu-Mn-Zr-V合金凝固组织和力学性能的影响。试验结果表明: 随着磁场电流的增加, 合金的凝固组织呈现先细化后粗化的趋势, 力学性能呈现先增大后减小的趋势, 但均优于未处理的合金。旋转磁场处理后的合金晶界处的第二相分布更加密集, 综合性能显著提升。当磁场电流为160 A时, Al-Cu-Mn-Zr-V合金凝固组织和力学性能的改善效果最为显著, 其平均晶粒尺寸为90.5  $\mu\text{m}$ , 抗拉强度和伸长率达到峰值, 分别为243.16 MPa和11%。

**关键词:** Al-Cu-Mn-Zr-V合金; 旋转磁场处理; 晶粒细化; 凝固组织; 力学性能

铸造Al-Cu合金因具有良好的延展性和塑性以及较好的高温力学性能和易切削加工性等优点, 在航空航天、机械、电子等行业具有广阔的应用前景, 是目前高强度铸造铝合金的研究方向之一<sup>[1-3]</sup>。以Al-Cu合金为基础, 添加Mn、Ti等合金元素可形成一类强度高、可热处理、加工性能好的Al-Cu-Mn系高强铸造铝合金<sup>[4-5]</sup>。近年来, 随着高新技术的发展, 该类合金的研究和应用也越来越广泛, 国内外学者在Al-Cu-Mn系铝合金的合金成分设计、熔炼与铸造工艺、凝固组织调控等方面做了一系列的研究工作, 促进了该系合金的发展<sup>[6-8]</sup>。但Al-Cu-Mn系合金结晶温度区间宽, 凝固组织枝晶发达, 晶粒粗大, 力学性能差<sup>[9]</sup>。研究发现, 细化晶粒是改善金属材料性能最有效、最直接的方法, 通过细化晶粒可以有效地提高合金的力学性能。传统细化晶粒的方法主要是通过化学的方式在液态金属中加入孕育剂或变质剂, 这种方法存在污染并且孕育处理时效产生<sup>[10-11]</sup>。随着时代的进步, 物理外场调控凝固组织成为了比较热门的课题。研究人员发现在金属凝固过程中施加旋转磁场可以有效调控凝固过程, 细化晶粒、改善偏析; 此外, 电磁场设备简单、操作方便、无环境污染且细化效果显著。旋转磁场使金属熔体中产生强烈的涡流效应, 加快熔体的冷却速率, 促进合金形核, 同时使合金中非金属夹杂物及气泡上浮, 从而降低合金内部气泡及夹杂物的含量, 达到提高熔体纯净度, 改善凝固组织、提高力学性能的目的<sup>[12-13]</sup>。因此, 它们在材料的性能改善方面具有广阔的研究价值及应用前景。

目前专门针对Al-Cu-Mn-Zr-V合金凝固过程进行旋转磁场处理的研究鲜有报道, 对其他方面认识还不够深入。本文以Al-Cu合金为基础, 通过加入Mn、Zr、V、Ti等合金元素制备了一种Al-Cu-Mn-Zr-V合金, 并在其凝固过程中施加旋转磁场。通过微观组织观察、力学性能测试等方法, 研究了旋转磁场对Al-Cu-Mn-Zr-V合金凝固组织和性能的影响。

## 1 试验材料及方法

本试验参照ZL224合金成分, 通过成分配比浇注了一种Al-Cu-Mn-Zr-V合

作者简介:

王坤(1995-), 男, 硕士研究生, 主要从事高性能铝合金材料工艺开发及应用。  
E-mail: kunwang1004@163.com

通讯作者:

高桂丽, 女, 副教授。E-mail: gao-guili@163.com

中图分类号: TG146.21

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2023)

06-0695-07

收稿日期:

2022-10-10 收到初稿,

2022-11-22 收到修订稿。

金。配置合金所用的原料分别为：工业纯铝（含量99.99%），Cu、Mn、Ti分别为75%金属添加剂，Zr、

V分别为含量5%的中间合金。Al-Cu-Mn-Zr-V合金主要的化学成分范围如表1所示。

表1 Al-Cu-Mn-Zr-V合金化学成分  
Table 1 The chemical compositions of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloy

合金	Cu	Mn	Zr	V	Ti	Fe	Si	Al	$w_B/\%$
ZL224	4.5~5.5	0.20~0.50	0.10~0.25	0.02~0.15	≤0.35	≤0.1	≤0.06	余量	
Al-Cu-Mn-Zr-V	5.02	0.33	0.15	0.11	0.29	0.037	0.012	余量	

首先按照合金的配比计算出所需原料的重量，进行切割、称量。在整个试验过程中，均对所有使用的工具及原料进行预热干燥，以去除残留水分。将预热过的纯铝锭及铝锆、铝钒中间合金加入石墨坩锅中，电阻炉（SG-7.5-11型）升温至750℃，保温90 min，待炉料完全熔化，将铜、锰、钛三种合金添加剂加入到熔体中，静置25 min，充分搅拌使其混合均匀，采用精炼剂进行精炼除气，静置后将金属液浇注到放置在旋转磁场发生器（TSALEMS-360型，磁场电流值0~200 A可调）中的金属铸型（ $\Phi 86\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ ）中，在其凝固过程中采用不同的旋转磁场参数进行处理，旋转磁场处理过程如图1所示，具体试验参数如表2所示。待试样凝固后截取相同位置，进行组织和性能分析，拉伸试样及金相取样位置示意图如图2所示。

将所截取的金相试样按照粗磨、精磨、粗抛、精抛等标准程序制备成金相试样，采用阳极覆膜工艺对

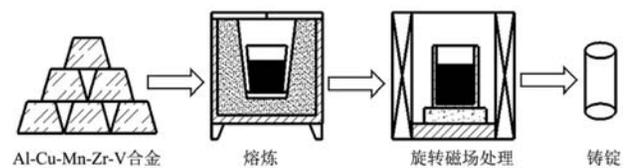


图1 旋转磁场处理过程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the rotating magnetic field treatment process

表2 旋转磁场处理试验参数

Table 2 Experimental parameters of the rotating magnetic field treatment

序号	磁场电流/A	磁场频率/Hz	处理时间/s	浇注温度/℃	铸型温度/℃
0	0	0	0		
1	80	6	120		
2	120	6	120	700 ± 10	150 ± 5
3	160	6	120		
4	180	6	120		

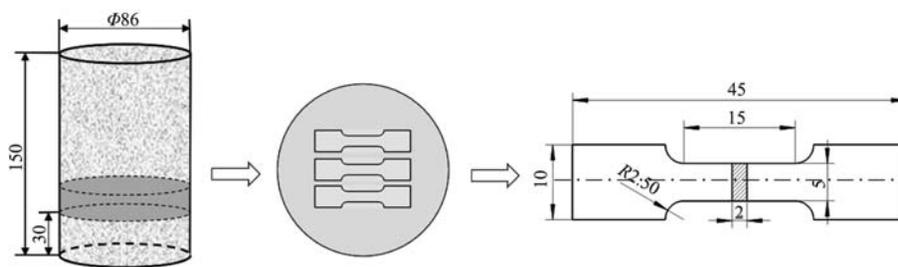


图2 拉伸试样及金相取样位置示意图

Fig. 2 Diagrams of the tensile specimen and metallographic sampling position

制备好的金相试样进行阳极覆膜，所用覆膜液比例为氟硼酸10 g : 100 mL水，电解参数为电压20 V，电流5 A，覆膜时间50~60 s，采用（OM，Leica LCMS301）金相显微镜的偏光模式观察合金组织形貌。采用国标《GB/T 6394—2002 平均晶粒度测定方法》中的截点法对平均晶粒尺寸进行测量。采用MTS-E44304微机控制电子万能试验机进行室温拉伸测试，采用FEI Qanta 200F型场发射扫描电镜观察合金拉伸试样的断口形貌，利用Zeiss Gemini 300扫描电子显微镜附带的EDS能谱仪进行面扫描分析，采用Smart Lab型X射线衍射仪进行物相分析。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 旋转磁场对 Al-Cu-Mn-Zr-V 合金冷却曲线的影响

金属凝固过程中温度场变化对其凝固组织有着十分重大的影响，掌握温度场变化的规律，可以有效预测凝固组织缺陷及微观组织的形貌。本试验采用测温法测量熔体温度场变化，通过将热电偶插入合金熔体中测出其温度随时间变化趋势，试验时将金属液倒入放置在磁场发生器中的铸型中，开启旋转磁场并采用MR-T8型智能温度记录仪监测凝固过程中的实时温

度。Al-Cu-Mn-Zr-V合金常规凝固和旋转磁场作用下凝固的冷却曲线如图3所示。图3a为Al-Cu-Mn-Zr-V合金冷却曲线及一阶微分曲线，可以看出，凝固过程共分为四个阶段：A-B阶段为液相冷却过程阶段，金属液浇注到温度较低的金属模具中，与其发生热交换，表现为熔体温度迅速下降；B-C阶段为初晶生长阶段，合金开始析出 $\alpha$ -Al相，并释放出大量的合金潜热；C-D阶段为共晶生长阶段，此阶段会析出 $\alpha$ -Al相和 $Al_2Cu$ 相。图3a中一阶微分曲线在B、C、D处出现显著的波动，根据金属凝固原理可知，合金熔体在此处发生相变，根据相变点对冷却曲线进行坐标标定，从而计算出Al-Cu-Mn-Zr-V合金处理前后的冷却速率如表3所示，冷却速率(CR)的计算方法如下<sup>[14]</sup>：

$$CR = \left| \frac{T_{\alpha, N} - T_s}{t_{liq} - t_s} \right| \quad (1)$$

式中： $T_{\alpha, N}$ 和 $t_{liq}$ 为 $\alpha$ -Al起始形核温度时间， $T_s$ 和 $t_s$ 为合金固相线温度及凝固结束时刻。

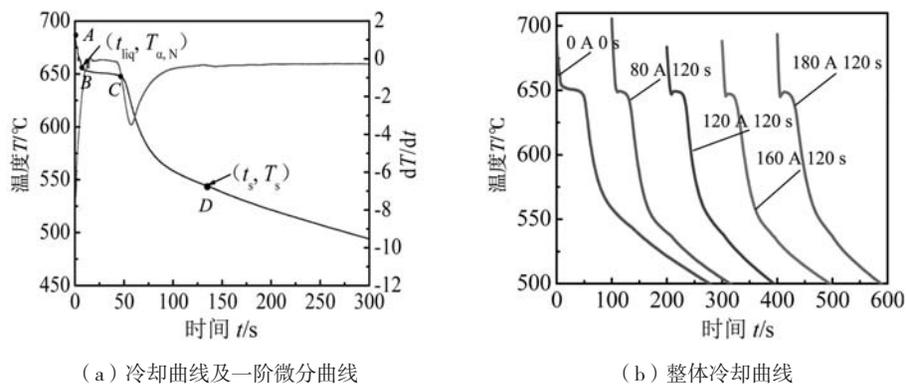
从表3可以看出，旋转磁场处理下，铝合金熔体的冷却速度明显比常规凝固的冷却速度快，图3a中B-C阶段为初晶平台，初晶平台为晶粒的长大时间，由图3b可以看出，施加旋转磁场后，其凝固的初晶平台均得到不同程度的缩短，且在磁场电流160 A时，晶粒生长的平台期最短，80 A、120 A、180 A次之，常规凝固的曲线平台最长。晶粒的生长时间与晶粒的细化程度成正

比，由此可知，在金属凝固过程中施加旋转磁场，可以加速熔体内热量的散失，提高了冷却速率，从而使晶粒长大的时间缩短，最终凝固组织得到有效细化。

## 2.2 旋转磁场对Al-Cu-Mn-Zr-V合金显微组织的影响

图4为常规凝固下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的凝固组织，通过显微组织和EDS面扫描分析可知，合金主要由白色的 $\alpha$ -Al基体和分布在晶界间的 $\theta$ ( $Al_2Cu$ )相组成。未处理的Al-Cu-Mn-Zr-V合金显微组织中分布着大量的非平衡共晶组织，呈连续网状结构，分布不均匀，由多种元素组成的共晶组织在晶界处存在严重的偏析。未处理的Al-Cu-Mn-Zr-V合金的平均晶粒尺寸为150.2  $\mu m$ ，晶粒比较粗大。

图5为不同磁场电流处理后的显微组织，通过与未处理的Al-Cu-Mn-Zr-V合金的显微组织对比发现，粗大Al基体由柱状晶转变为相对细小的等轴晶，晶粒组织细化明显且均匀，形状也更加圆整。图5a为磁场电流为80 A时，合金的显微组织，主要由一些细小圆整颗粒和等轴晶组成，其平均晶粒尺寸为120.2  $\mu m$ ，与常规凝固相比，晶粒尺寸得到明显细化。当磁场电流继续增大，晶粒也逐渐细化。当磁场电流为160 A时，晶粒细化最显著，其平均晶粒尺寸为90.5  $\mu m$ ，如图5c所示，其显微组织主要为细小均匀的等轴晶。当磁场电



(a) 冷却曲线及一阶微分曲线

(b) 整体冷却曲线

图3 Al-Cu-Mn-Zr-V合金常规凝固和旋转磁场作用下凝固的冷却曲线

Fig. 3 Cooling curves of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloys during solidification under conventional condition and rotating magnetic field

表3 Al-Cu-Mn-Zr-V合金旋转磁场处理前后熔体的冷却速率  
Table 3 Cooling rates of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloy melt before and after rotating magnetic field treatment

磁场电流/A	$T_{\alpha, N}/^{\circ}C$	$t_{liq}/s$	$T_s/^{\circ}C$	$t_s/s$	CR/( $^{\circ}C \cdot s^{-1}$ )
未处理	655.5	7.4	544.3	134.6	0.87
80	655.5	6.4	534.8	112.4	1.14
120	652.3	5.6	543.5	108.7	1.06
160	647.9	6.0	532.2	101.3	1.21
180	651.0	4.1	534.0	104.3	1.17

流为180 A时，其晶粒尺寸又开始出现增大的趋势，平均晶粒尺寸为100.8  $\mu m$ ， $\alpha$ -Al开始增大粗化，但其晶粒尺寸仍小于未经旋转磁场处理的合金组织。旋转磁场作用下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的平均晶粒尺寸变化如图5e所示。

Al-Cu-Mn-Zr-V合金旋转磁场处理后显微组织细化的主要原因是，由于经旋转磁场处理时，磁场发生器会产生交变磁场，交变磁场使合金内部产生感应电流，铝合金熔体中感生的电流密度 $J$ 和磁场强度 $B$ 之间

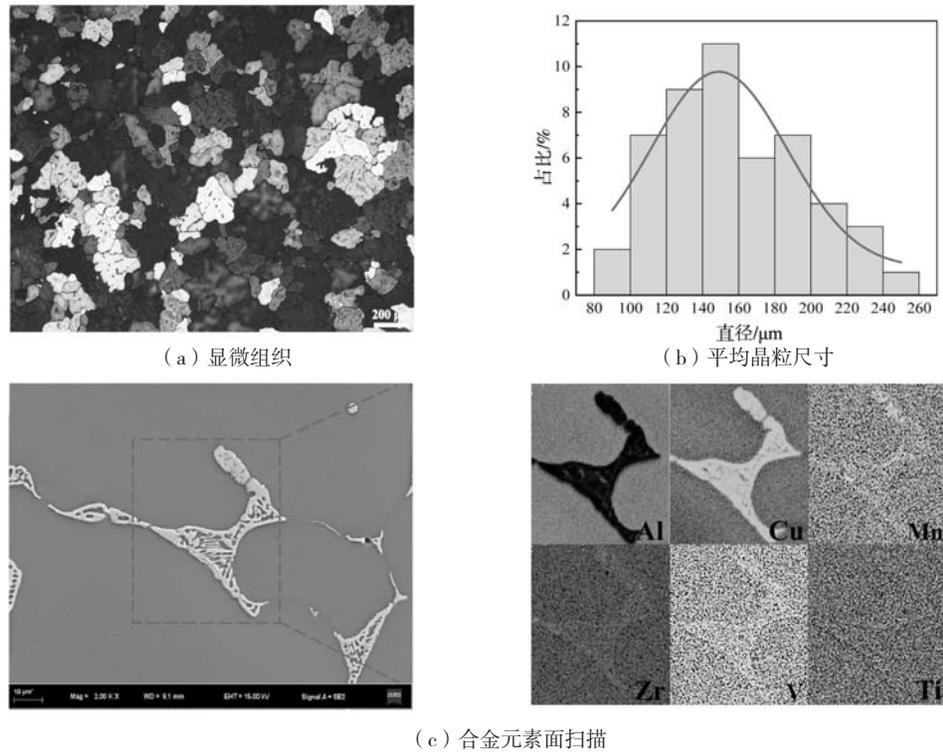


图4 常规凝固下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的凝固组织

Fig. 4 Microstructures of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloy under conventional solidification

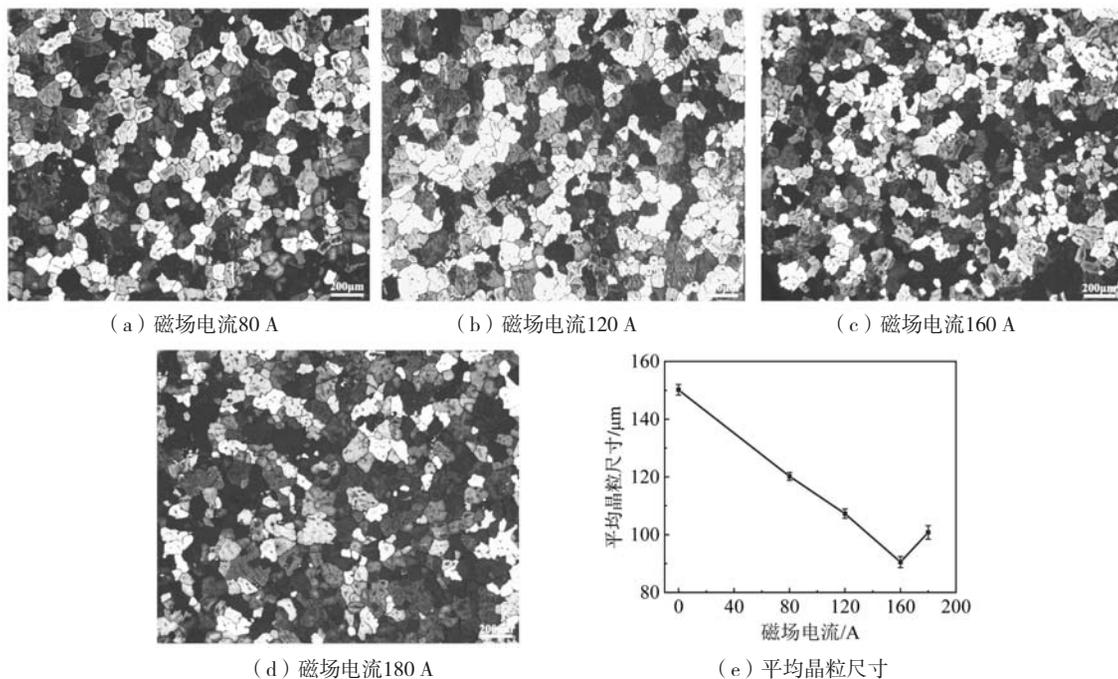


图5 不同磁场电流作用下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的金相组织和平均晶粒尺寸

Fig. 5 Microstructures and average grain sizes of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloys under different magnetic field currents

相互作用，产生了洛伦兹力 $F^{[15]}$ 。洛伦兹力 $F$ 使熔体产生强制对流，增加了熔体的冷却速度，使整体温度场更加均匀。当磁场电流增大时，铝合金熔体所受洛伦兹力 $F$ 增大，铝合金熔体所受的强制对流作用加强，旋

转磁场产生的强制对流使熔体迅速失去过热，增加了过冷度 $\Delta T$ 。结合液态金属凝固过程中非均质形核速率与液态金属温度的关系可推出，含有 $\Delta T$ 项的非均质形核的形核率公式为 $^{[16]}$ ：

$$\begin{cases} U_s = \frac{N_s k T}{h} \cdot \exp\left(-\frac{\Delta G_A}{k T}\right) \cdot \exp\left(-\frac{16\pi\sigma^3 T_m f(\theta)}{3(\Delta H)^2 (\Delta T)^2 k T}\right) \\ f(\theta) = \frac{1}{4} (2 + \cos\theta) (1 - \cos\theta)^2 \end{cases} \quad (2)$$

式中： $\theta$ 为新生晶体对异质晶核的接触角； $U_s$ 为单位时间单位体积的晶核数； $N_s$ 为单位面积上的原子总数； $k$ 为玻尔兹曼常量； $h$ 为普朗克常量； $T$ 为铝合金熔体的温度； $\Delta T$ 为过冷度； $\Delta G_A$ 为晶核和液相之间单位面积的自由能差； $\sigma$ 为原子跃迁扩散激活能； $T_m$ 为铝合金熔体的熔点。

由公式(2)可知，当铝合金熔体参数确定之后，除过冷度 $\Delta T$ 外其他参数均为定值，且形核半径 $r^*$ 与 $\frac{1}{\Delta T}$ 正比例关系，由此可知，旋转磁场作用下，过冷度 $\Delta T$ 变大，非均质形核临界形核半径 $r^*$ 变小。过冷度和临界形核功的关系满足<sup>[16]</sup>：

$$\Delta G^* = \frac{16\pi\sigma^3 T_m^2}{3(\Delta H)^2 (\Delta T)^2} \quad (3)$$

由公式(3)可知，当 $\Delta T$ 增大时，临界形核功 $\Delta G^*$ 变小，旋转磁场产生的强制对流也增大了铝合金熔体内结构起伏和能量起伏，这样可以促使较小的晶胚成为晶核，从而使晶核数增多，形核率 $U_s$ 增大，晶粒细化。

然而，当交变磁场施加在铝合金熔体上时，熔体内部产生感应电流，故熔体凝固过程中存在一定的焦耳热效应<sup>[17]</sup>，且焦耳热正比于感应电流的平方。当磁场电流增大时，感应电流增大，铝合金熔体中产生的焦耳热增大，使熔体温度升高，过冷度 $\Delta T$ 减小，形核率 $U_s$ 减小，晶粒粗化。

综上所述，在铝合金熔体中施加旋转磁场，会产生洛伦兹力和焦耳热两种效应。随着磁场电流的增加，若洛伦兹力的作用大于焦耳热效应，则晶粒细化；当两者作用相等时，细化效果最好；当磁场电流继续增大，焦耳热效应的作用效果大于洛伦兹力时，晶粒又开始出现粗化的趋势。

### 2.3 旋转磁场对 Al-Cu-Mn-Zr-V 合金力学性能的影响

图6为Al-Cu-Mn-Zr-V合金室温下的抗拉强度和伸长率随旋转磁场电流的变化曲线。可以看出，未经磁场处理（磁场电流为0）的合金凝固后抗拉强度和伸长率分别为177 MPa、5.1%。随着磁场电流的增加，合金的抗拉强度和伸长率显著提升。当磁场电流为160 A时，合金的抗拉强度和伸长率达到峰值，分别为243.16 MPa和11%，与未经磁场处理的合金相比，抗拉强度和伸长

率显著提升了37%和116%。这主要是由于在施加旋转磁场后原本粗大的 $\alpha$ -Al基体转变为细小的等轴晶，使晶界处的第二相组织分布更加密集，均匀分布的第二相可以使材料的强度、硬度显著提高。当磁场电流超过160 A后，合金的抗拉强度和伸长率又降低，这可归因于焦耳热效应的影响。

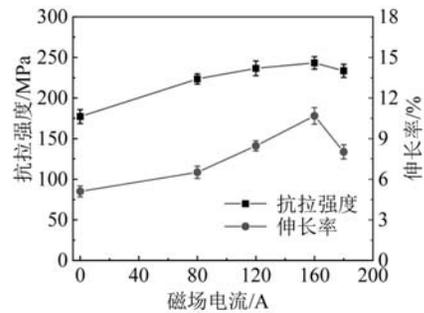


图6 Al-Cu-Mn-Zr-V合金抗拉强度和伸长率随旋转磁场电流的变化  
Fig. 6 Variations of the tensile strength and elongation of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloys with rotating magnetic field current

图7为不同磁场电流作用下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的断面形貌。未经旋转磁场处理的合金断面形貌中存在较多的撕裂棱和少量小而浅的韧窝，断裂表面上还存在一些解理面，因此断裂方式为混合断裂，如图7a所示。随着磁场电流的增加，韧窝的数量和尺寸明显增加，撕裂棱边缘缩短，解理面的数量减少，如图7b至图7e。研究表明<sup>[18]</sup>，韧窝深度和尺寸与材料的塑性密切相关，韧窝深度和尺寸的增加表明宏观塑性变形更好，塑性得到改善，这主要是由于旋转磁场处理后冷却速率增加，晶粒细化，晶粒分布更加密集，减少了拉伸过程中的应力集中，使抗拉强度和塑性得到一定的提升。

### 2.4 旋转磁场对 Al-Cu-Mn-Zr-V 合金结晶取向的影响

图8为未处理和施加旋转磁场处理后Al-Cu-Mn-Zr-V合金的X射线衍射图谱。可以看出，该合金主要由 $\alpha$  (Al) +  $\theta$  ( $Al_2Cu$ )相组成，因为其他元素含量较低，未检测出其他混合相。施加旋转磁场后的衍射峰较未处理前的衍射峰略微减小，这主要是旋转磁场促进了溶质原子向 $\alpha$ -Al基体中扩散，促进了金属形核，细化了晶粒组织，从而抑制了晶面的取向生长。此外，施加旋转磁场后， $Al_2Cu$ 相的衍射峰明显降低，说明旋转磁场使第二相组织尺寸减小，不能够产生明显的衍射。

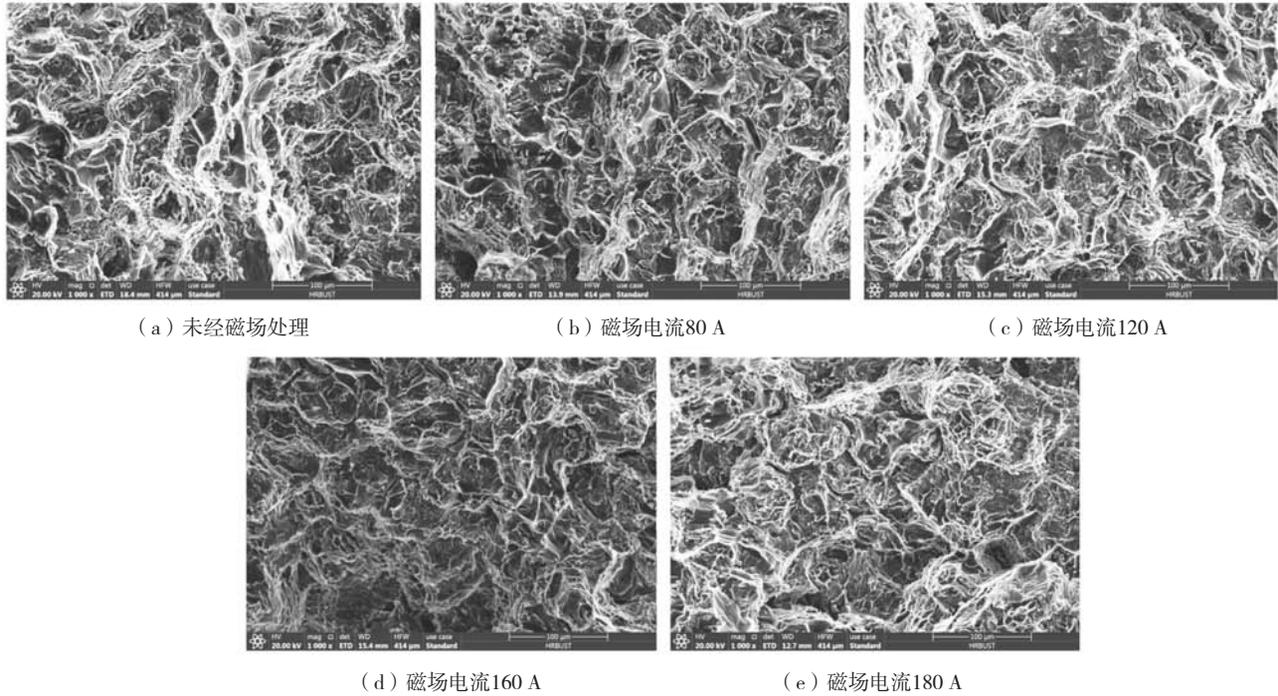


图7 不同磁场电流作用下Al-Cu-Mn-Zr-V合金的断口形貌

Fig. 7 Fracture morphologies of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloys under different magnetic field currents

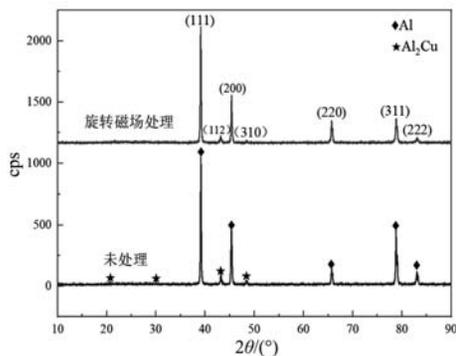


图8 未处理和旋转磁场处理后Al-Cu-Mn-Zr-V合金的X射线衍射图

Fig. 8 XRD patterns of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloys with and without rotating magnetic field

### 3 结论

(1) Al-Cu-Mn-Zr-V合金在施加旋转磁场后,可以加速熔体内热量的散失,提高了冷却速率,从而使晶粒长大的时间缩短,提高形核率,使金属凝固组织得到有效细化。随着磁场电流的增加,金属凝固组织细化到某一峰值时开始出现下降的趋势。在磁场电流为160 A时,金属凝固组织细化效果最好,平均晶粒尺寸 $90.5\ \mu\text{m}$ 。

(2) 经160 A磁场电流处理后的合金抗拉强度和伸长率分别达到243.16 MPa和11%,综合力学性能提升最显著,与未处理的合金相比,其抗拉强度和伸长率显著提升了37%和116%。旋转磁场使晶界处的第二相分布更加密集,减少了拉伸过程中的应力集中,使抗拉强度和塑性得到一定的提升。

#### 参考文献:

- [1] 陈复生, 秦秀丽, 陈明. ZL205A高强度铝合金薄壁壳体铸造工艺研究[J]. 铸造技术, 2021(2): 117-120.
- [2] 李利华, 毛健, 卢锦德, 等. 高强度铸造铝铜合金微观组织对性能的影响[J]. 热加工工艺, 2010, 39(5): 1-3.
- [3] 王玮, 张艳涛, 孙巧妍, 等. 冷却速率与T6热处理对铸造铝合金组织和性能的影响[J]. 铸造, 2022, 71(1): 34-38.
- [4] 龚习, 王恒强, 付敏敏, 等. 航空航天用Al-Cu-Mn系高强铝合金的研究进展[J]. 热加工工艺, 2015, 44(22): 6-10.
- [5] 曹景竹, 王祝堂. 铝合金在航空航天器中的应用(2)[J]. 轻合金加工技术, 2013, 41(3): 1-12.
- [6] 任忠鸣, 雷作胜, 李传军, 等. 电磁冶金技术研究新进展[J]. 金属学报, 2020, 56(4): 583-600.
- [7] 李利华, 毛健, 卢锦德, 等. 高强度铸造铝铜合金微观组织对性能的影响[J]. 热加工工艺, 2010, 39(5): 1-4.
- [8] 周旭, 刘祖铭, 黄兰萍, 等. Al-Cu-Mg-Mn-Sc-Zr铝合金的流变行为与热加工图[J]. 粉末冶金材料科学与工程, 2021, 26(4):

372-380.

- [9] 黄政, 陈乐凯, 朱益文, 等. Ti和脉冲磁场对Al-4.5Cu合金凝固组织的影响 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (15): 28-31.
- [10] 胡世平, 陈乐平, 周全, 等. 物理场对金属凝固组织影响的研究进展 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38 (7): 717-720.
- [11] 徐博聪. 铝合金凝固组织的细化方法和机理概述 [J]. 企业科技与发展, 2018, 442 (8): 77-78.
- [12] 张雷, 康凯娇, 石德全. 旋转磁场对铸造Al-Si合金凝固组织及硬度的影响 [J]. 铸造, 2021, 70 (12): 1385-1390.
- [13] 王建元, 陈长乐. 磁场作用下的金属凝固研究进展 [J]. 材料导报, 2006, 20 (5): 78-81.
- [14] 何敏, 张志峰, 毛卫民, 等. 复合环缝式电磁搅拌对7075铝合金挤压铸造组织及性能的影响 [J]. 特种铸造及有色合金, 2019, (8): 873-877.
- [15] 张敬, 方文华, 汤涛, 等. 有色金属直流电磁搅拌的多场耦合数值模拟分析与设计 [J]. 有色金属工程, 2020, 10 (9): 50-58.
- [16] 邢清源, 孟令刚, 杨守杰, 等. 电磁搅拌对5356铝合金显微组织的影响 [J]. 铸造, 2017, 66 (2): 112-117.
- [17] 黄立国, 付大军, 高志玉. 连续电流场在金属凝固过程中的应用研究 [J]. 材料工程, 2011 (4): 94-97.
- [18] 姚丽娟, 朱满, 坚增运, 等. Al-Si合金的晶粒细化与凝固行为研究 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (15): 9-11, 15.

---

## Effect of Rotating Magnetic Field on Microstructure and Properties of Al-Cu-Mn-Zr-V Alloy

WANG Kun<sup>1</sup>, GAO Gui-li<sup>2</sup>, XU Hong-yu<sup>1</sup>

(1. School of Materials Science & Chemical Engineering, Harbin University of Science & Technology, Harbin 150040, Heilongjiang, China; 2. School of Mechanical and Energy Engineering, Shanghai Technical Institute of Electronics and Information, Shanghai 201411, China)

### Abstract:

This paper takes Al-Cu-Mn-Zr-V alloy as the research object, the rotating magnetic field treatment was carried out during the solidification process, and the effects of different magnetic field currents on the microstructure and mechanical properties of Al-Cu-Mn-Zr-V alloy were studied. The experimental results showed that with the increase of the magnetic field current, the microstructure of the alloy tended to be refined first and then coarsened, and the mechanical properties tended to increase first and then decrease, but they are better than the untreated alloy. The distribution of the second phase at the grain boundary of the alloy treated by the rotating magnetic field was more concentrated and uniform, and the comprehensive performance was significantly improved. The improvements of the microstructure and mechanical properties of the Al-Cu-Mn-Zr-V alloy were most significantly when the magnetic field current was 160 A. The average grain size was 90.5  $\mu\text{m}$ , and the tensile strength and elongation reached the peak values of 243.16 MPa and 11 %, respectively.

### Key words:

Al-Cu-Mn-Zr-V alloy; rotating magnetic field treatment; grain refinement; microstructure; mechanical properties