

直流磁场对 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金凝固组织、结晶织构及力学性能的影响

谭水淋¹, 周全¹, 陈乐平¹, 肖程波², 汤鑫²

(1. 南昌航空大学, 江西 南昌 330063)

(2. 北京航空材料研究院 先进高温结构材料重点实验室, 北京 100095)

摘要: 研究了 0~1.2 T 的直流磁场对长周期结构增强 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金凝固组织、结晶织构及力学性能的影响。结果表明: 直流磁场可以细化合金的初生相, 减少 α -Mg 基体中 Y 元素的含量。随着磁场强度的增加, $\{11\bar{2}0\}$ 面织构先加强后减弱, 其转折点为 0.9 T, $\{10\bar{1}0\}$ 面织构逐渐增强; 合金的铸态抗拉强度和伸长率总体上逐渐提高, 当磁场强度为 0.9 T 时, 合金的综合力学性能最好, 其抗拉强度和伸长率较无磁场处理的试样相比分别提高了 96.6% 和 61.1%。

关键词: 直流磁场; $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金; 长周期结构; 结晶织构; 力学性能

中图分类号: TG146.2*2

文献标识码: A

文章编号: 1002-185X(2016)04-0934-06

镁合金具有密度小、比强度和比刚度高、减振和电磁屏蔽效果好、工艺性能优异及易回收等一系列优点, 在航空航天、交通运输等领域具有重要的应用价值和广阔的应用前景, 被誉为是 21 世纪最具发展前途的金属结构材料^[1,2]。最近研究发现, 长周期结构增强的镁合金具有很好的常温和高温力学性能, 明显优于传统的商用镁合金^[3]。Kawanura 等^[4]在铸态 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金中发现了 18R 的长周期结构相, 但是铸态长周期结构相增强的 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金由于其晶粒的粗大和长周期结构相的不均匀分布, 导致其力学性能较差。

如何较大程度上改善镁合金的力学性能已成为人们关注的焦点。常用的方法包括晶粒细化及第二相强化等。而结合镁合金室温滑移系少、形变各向异性强的特点, 用织构强化或软化来提高或合理利用镁合金的力学性能, 已成为镁合金研究领域的一个重要分支^[5]。目前关于镁合金织构的研究虽然开展了很多, 但主要集中在变形和再结晶织构方面, 对于铸造织构的研究则比较少。直流磁场在合金凝固过程中的主要作用是影响合金第二相的析出和结晶织构的形成^[6,7]。关于直流磁场对镁合金, 特别是对长周期结构相增强镁合金结晶织构和力学性能的研究报道较少。为此, 本实验研究了不同强度的直流磁场对长周期结构增强 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金凝固组织、结晶织构及力学性能的影响规律, 为铸态长周期结构相增强镁合金力学性能的提高开辟新途径。

1 实验

实验材料为 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金, 其主要化学成分(质量分数, %)如下: Y 6.84, Cu 2.46, Mg 余量。其中, Y 和 Cu 分别以 Mg-30%Y 和 Mg-30%Cu 中间合金的形式加入。实验时, 首先将 $\Phi 35\text{ mm} \times 65\text{ mm}$ 的合金试棒预热到 200 °C, 然后放入刚玉模具中, 在 99.5%CO₂+0.5%SF₆ 混合气体保护下的坩埚电阻炉中熔炼。为了减缓冷却速度, 增加磁场的作用时间, 刚玉模具外表面包有 3 层隔热保温材料。当合金完全熔化后, 在 750 °C 保温 10 min, 然后将合金熔体连同刚玉模具一起转移到磁场凝固装置的中心部位, 立即启动磁场装置直至合金完全凝固。本实验研究了 0, 0.3, 0.6, 0.9 及 1.2 T 的直流磁场对 $Mg_{97}Y_2Cu_1$ 合金凝固组织、结晶织构及力学性能的影响。

直流磁场凝固装置主要包括磁极、刚玉模具、金属熔体、通气管及耐火砖, 如图 1 所示。其中直流磁场的强度最高可达到 1.5 T, 刚玉模具的内外径分别为 $\Phi 36\text{ mm}$ 及 $\Phi 40\text{ mm}$, 高度为 70 mm。

将制备好的试样从中部沿平行于磁场方向剖开, 经研磨、抛光后, 采用 3% 的硝酸乙醇溶液进行化学腐蚀, 数码相机拍摄试样的宏观组织, 光学显微镜及扫描电子显微镜观察试样的微观组织, X 射线衍射仪测定试样的衍射图谱及织构。从晶粒内部随机选取 20 个测试点,

收稿日期: 2015-04-03

基金项目: 国家自然科学基金 (51261026); 航空科学基金 (20125356009)

作者简介: 谭水淋, 男, 1987 年生, 硕士生, 南昌航空大学航空制造工程学院, 江西 南昌 330063, 电话: 0791-83863021, E-mail: nhhztstl@sina.com

采用电子探针定量分析 α -Mg 基体中 Y 元素的平均含量。按 GB6397-86 制备室温力学性能拉伸试样，在 WDW-200D 型材料试验机上进行拉伸试验，其拉伸方向垂直于磁场方向；采用 Quanta 200 型扫描电子显微镜观察拉伸断口形貌。

2 结果与分析

2.1 合金的凝固组织

图 2 分别为无磁场和 0.3 T 磁场作用下合金的典型宏观凝固组织。从图中可以看出，无磁场处和磁场作用下合金的宏观组织均为等轴晶，但经过 0.3 T 的磁场处理后，合金的晶粒有所细化。

图 3 为不同磁场强度下合金的晶粒尺寸。从图中可以看出，随着磁场强度的增加，合金的晶粒尺寸先减小后增大，其转折点为 0.3 T；虽然直流磁场处理可以细化合金的晶粒，但效果不明显。

图 4 分别为无磁场和 0.3 T 磁场作用下合金的典型初生相形貌。从图中可以看出，无磁场处理时，合金的初生相主要以完整而又发达的枝晶形式存在；经过磁场处理后，合金的初生相为不完整的枝晶。

图 5 为不同磁场强度下合金第二相的 SEM 形貌及 EDS 分析位置。从图中可以看出，无磁场处理时，第

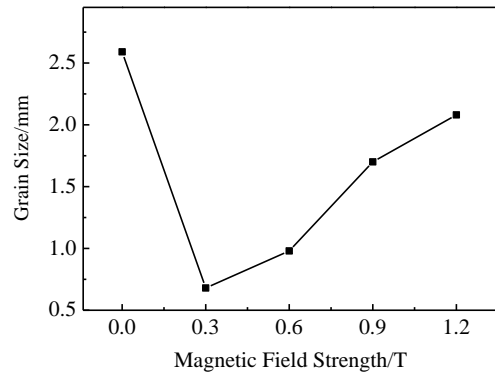


图 3 磁场强度对合金晶粒尺寸的影响
Fig.3 Effect of magnetic field strength on grain size of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy

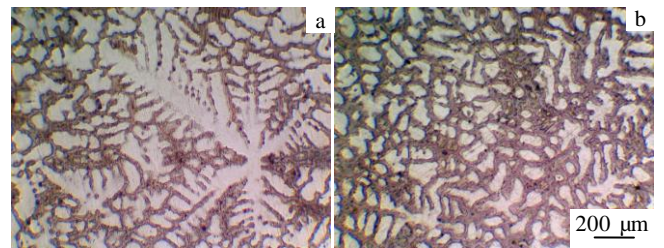


图 4 合金的典型初生相形貌
Fig.4 Typical morphology of primary phase of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy: (a) without treatment and (b) with DC magnetic field treatment (0.3 T)

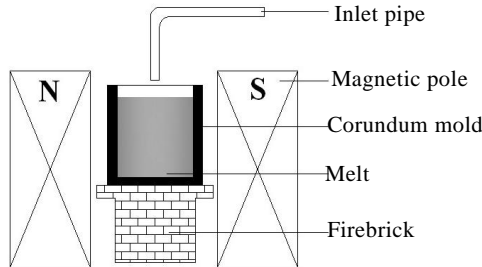


图 1 实验装置简图
Fig.1 Schematic of the experiment arrangement

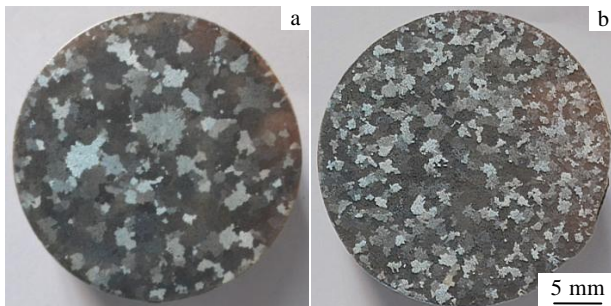


图 2 合金的典型宏观凝固组织
Fig.2 Typical macrostructure of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy: (a) without treatment and (b) with DC magnetic field treatment (0.3 T)

二相分布不连续；经过磁场处理后，第二相呈连续网络状，分布变得均匀，且体积分数有所增加。图 6 为不同磁场强度下合金基体中 Y 元素的含量。从图中可以看出，随着磁场强度的增加， α -Mg 基体中 Y 元素的含量逐渐减少。

表 1 为合金的能谱分析。由图 5 和表 1 可知，Mg₉₇Y₂Cu₁ 合金由两相组成，灰色衬度相主要为 Mg 元素，同时存在少量的 Y 元素；浅白色衬度相中 Mg、Y、Cu 元素的原子比接近 12:1:1。Kawanura 等^[4]认为 Mg₉₇Y₂Cu₁ 合金和 Mg₉₇Y₂Zn₁ 合金中第二相的原子结构相同，均为 18R 型的长周期结构相，由此可以判断灰色衬度相为 α -Mg 相，浅白色衬度相为 Mg₁₂Y₁Cu₁ 相。因此，在本实验的铸造冷却条件下，Mg₉₇Y₂Cu₁ 合金中可以形成 18R 型的长周期结构增强相。

无磁场条件下，初生 α -Mg 枝晶长大时，凝固前沿排出 Cu 及 Y 溶质，由于存在对流扩散，溶质在凝固界面前沿富集量较少，枝晶长大不受阻碍，因此枝晶比较粗大。熔体施加横向直流磁场时，溶质的扩散会受到抑制^[8]。当枝晶长大时，枝晶凝固前沿排出的 Cu 及 Y 溶质的对流扩散受到抑制，凝固前沿富集的溶质浓度增

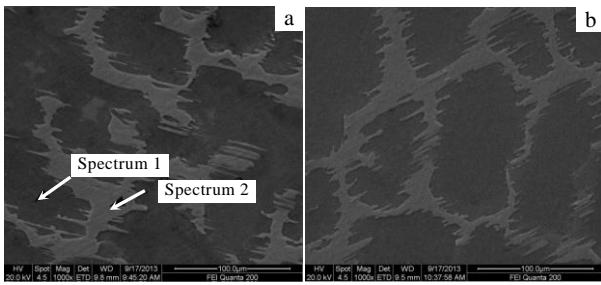


图 5 合金的典型第二相形貌及 EDS 分析位置

Fig.5 Typical morphology of second phase of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy and EDS analysis points: (a) without treatment and (b) with DC magnetic field treatment (0.3 T)

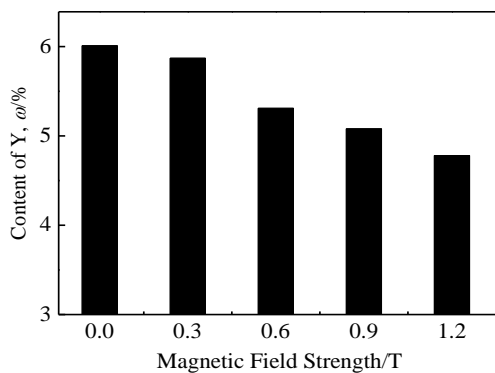


图 6 磁场强度对合金基体中 Y 元素含量的影响

Fig.6 Effect of magnetic field strength on content of Y in matrix of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy

表 1 图 5 中合金的能谱分析

Table 1 EDS analysis of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy in Fig.5 (at%)

Elements	Spectrum 1	Spectrum 2
Mg	98.79	83.11
Y	1.21	7.48
Cu	0	9.41

大，阻碍了初生 α -Mg 枝晶的进一步长大，导致晶粒细化。同时，直流磁场产生的磁流体动力学 (MHD) 效应抑制了金属熔体的自然对流及凝固收缩^[9]，使金属熔体内结构和能量起伏变小，导致形核率降低，合金晶粒粗化。在 0.3~1.2 T 范围内，直流磁场对凝固前沿溶质扩散的抑制作用一直处于主导地位，因此合金的晶粒均有所细化；当磁场强度为 0.3 T 时，在直流磁场各种效应的综合作用下，合金获得了最佳的晶粒细化效果；当磁场强度大于 0.3 T 时，MHD 效应随磁场强度的提高逐渐加强，因此，合金的晶粒逐渐粗化。

对于顺磁性物质，施加直流磁场引起系统 Gibbs 自由能变化为^[10]：

$$G_M = -\frac{1}{2} \mu_0 \chi H_{ex}^2 \quad (1)$$

式中： μ_0 为真空磁导率， H_{ex} 为外磁场强度， χ 为单位体积磁化率， G_M 为单位体积非铁磁物质的磁 Gibbs 自由能。

顺磁性物质的磁化率是正值，数值很小，约为 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 数量级^[11]，远远小于 1，所以有：

$$B = \mu \mu_0 H_{ex} = (1 + \chi) \mu_0 H_{ex} \approx \mu_0 H_{ex} \quad (2)$$

将式(2)代入(1)式：

$$G_M = -\frac{1}{2} \chi \frac{B^2}{\mu_0} \quad (3)$$

式中： μ 为相对磁导率， B 为磁场强度。由式(3)中可知，由于合金中 Mg₁₂Y₁Cu₁ 相和 α -Mg 基体相的磁化率不同，因此，在同一强度的磁场作用下，Mg₁₂Y₁Cu₁ 相的吉布斯自由能的降低和 α -Mg 基体相的吉布斯自由能的降低是不同的。如果前者的吉布斯自由能降低比后者的吉布斯自由能的降低更显著，将减小 Y 在 α -Mg 基体中的固溶度，在一定程度上有利于第二相的形成和析出。

Mg₉₇Y₂Cu₁ 合金的第二相主要围绕于 α -Mg 基体的晶界上形成，因而不完整及破碎的枝晶均有利于改善第二相的形态和分布，因此第二相分布变得连续及均匀。

2.2 合金的结晶结构

图 7 和图 8 分别为不同磁场强度下铸态合金 X 射线衍射图谱和 {0002}、{10 $\bar{1}0$ } 及 {11 $\bar{2}0$ } 面的极图。从图 7 可以看出，无磁场处理时，合金的三强峰所对应的晶面依次为 (0002)、{10 $\bar{1}0$ }、{10 $\bar{1}3$ }；当磁场强度为 0.3 T 时，合金的三强峰发生显著的变化，最强峰从 (0002) 面转移到 (10 $\bar{1}1$) 面，同时 (20 $\bar{2}1$) 面峰值提高；在 0.6~1.2 T 范围内，随着直流磁场强度的增加，合金的三强峰所对应的晶面均为 (10 $\bar{1}0$)、(11 $\bar{2}0$)、(10 $\bar{1}1$)，且 (10 $\bar{1}0$) 面峰值总体上逐渐提高。从图 8 可以看出，在 0~1.2 T 范围内，随着磁场强度的增加，合金在 {0002} 面织构均很弱且混乱，但在 {11 $\bar{2}0$ } 面织构先加强后减弱，其转折为 0.9 T，在 {10 $\bar{1}0$ } 面织构逐渐增强。

枝晶的生长都有一个晶体学择优生长方向，晶体学最优长大方向是密排面形成的锥体的主轴方向，晶体生长时这些方向上的生长线速度最大。常见金属中六方晶系的最优长大方向是 $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ ^[12]。无磁场处理时，合金 (10 $\bar{1}0$) 晶面的原子配位数较少，易于以粗糙界面形式出现，其长大按粗糙界面连续长大的方式进行，因此长大速度很快，(10 $\bar{1}0$) 晶面在其垂直方向上的推进，势必为密排晶面 (0002) 的侧向扩展提供原子附着台阶，结果表面被 (0002) 晶面所覆盖，因此在 (0002) 面的 X 射线衍射峰最强。

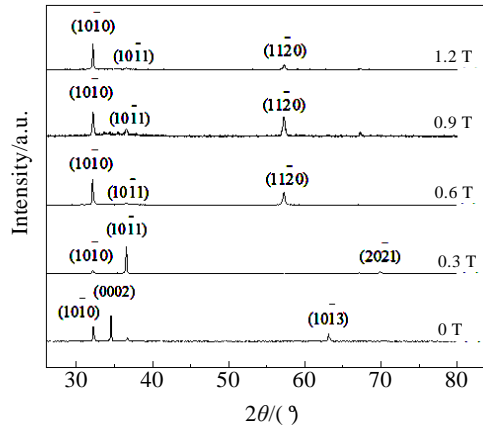


图 7 磁场强度对合金 X 射线衍射图谱的影响

Fig.7 Effect of magnetic field strength on XRD patterns of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy

金属熔体凝固过程中施加直流磁场，晶体的取向时间可以定义为^[13]：

$$T_a = \frac{4\eta f(k)}{\mu_0(\chi_a - \chi_c)H_{ex}^2} \ln\left(\frac{\tan \theta^*}{\tan \theta_0}\right) \quad (4)$$

其中

$$H_{ex} = \frac{B}{\mu_0(1 + |\bar{\chi}|)}, \quad |\bar{\chi}| = \sqrt{\chi_a^2 + \chi_c^2} \quad (5)$$

式中： T_a 为晶体的取向时间， η 为熔体动力学粘度， $f(k)$ 为关于晶粒长径比的单调递增函数， χ_a 为沿椭球 a 轴的磁化率， χ_c 为沿椭球 c 轴的磁化率， θ_0 为晶粒转动的初始角， θ^* 为晶粒转动的终止角， $\bar{\chi}$ 为晶粒的磁化率。式(5)表明晶体的取向时间不仅与磁场强度有关系，同时还受到熔体粘度，磁化率的差及晶粒长径比的影响。因此，要缩短组织相的取向时间，最好的办法是提高磁场强度，其次可适当升高温度以减小熔体粘度。式(5)也表明在较低强度的磁场作用下，增加磁场的凝固处理时间（即取向时间）也可以改变晶体的结晶取向。张邦文等^[13]研究表明，即使在 0.1 T 的直流磁场下，经过大约 15 min，Bi-2122 合金也可以完成晶粒取向。为了得到有择优取向的晶体晶面，本实验通过在刚玉模具外表面包裹 3 层隔热保温材料，以减缓合金熔体的冷却速度，将合金熔体的凝固时间控制在 90 s 左右，从而达到在 0.3~1.2 T 的直流磁场下改变晶体结晶取向的目的。

朱耀明认为不同晶面的单晶金属的磁化各向异性是非常明显的，这种方向性是由于晶面的原子密度不同所引起的，原子间距改变时，磁性状态发生变化^[14]。由于{10 $\bar{1}0$ }及{11 $\bar{2}0$ }面的结晶结构在直流磁场作用下变化明显，因此可以推断合金的{11 $\bar{2}0$ }及{10 $\bar{1}0$ }

面的磁化率可能大于{0002}。在直流磁场的作用下，吉布斯自由能降低最强烈的晶面应该是磁化率较大的晶面{10 $\bar{1}0$ }及{11 $\bar{2}0$ }，而不是密排面{0002}，这样就会造成择优生长方向受到抑制，生长速度变慢，也就是说磁场会通过降低择优生长方向的驱动力从而影响晶粒的长大过程而使合金产生明显的结晶取向或组织。因此，直流磁场使合金的 X 射线衍射图谱和结晶结构产生显著的影响，最强峰从(0002)面转移到(10 $\bar{1}0$)面，磁化率较大的{10 $\bar{1}0$ }及{11 $\bar{2}0$ }面织构增强。

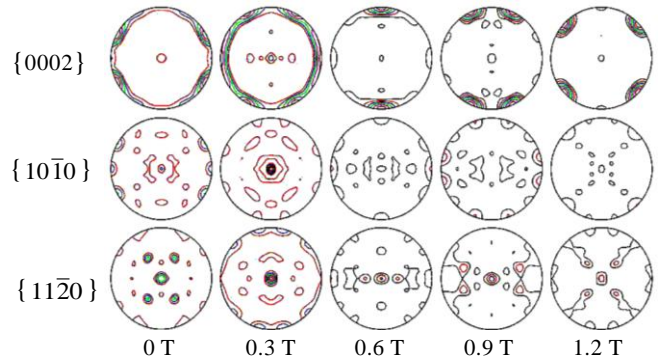


图 8 磁场强度对合金{0002}、{10 $\bar{1}0$ }及{11 $\bar{2}0$ }面极图的影响

Fig.8 Effect of magnetic field strength on {0002}, {10 $\bar{1}0$ } and {11 $\bar{2}0$ } pole figures of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy

2.3 合金的力学性能

图 9 为的不同强度的磁场下合金的铸态力学性能。从图中可以看出，随着磁场强度的增加，合金的抗拉强度和伸长率总体上逐渐提高；当磁场强度为 0.9 T 时，合金的综合力学性能最好，其抗拉强度和伸长率较无磁场处理的试样相比分别提高了 96.6% 和 61.1%。Mg₉₇Y₂Cu₁ 合金为长周期结构相强化的合金，其性能除了取决于晶粒尺寸，第二相的分布和体积分数也具有重要的影响。当磁场强度为 0.3 T 时，合金的晶粒最为细小，长周期结构相分布最均匀，从而提高了合金的强度和塑性。当磁场强度大于 0.3 T 时，合金的晶粒逐渐粗化，但力学性能反而逐渐提高，说明晶粒尺寸对合金力学的影响非常小。这是因为多晶材料的力学性能同时受晶粒尺寸和晶体学织构的共同影响^[5]。

通常滑移系开动的临界分切应力、Schmid 因子及多晶体强度三者的关系可以表示为^[15]：

$$\tau = \mu\sigma \quad (6)$$

式中： μ 为 Schmid 因子， τ 为滑移系开动所需的临界分切应力， σ 为多晶体的强度。

从合金试样的 X 射线晶面极图分析可以看出，当

磁场强度在 0.6~1.2 T 范围内, 合金晶粒具有强烈的 $\{10\bar{1}0\}$ 及 $\{11\bar{2}0\}$ 织构。拉伸时 $\{10\bar{1}0\}$ 及 $\{11\bar{2}0\}$ 面的滑移系 Schmid 因子较大而容易启动, 更多的滑移模式被激活, 导致合金的伸长率提高。 $\{10\bar{1}0\}$ 及 $\{11\bar{2}0\}$ 面属于棱柱面滑移系, 其临界分切应力 (CRSS) 约为基面滑移系的 100 倍^[16]。Matsuda 等^[17]发现对于存在 LPSO 相的晶粒, 基面上没有位错, 而是存在大量的 c+a 型位错, 表明 LPSO 相的形成导致滑移系开动的临界切应力显著增加。式(6)中可知, 虽滑移因子稍微提高, 但滑移系开动的临界切应力增加更大, 因此, 合金的抗拉强度显著增加。

图 10 是无磁场和 0.9 T 磁场作用下合金拉伸断口的 SEM 形貌。从图中可以看出, 无磁场作用下合金试样的断口比较光滑平坦, 具有少量的条状撕裂棱, 呈典型的解理脆性断裂特征; 经磁场处理后, 合金试样的断口具有大量高密度的短而弯曲的撕裂棱, 并具有明显的河流花样, 呈典型的准解理断裂特征。产生这种现象的原因主要是施加磁场处理后, 合金在 $\{10\bar{1}0\}$ 及 $\{11\bar{2}0\}$ 面形成了明显的结晶织构, 塑性得到显著提高。

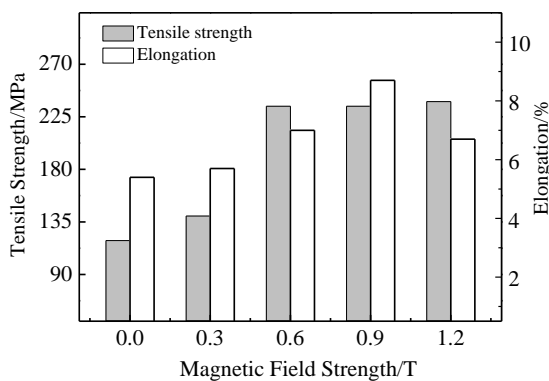


图 9 磁场强度对合金力学性能的影响

Fig.9 Effect of magnetic field strength on mechanical properties of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy

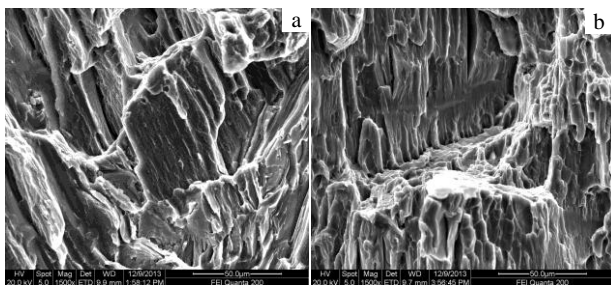


图 10 合金拉伸断口的 SEM 照片

Fig.10 SEM images of the Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy: (a) without treatment and (b) with DC magnetic field treatment (0.9 T)

3 结 论

1) 直流磁场处理可以改善合金的凝固组织, 但效果不明显; 随着磁场强度的增加, α -Mg 基体中 Y 元素的含量逐渐减少, 合金的晶粒尺寸先减小后增大, 当磁场强度为 0.3 T 时, 合金的晶粒最为细小。

2) 随着磁场强度的增加, 合金的结晶织构发生了显著的变化, X 射线衍射图谱的最强峰从(0002)面转移到 $(10\bar{1}0)$ 面, $\{0002\}$ 面织构很弱且混乱, 而 $\{11\bar{2}0\}$ 面织构先加强后减弱, 其转折点为 0.9 T, $\{10\bar{1}0\}$ 面织构逐渐增强。

3) 随着磁场强度的增加, 合金的铸态抗拉强度和伸长率总体上逐渐提高; 当磁场强度为 0.9 T 时, 合金的综合力学性能最好, 其抗拉强度和伸长率较无磁场处理的试样相比分别提高了 96.6% 和 61.1%。

参考文献 References

- [1] Matsuda M, Ii S, Kawamura Y *et al. Materials Science and Engineering A*[J], 2004, 386(1-2): 447
- [2] Yan Yunqi(闫蕴琪), Zhang Tingjie(张廷杰), Deng Ju(邓 炬) *et al. Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2004, 33(6): 561
- [3] Shao X H, Yang Z Q, Ma X L. *Acta Material*[J], 2011, 59(9): 3646
- [4] Kawanura Y, Kasahara T, Izumi S *et al. Scripta Materialia*[J], 2006, 55(5): 453
- [5] Chen Zhenhua(陈振华), Xia Weijun(夏伟军), Chen Yongqi(程永奇) *et al. The Chinese Journal of Nonferrous Metals*(中国有色金属学报)[J], 2005, 15(1): 1
- [6] Wang Hui(王 晖), Ren Zhongming(任忠鸣), Xu Kuangdi(徐匡迪) *et al. Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2005, 34(7): 1033
- [7] Ban Chunyan(班春燕), Ba Qixian(巴启先), Cui Jianzhong(崔建忠) *et al. Journal of Northeastern University, Natural Science*(东北大学学报, 自然科学版)[J], 2002, 23(8): 779
- [8] Li Guimao(李贵茂), Liu Yan(柳 艳), Zhou Xingzheng(邹兴政) *et al. Journal of Functional Materials*(功能材料)[J], 2013, 44(15): 2197
- [9] Zhang Weiqiang(张伟强). *Electromagnetic Solidification Principle and Technology of Metals*(金属电磁凝固原理与技术)[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2004: 6
- [10] Wang Hui(王 晖), Ren Zhongming(任忠鸣), Xu Kuangdi(徐匡迪) *et al. The Chinese Journal Nonferrous Metals*(中国有色金属学报)[J], 2004, 14(6): 945
- [11] Cui Jianzhong(崔建忠), Ba Qixian(巴启先), Ban

- Chunyan(班春燕) *et al.* *Electromagnetic Metallurgy of Light-alloy*(轻合金电磁冶金)[M]. Shenyang: Northeastern University Press, 2005: 116
- [12] Hu Hanqi(胡汉起). *Solidification Theory of Metal, the 2nd Edition*(金属凝固原理, 第2版)[M]. Beijing: China Machine Press, 2000: 128
- [13] Zhang Bangwen(张邦文), Ren Zhongming(任忠鸣), Wang Hui(王晖) *et al.* *Acta Metallurgica Sinica*(金属学报)[J], 2004, 40(6): 604
- [14] Zhu Yaoming(朱耀明). *Journal of Instrument Materials*(仪表材料)[J], 1982, 13(6): 25
- [15] Kim W J, Park J D, Wang J Y *et al.* *Scripta Materialia*[J], 2007, 57(8): 755
- [16] Kim W J, Lee J B, Kim W Y *et al.* *Scripta Materialia*[J], 2007, 56(4): 309
- [17] Matsuda M, Ando S, Nishida M. *Materials Transactions*[J], 2005, 46(2): 361

Effect of DC Magnetic Field on Solidified Structure, Crystal Texture and Mechanical Properties of Mg₉₇Y₂Cu₁ Alloy

Tan Shuilin¹, Zhou Quan¹, Chen Leping¹, Xiao Chengbo², Tang Xin²

(1. Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

(2. Science and Technology on Advanced High Temperature Structure Materials Laboratory, Beijing Institute of Aeronautical Material, Beijing 100095, China)

Abstract: Solidified structure, crystal texture and mechanical properties of Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy reinforced by long period ordered structure under DC magnetic field (0~1.2 T) were studied. The results show that primary grain size and content of Y in matrix of the alloy decrease with DC magnetic field treatment. With the increase of magnetic field strength, the { 11 $\bar{2}$ 0 } plane texture rises firstly, then weakens, and the turning point is 0.9 T; while the { 10 $\bar{1}$ 0 } plane texture rises gradually. The strength and elongation of the alloy increase gradually. When the magnetic field strength is 0.9 T, comprehensive mechanical properties of the alloy are the best. Tensile strength and elongation of the alloy are increased by up to 96.6% and 61.1%, respectively, compared with the sample without treatment.

Key words: DC magnetic field; Mg₉₇Y₂Cu₁ alloy; long period ordered structure; crystal texture; mechanical properties

Corresponding author: Tan Shuilin, Candidate for Master, School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, P. R. China, Tel: 0086-791-83863021, E-mail: nhhztsl@sina.com