

固溶处理对 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金组织和性能影响

李春雨 刘 运 宋 洁 韦皓博 阮世会 陈洁仪 吴宗钢 杨明波
(重庆理工大学材料科学与工程学院)

摘 要 研究了固溶处理对 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 铸造镁合金显微组织和力学性能的影响。结果表明,铸态和固溶态组织主要由 α -Mg 基体和 $Mg_{17}Al_{12}$ 相组成,经过 400、410 和 420 $^{\circ}C$ 保温 18 h 固溶处理后,第二相的种类没有发生变化,大量的 $Mg_{17}Al_{12}$ 相溶入到 α -Mg 基体中,合金组织中残留了少量颗粒状 Al_4Mn 相,同时也出现了梅花状 $Mg_{17}Al_{12}$ 相。此外,合金经 400 $^{\circ}C \times 18$ h 处理后,晶粒细化程度最好,且表面清晰平整无缺陷,其室温力学性能得到了明显改善,抗拉强度、屈服强度和伸长率分别达到了 184.1 MPa、135.5 MPa 和 8.9%。

关键词 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金;固溶处理;显微组织;力学性能

中图分类号 TG146.22;TG156.94

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.03.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Solution Treatment on Microstructure and Mechanical Properties
of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn Alloy

Li Chunyu, Liu Yun, Song Jie, Wei Haobo, Ruan Shihui, Chen Jieyi, Wu Zonggang, Yang Mingbo
(College of Materials Science and Engineering, Chongqing University of Technology)

Abstract: The effects of solution treatment on the microstructure and mechanical properties of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn cast magnesium alloy were investigated. The results indicate that the as-cast and solid-solution microstructures of the experimental alloy are mainly composed of α -Mg matrix and $Mg_{17}Al_{12}$ phase. The $Mg_{17}Al_{12}$ phase is dissolved into the α -Mg matrix, and a small amount of granular Al_4Mn phase remains in the alloy structure, and the plum-like $Mg_{17}Al_{12}$ phase also appears. In addition, with the test alloy treated at 400 $^{\circ}C \times 18$ h, the grain refinement reaches the minumum value, and the surface presents clear and smooth without defects, and its ambient tensile properties are significantly improved, where the tensile strength, yield strength and elongation reach up to 184.1 MPa, 135.5 MPa, 8.9%, respectively.

Key Words: Mg-6Al-3Zn-0.25Mn Alloy, Solution Treatment, Microstructure, Mechanical Properties

镁合金具有密度小,比强度、比刚度高以及良好的铸造加工性能和电磁屏蔽性能等特点,在汽车、航空航天领域得到广泛应用^[1-4]。目前,Mg-Al 系铸造镁合金应用前景较为广阔,但相比稀土镁合金,其强度低、塑性差等^[5-8]导致不能满足一些耐高温、强韧零部件的要求,这也在很大程度上限制了其应用,因此,提高铸造镁合金的强度和塑性十分重要。目前,有效提高铸造镁合金强度和塑性的方式主要有(微)合金化和热处理。除了从优化合金成分方面进行研究外,也从热处理影响 Mg-Al 系铸造镁合金组织性能方面开展了研究^[9-11]。合金经过热处理后容易造成晶格畸变,位错移动受到阻碍,从而提高合金的力学性能。韩茜等^[12]研究了固溶时效处理对 Mg-10Al-1Zn 镁合金组织与性能的影响,发现

经过固溶处理后合金抗拉强度和屈服强度相比铸态分别提升了 68.58% 和 11.19%,伸长率提高至 5.74%。王瑞权等^[13]通过对 AZ91D 镁合金进行固溶处理,发现合金的抗拉强度从铸态的 178 MPa 增加至 235 MPa,综合力学性能明显提高。杨玲等^[14]通过研究 T4、T6 处理对 AZ80 镁合金的强化作用,发现经过 T4 处理后,合金的抗拉强度、屈服强度、伸长率分别达到了 163.9 MPa、70.8 MPa 和 8.2%,固溶强化效果明显。目前,国内外对于 Mg-Al 系铸造镁合金的研究报道很多,但对于 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 铸造镁合金的关注较少。基于此,本研究通过前期制备该试验合金,研究固溶处理对 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 铸造镁合金显微组织和力学性能的影响,以期对 Mg-Al 系合金的研制开发提供参考。

收稿日期:2022-05-02;修改稿收到日期:2022-05-29
基金项目:重庆市技术创新与应用发展专项资助项目(cstc2019jcsx-mbdcX0031;cstc2020jcsx-msxmX0215)
第一作者简介:李春雨,男,1997 年出生,硕士研究生,重庆(400050),E-mail: 1308875677@qq.com
通信作者:杨明波,男,1972 年出生,教授,重庆(400050),E-mail: yangmingbo@cqut.edu.cn
引用格式:李春雨,刘运,宋洁,等. 固溶处理对 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金组织和性能影响[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(3):394-399.
LI C Y, LIU Y, SONG J, et al. Effects of solution treatment on microstructure and mechanical properties of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy[J].
Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(3):394-399.

1 试验材料及方法

制备 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn(质量分数,下同)合金的原材料采用纯 Mg、Al 和 Zn(质量分数均 >99.9%) 和 Mg-4Mn 中间合金,其化学成分见表 1。在坩埚电阻炉中进行熔炼,期间通入 CO₂、SF₆ 体积比为 10 : 1 的混合保护气直至熔炼结束。熔炼时先将试验原材料烘干,并将电阻炉预热至 500 ℃ 后放入 45 号钢质坩埚内,待坩埚烧至通红后放入纯 Mg 并将温度上调至 720 ℃,直至纯 Mg 完全熔化后依次放入纯 Al、纯 Zn 和 Mg-4Mn 中间合金。最后,合金全部熔化后将温度升至 740 ℃ 进行 C₂Cl₆ 精炼处理,同时将模具放入热处理炉中进行 300 ℃ 预热。待精炼处理结束后,用扒渣勺扒去坩埚底部和熔液表面的杂质,然后顺时针搅拌 2~3 min,在 720 ℃ 静置保温 20 min 后迅速浇注到预热好的模具中,待金属液凝固后取出铸锭(尺寸为 φ65 mm×200 mm)。从铸锭上打磨取下 10 mg 左右的试样用于 DSC 测试,再将铸锭加工进行显微组织和力学性能测试。

表 1 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的化学成分

Tab.1 Chemical composition of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy %			
wt%			
Al	Zn	Mn	Mg
6.08	3.15	0.26	余量

针对固溶处理,首先通过 DSC 差热分析测试来确定固溶的温度范围,在耐驰 STA449F3 型 DSC-TG 差热分析仪上进行,将 10 mg 左右的试样在 700 ℃ 保温 5 min(氩气保护),然后冷却至 100 ℃,加热和冷却速率均为 15 ℃/min。在热处理炉中进行固溶处理,根据制定的固溶工艺将试样在不同的固溶温度下分别保温 18 h 后进行空冷。

使用体积分数为 4% 的硝酸酒精溶液和腐蚀液(10 mL 的冰醋酸+10 mL 的蒸馏水+50 mL 的无水乙醇+饱和苦味酸)对合金的铸态和固溶态试样进行腐蚀,然后经无水乙醇冲洗吹干后用 Leica DMI8 光学显微镜、蔡司 IGM A HDTM 场发射扫描电镜以及 JSM-6460LV 钨灯丝扫描电镜对试样进行金相组织形貌和微观组织结构观察分析,并在 PANalytical Empyrean

Series 2 型 X 射线衍射仪上进行第二相的相组成分析。用 HXS-2000Z 自动转塔数显显微硬度计测试合金试样的显微硬度,载荷为 0.98 N,保压 15 s,每个试样测 15 点取平均值。用 CMT-5000 型拉伸试验机以 2 mm/min 的速率测试室温力学性能,拉伸试样尺寸见图 1。

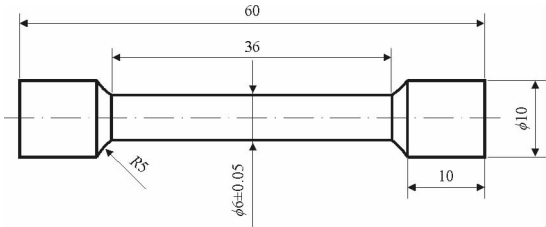


图 1 拉伸试样尺寸
Fig.1 Dimension of tensile specimen

2 试验结果与分析

2.1 铸态显微组织

图 2 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金铸态和固溶态的 XRD 图谱。可见 4 种状态下合金均由 α-Mg 基体和 Mg₁₇Al₁₂ 相组成。但随着固溶温度升高,基体特征三强峰逐渐增强, Mg₁₇Al₁₂ 相衍射峰强度下降,这表明 Mg₁₇Al₁₂ 相随着固溶温度的升高逐渐溶入到基体中。图 3 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 铸态合金的金相组织和 SEM 组织。从图 3a 可以看出,合金的铸态组织主要由大量的灰白色 α-Mg 基体和连续网状交错的黑色树枝

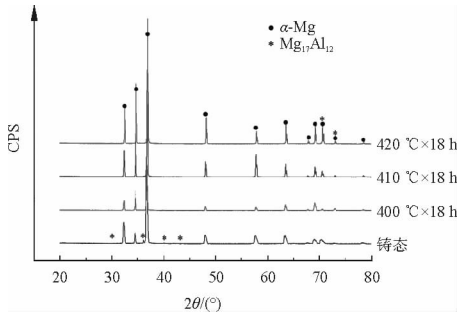


图 2 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金铸态和固溶态的 XRD 图谱
Fig.2 XRD patterns of the as-cast and solid-solution alloys at different temperatures

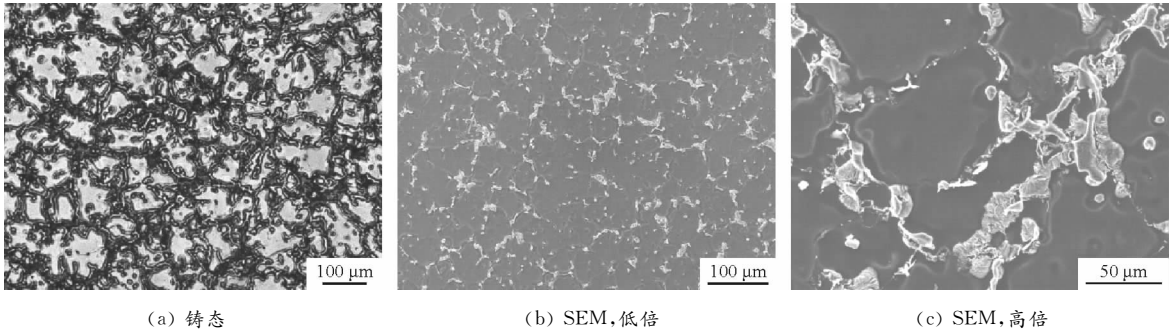


图 3 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的铸态金相组织和 SEM 形貌
Fig.3 As-cast metallographic structure and SEM morphologies of test alloys

晶组成,这主要是由于晶粒内部化学成分不均匀,导致凝固过程中元素不平衡分布形成枝晶偏析,并且合金中 Zn 的含量高,能降低合金的凝固终了温度,使得晶界附近的第二相数量增多,枝晶连续性增强。黑色第二相主要呈不连续网状、颗粒状和骨骼状(见图 3b 和图 3c),从图 3c 中可以进一步看出,晶界附近存在大量的层片状的共晶组织,这可能是合金凝固过程中元素出现的局部集聚现象。基于 XRD 测试结果并结合 EDS 分析,不连续网状、骨骼状第二相均是 $Mg_{17}Al_{12}$ 相,这也与其他 AZ 系镁合金的分析结果一致^[15]。

2.2 固溶态显微组织

图 4 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金铸态时的 DSC 差热分析结果。可以明显看出,合金的分析曲线存在 413 ℃ 和 620 ℃ 两个吸热峰,分别对应了共晶转变(a) $L_1 \rightarrow \alpha-Mg + Mg_{17}Al_{12}$ 和匀晶转变(b) $L \rightarrow \alpha-Mg + L_1$ 。基于考虑误差浮动范围,分别将 400、410 和 420 ℃ 作为固溶处理温度,以研究试验合金固溶处理后组织和性能的变化。

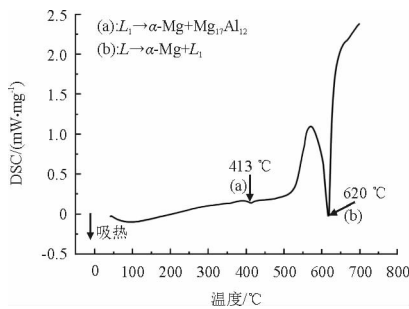


图 4 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的 DSC 差热分析曲线
Fig.4 DSC differential thermal analysis curve of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy

图 5 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同固溶温度下保温 18 h 的金相组织。可以看出,当固溶温度升高至 410 ℃ 时,晶界变得模糊不清,晶粒的尺寸比 400 ℃ 时略大,第二相的数量稍有增多。420 ℃ 时晶粒有变大的趋势,并且合金组织中存在少量粗大的第二相,这可能是由于固溶温度过高、出现过热现象,导致第二相的熔点低于表面温度使其熔化脱落。通过对比图 3a 发现,经固溶处理后大量的网状树枝晶溶入到 $\alpha-Mg$ 基体内,晶界清晰可见并且周围伴有少量的颗粒状第二相。

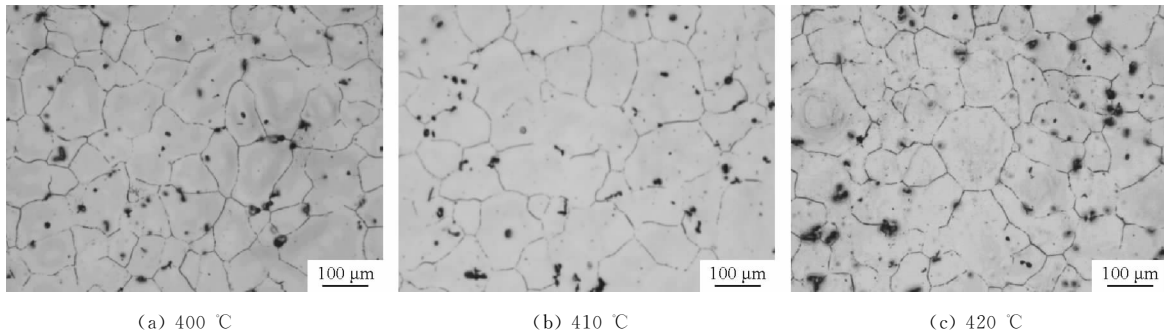


图 5 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同温度下保温 18 h 后的金相组织

Fig.5 Metallographic structure of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy after holding for 18 h at different temperatures

图 6 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同温度固溶态组织低倍 SEM 形貌。从图 6a 可以看出,在晶界附近还有少量的第二相相尚未溶入 $\alpha-Mg$ 基体内,使得晶界清晰可见。随着固溶温度到 420 ℃ 时全部溶入基体内,其晶界消失,同时还有少量的颗粒状、梅花状第二相弥散分布在晶界或晶内。当温度升高到 410 ℃ 时,第二相

的数量呈增多趋势,组织表面没有 400 ℃ 时的致密平整并且基体呈现黑色,这可能是固溶温度略高使得表面出现缺陷。当温度升高至 420 ℃ 时,合金组织中多处出现点状化合物并且部分集聚在第二相的周围,可能是固溶温度过高或保温时间过长导致的。通过对比图 3b 的铸态组织,发现经过固溶处理后不连续网状结构消失,出

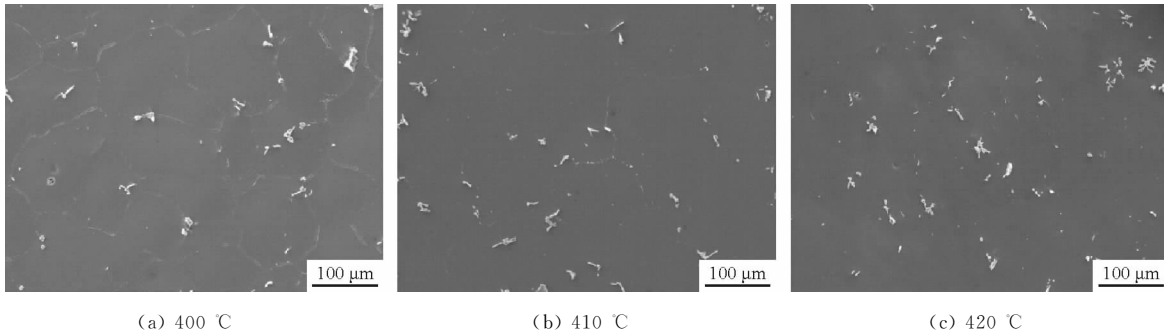


图 6 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同温度下保温 18 h 后低倍 SEM 形貌

Fig.6 Low magnification SEM images of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy after holding for 18 h at different temperatures

现了梅花状新相并与少量的颗粒状第二相分布在致密平整的组织表面。同时结合图 5 可以得出,当固溶温度为 400 ℃时,第二相数量最少,晶粒尺寸最小,固溶效果理想。

图 7 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金固溶态组织高倍 SEM 形貌。可以看到,经固溶处理后,短条状第二相数量增加。同时,根据表 2 的 EDS 分析结果得出梅花状第二相是 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相,并且有少量颗粒状第二相是 Al

元素和 Mn 元素的富集区域。已有研究表明,AZ 系镁合金经过固溶处理后,组织表面存在以白色颗粒状为主的 AlMn 相^[16-17]。因此,可以推断试验合金组织中颗粒状第二相也可能是 AlMn 相。再根据表 2 中 Al、Mn 元素的摩尔比接近 4 : 1,认为固溶处理后残留的颗粒状第二相应为 Al_4Mn 相。 Al_4Mn 相具有热稳定性,铸态组织中已经存在,因其含量较少,导致在粗大的 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相周围难以发现,固溶处理后使大量 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$

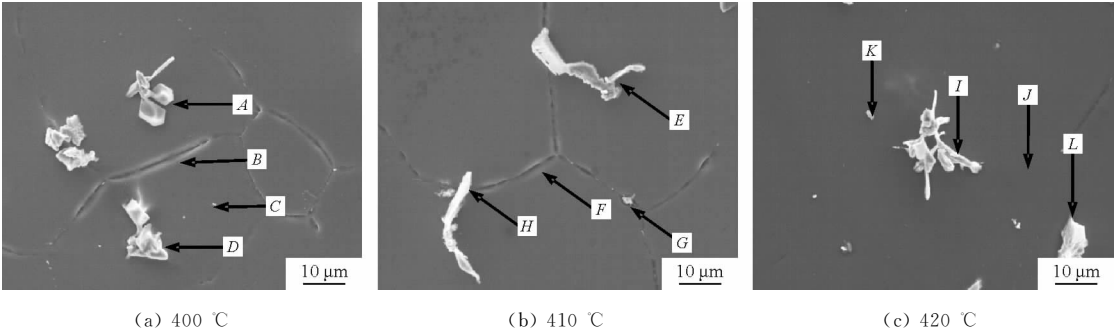


图 7 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同温度下保温 18 h 后的高倍 SEM 形貌

Fig.7 High-magnification SEM images of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloys after holding for 18 h at different temperatures

表 2 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金在不同温度下保温 18 h 后的 EDS 结果

位置	x _B				%
	Mg	Al	Zn	Mn	
A	53.51	35.19	1.36	9.94	
B	79.69	16.65	0.18	3.48	
C	82.31	12.48	0.22	4.99	
D	43.77	40.81	0.87	14.55	
E	28.94	42.56	1.18	27.32	
F	85.16	11.23	0.36	3.25	
G	49.27	38.18	0.68	11.87	
H	26.65	48.62	0.93	23.79	
I	51.29	35.25	0.94	12.52	
J	90.12	5.62	0.13	4.13	
K	27.03	56.51	0.77	15.69	
L	15.42	48.22	2.16	34.21	

相溶于基体才得以显现。

2.3 力学性能

图 8 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金不同状态下的硬度。可以看出,经过固溶处理后,合金的硬度均有不同程度的提高,尤其是在 400 ℃保温 18 h 时硬度(HV)达到最大值(70.8),这是合金经过固溶处理后,大量的 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相溶入到 $\alpha\text{-Mg}$ 基体中,形成过饱和固溶体,合金组织趋于均匀化,使其硬度得到提高。随着固溶温度升高,合金的硬度逐渐下降,这是由于温度的升高导致晶粒长大。根据细晶强化理论^[18],晶粒越大,硬度越低。表 3 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的室温拉伸力学性能。可以看出,经过固溶处理后,合金的抗拉强度、屈

服强度和伸长率都得到显著提高,这也说明固溶处理是提高合金综合力学性能重要方式之一。

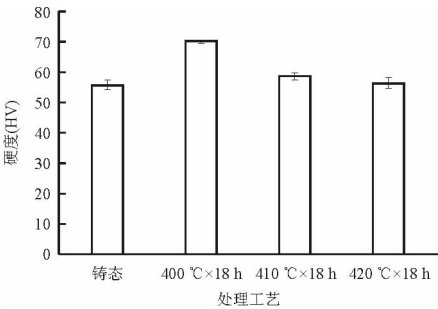


图 8 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金硬度变化趋势

Fig.8 Variation trend of hardness of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloys

表 3 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的室温力学性能

合金状态	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%
铸态	144.8	102.2	4.8
400 ℃×18 h 固溶	184.1	135.5	8.9
410 ℃×18 h 固溶	168.2	129.1	7.5
420 ℃×18 h 固溶	159.7	114.3	6.6

图 9 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金铸态和固溶处理后室温拉伸断口的 SEM 形貌。从图 9a 可以看出,合金铸态拉伸断口因较多的 $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相沿晶界分布,促使断口表面有沿晶断裂的倾向,导致铸态的抗拉强度较低,并且断口处存在短而小的撕裂棱和较多的解理面,其韧窝数量较少。此外, $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相和 $\alpha\text{-Mg}$ 基体在界面上因应力集中产生了少数裂纹,这也直接导致合金的伸长率较低。通过与铸态相比,经过 400 ℃×18 h 固溶处理后,断口表面出现了较多的撕裂棱和深度不同的

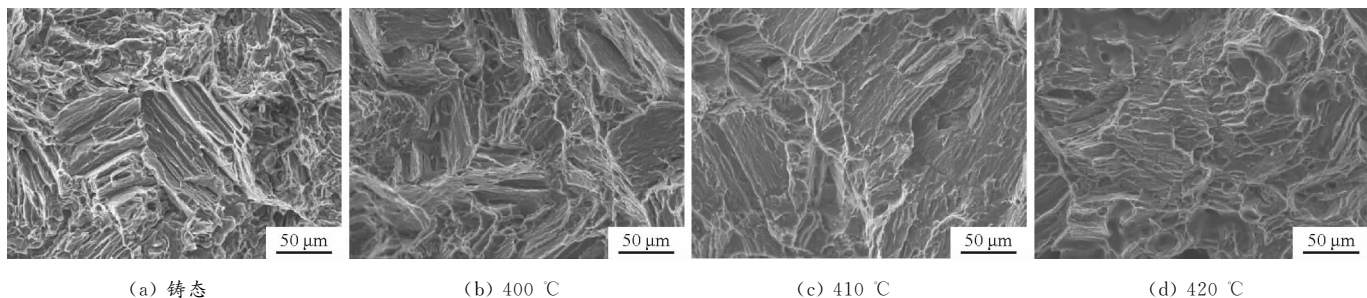


图 9 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金固溶处理后室温拉伸断口的 SEM 形貌

Fig.9 SEM morphologies of tensile fracture of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy at room temperature

韧窝(见图 9b),合金脆性断裂倾向减小且有明显的塑性断裂特征,合金的抗拉强度、屈服强度和伸长率明显改善。这是因为大量的 $Mg_{17}Al_{12}$ 相溶解到基体内,合金组织均匀化,并且 Mg、Al 原子直径不同,形成的置换固溶体引起晶格畸变,阻碍位错运动,使得力学性能提高。从图 9c 和图 9d 可知,随着固溶温度提高,拉伸断口的解理面尺寸增大、数量减少且更加光滑,表面河流

花样密度减少,裂纹源数量增多,并且撕裂棱变得短小、韧窝数量减少。可见,拉伸断口的表现与拉伸性能的变化一致。图 10 为 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金室温拉伸断口纵切面的金相组织。可见,经 400 °C×18 h 固溶处理,合金纵断面上的锯齿状数量少且相对平整。随着固溶温度升高,合金纵断面上锯齿状数量多且明显,这表明经 400 °C×18 h 处理后有较佳的室温力学性能。

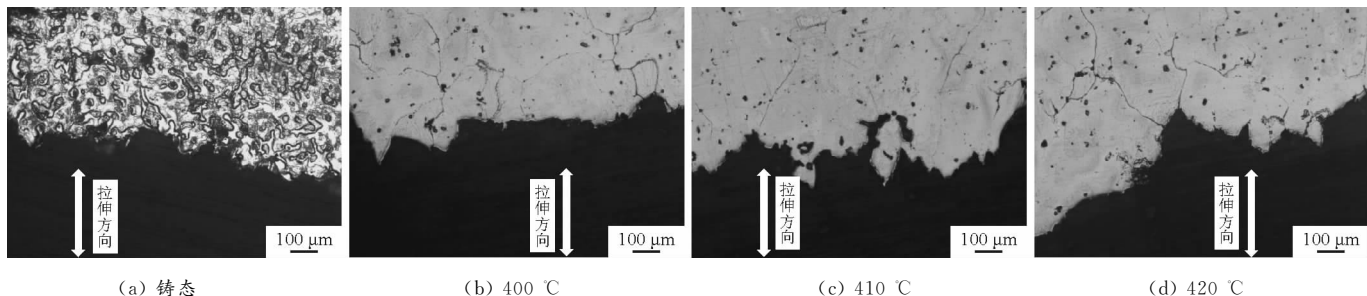


图 10 Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金室温拉伸断口纵切面的金相形貌

Fig.10 Metallographic structure of the longitudinal section of the tensile fracture of Mg-6Al-3Zn-0.25Mn alloy at room temperature

3 结 论

(1)Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金的铸态和固溶态组织主要由 α -Mg 基体和 $Mg_{17}Al_{12}$ 相组成。相对于铸态而言,经过 400、410 和 420 °C 保温 18 h 后,大量的 $Mg_{17}Al_{12}$ 相溶解到 α -Mg 基体内,组织中残留了少量颗粒状 Al_4Mn 相,同时出现了梅花状 $Mg_{17}Al_{12}$ 相。随着固溶温度升高,晶粒的尺寸呈现逐渐增大的趋势,以及梅花状 $Mg_{17}Al_{12}$ 相数量增加。

(2)Mg-6Al-3Zn-0.25Mn 合金经过固溶处理后硬度值均高于铸态,并且由于固溶强化也显著提高了合金的综合力学性能,在 400 °C×18 h 固溶处理后室温抗拉强度、屈服强度和伸长率分别为 184.1 MPa、135.5 MPa 和 8.9%。

参 考 文 献

[1] 蒋斌,刘文君,董含武,等.高塑性镁合金研究进展[J].航空材料学报,2018,38(4):10-25.
[2] 胡波,李德江,李子听,等.铸造镁合金热裂行为的研究进展[J].精密成形工程,2020,12(5):1-19.

[3] 邱玮,余容众,周兵,等.铸造镁合金晶粒细化研究进展[J].铸造技术,2020,41(11):1077-1087.
[4] 樊振中,陈军洲,陆政,等.镁合金的研究现状与发展趋势[J].铸造,2020,69(10):1016-1029.
[5] 徐文婷,卢雅琳,周东帅.热处理工艺对 AZ80 镁合金组织和硬度的影响[J].热加工工艺,2017,46(8):237-239.
[6] INCESU A, GUNGOR A. Effect of different heat treatment conditions on microstructural and mechanical behaviour of AZ63 magnesium alloy[J]. Advances in Materials and Processing Technologies, 2015, 1(1-2): 243-253.
[7] 马颖,董海荣,张玉福,等.部分固溶处理对 AZ91D 镁合金微观组织及力学性能的影响[J].兰州理工大学学报,2015,41(6):1-5.
[8] ZHU Y L, LIU F Y, XIN R L, et al. Influence of aging prior to extrusion on the microstructure and mechanical properties of an extruded AZ91 alloy[J]. Advanced Engineering Materials, 2020, 22(7): 2000201.
[9] 杨玲,侯华,赵宇宏,等.T4、T6 处理对 AZ80 镁合金的强化作用[J].热加工工艺,2014,43(24):179-181.
[10] LI J R, JIANG Q T, SUN H Y, et al. Effect of heat treatment on corrosion behavior of AZ63 magnesium alloy in 3.5% sodium chloride solution[J]. Corrosion Science, 2016, 111(5): 288-301.
[11] 姜炳春.镁合金热处理的研究进展[J].世界有色金属,2016(10):72-73.

交流磁场对 Mg-Zn-Zr-Gd 合金组织及力学性能的影响

毛训聪 陈乐平 彭 聪
(南昌航空大学航空制造工程学院)

摘 要 研究了交流磁场处理工艺参数(交流电压、交流频率和模具温度)对铸态 Mg-6Zn-0.5Zr-1Gd 合金的凝固组织及力学性能的影响。结果表明,交流磁场可以细化 Mg-6Zn-0.5Zr-1Gd 合金的凝固组织。当交流电压在 0~300 V 内,随着交流电压增加,合金的晶粒尺寸逐渐减小。当交流频率在 0~10 Hz 内,随着交流频率增加,合金的晶粒尺寸先减小后增大。当模具温度在 200~600 ℃内,随着模具温度增加,合金的晶粒尺寸也是先减小后增大。当交流电压为 300 V,交流频率为 5 Hz,模具温度为 400 ℃时,合金的综合力学性能显著提高,此时合金的抗压强度为 259.53 MPa,压缩率为 20%,与未经过交流磁场处理的合金相比,分别提高了 32.1% 和 11.7%。

关键词 Mg-Zn-Zr-Gd 合金;交流磁场;凝固组织;力学性能

中图分类号 TG146.22;TG156.97

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.03.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of AC Magnetic Field on Mechanical Properties and Microstructure of As-cast Mg-Zn-Zr-Gd Alloy

Mao Xuncong, Chen Leping, Peng Cong

(School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang Hangkong University)

Abstract: The effects of different AC magnetic field parameters, such as AC voltage, AC frequency and die temperature, on the solidification structure, mechanical properties and corrosion resistance of as-cast Mg-6Zn-0.5Zr-1Gd alloy were investigated. The results indicate that the AC magnetic field can refine the solidified microstructure of the Mg-6Zn-0.5Zr-1Gd alloy. When the AC voltage is increased from 0 to 300 V, the grain size of alloy is decreased gradually. When the AC frequency is increased from 0 to 10 Hz, the grain size of the alloy is decreased firstly and then increased. When the die temperature is increased from 200 ℃ to 600 ℃, the grain size of the alloy is decreased firstly and then increased. With the AC voltage of 300 V, the AC magnetic field of 5 Hz and the die temperature of 400 ℃, the comprehensive mechanical properties of the alloy are significantly enhanced, with the compressive strength of 259.53 MPa and the compression rate of 20%, which are increased by 32.1% and 11.7%, respectively, comparing to those of the alloy without alternating magnetic field treatment.

Key Words: Mg-Zn-Zr-Gd Alloy, AC Magnetic Field, Solidification Structure, Mechanical Properties

镁合金具有密度低、强度高、刚性好,以及良好的生物相容性、可降解性、促成骨性及与骨组织相近的弹性模量,近年来在生物可降解材料领域受到广泛关注^[1-5]。

但力学性能和耐腐蚀性能相对较差限制了其临床应用,因此,提高力学性能和耐蚀性依然是镁合金研究的重要方面^[6-8]。

收稿日期:2022-04-24;**修改稿收到日期:**2022-06-13
基金项目:江西省科技重点研发资助项目(20212BBE53018);江西省教育厅科技资助项目(DA202103161)
第一作者简介:毛训聪,男,1997 年出生,硕士研究生,南昌(330063),E-mail:841121915@qq.com
通信作者:陈乐平,男,1964 年出生,教授,南昌(330063),E-mail:jnnclp@163.com
引用格式:毛训聪,陈乐平,彭聪. 交流磁场对 Mg-Zn-Zr-Gd 合金组织及力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(3):399-404.
MAO X C, CHEN L P, PENG C. Effects of AC magnetic field on mechanical properties and microstructure of as-cast Mg-Zn-Zr-Gd alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(3):399-404.

[12] 韩茜,周震,杨君刚,等.固溶时效处理对 Mg-10Al-1Zn 镁合金组织与性能的影响[J].金属热处理,2018,43(4):93-96.

[13] 王瑞权,陈体军,马颖.热处理对细晶 AZ91D 镁合金组织和性能的影响[J].中国铸造装备与技术,2009,8(06):23-25.

[14] 杨玲,侯华,赵宇宏,等.T4、T6 处理对 AZ80 镁合金的强化作用[J].热加工工艺,2014,43(24):179-181.

[15] 张菊梅,蒋百灵,王志虎,等.固溶及时效处理对 AZ80 镁合金显微组织的影响[J].金属热处理,2007,32(10):6-10.

[16] 王杰,童文辉,高恩志,等.Al-Mn 相在 AZ 系镁合金中的分布和形成[J].中国有色金属学报,2021,31(2):311-321.

[17] 高植,孟模,张治民,等.固溶参数对 Mg-13Gd-4Y-2Zn-0.6Zr 合金组织及性能的影响[J].稀有金属,2019,45(6):657-663.

(编辑:张正贺)