

不同铸造方法对 7075 铝合金热导率及力学性能的影响

李 想¹ 李元东^{1,2} 樊博阳¹ 李 夏³ 马 颖^{1,2}

(1.兰州理工大学省部共建有色金属先进加工与再利用国家重点实验室;
2.兰州理工大学有色金属合金及加工教育部重点实验室; 3.广东工业大学分析测试中心)

摘 要 采用金属型铸造、液态挤压铸造和半固态挤压铸造方法制备了 7075 铝合金,研究了不同铸造工艺对 7075 铝合金热导率与力学性能的影响。结果表明,金属型铸造晶粒粗大,产生枝晶偏析降低塑性,抗拉强度及伸长率最小,分别为 121 MPa 和 2.78%,但晶粒粗大使热量传导路径宽,对电子散射几率小,电子的平均自由程较长,热导率相对较高,达到了 139.67 W/(m·K);液态挤压铸造晶粒细化,抗拉强度和伸长率分别为 239 MPa 和 5.75%,但晶粒细小且枝晶臂较多,对电子散射程度大,热导率最低,为 120.94 W/(m·K);半固态挤压铸造的晶粒致密细小且圆整,抗拉强度及伸长率最高分别达到 248 MPa 和 7.46%,且热导率为 126.07 W/(m·K)。

关键词 7075 铝合金;金属型铸造;液态挤压铸造;半固态挤压铸造;热导率

中图分类号 TG146.21;TG249.2

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.01.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Casting Methods on Thermal Conductivity and Mechanical Properties of 7075 Aluminum Alloy

Li Xiang¹, Li Yuandong^{1,2}, Fan Boyang¹, Li Xia³, Ma Ying^{1,2}

(1.State Key Laboratory of Advanced Processing and Recycling of Nonferrous Metals, Lanzhou University of Technology; 2.Key Laboratory of Non-ferrous Metal Alloys and Processing, Ministry of Education, Lanzhou University of Technology; 3.Analysis and Testing Center, Guangdong University of Technology)

Abstract: 7075 aluminum alloy was prepared by permanent mold casting (PMC), liquid squeeze casting (LSC) and semi-solid squeeze casting (SSC) methods. The effects of different casting processes on the thermal conductivity and mechanical properties of 7075 aluminum alloy were investigated. The results indicate that the grains of the PMC are coarse, and dendrite segregation occurs to reduce the plastic toughness. The tensile strength and elongation are 121 MPa and 2.78%, respectively. However, the coarse grains exhibit a wide heat conduction path, lower electron scattering probability, long mean free path and relatively high thermal conductivity, which reaches 139.67 W/(m·K). The tensile strength and elongation of the LSC refined grains are 239 MPa and 5.75%, respectively, while fine grains and more dendritic arms lead to the higher electrons scattering, with the lowest thermal conductivity, which is 120.94 W/(m·K). SSC grains are compact fine and round, with the highest tensile strength and elongation of 248 MPa and 7.46%, respectively, and the thermal conductivity is 126.07 W/(m·K).

Key Words: 7075 Aluminium Alloy, Permanent Mold Casting (PMC), Liquid Squeeze Casting (LSC), Semi-solid Squeeze Casting (SSC), Thermal Conductivity

7xxx 系铝合金属于 Al-Zn-Mg-Cu 系铝合金,具有良好的热变形能力,淬火范围宽,经过适当的热处理后有较高强度,也具有质量轻、密度低、良好导电导热的能力,因而广泛应用到航空航天、电子通讯、汽车零部件等领域^[1~4]。电子信息行业的迅速发展和硬件设施不断的升级换代,要求元器件变轻变小、有更好的散热能力

的同时还要满足更高的强度,需要开发一种高强度高导热的合金来满足性能要求和市场需求。7xxx 系铝合金挤压铸造后抗拉强度就可以达到 6xxx 系列热处理后的抗拉强度,李楠等^[5]采用流变挤压铸造制备 7075 铝合金,铸态抗拉强度达到 211~288 MPa。7xxx 铝合金也被应用到汽车换热器、散热片^[6],有较好的导热能力,

收稿日期:2020-06-20;修改稿收到日期:2020-07-23
基金项目:国家重点研发计划资助项目(2018YFB2001800)
第一作者简介:李想,男,1994 年出生,硕士研究生,兰州(730050),E-mail:542308890@qq.com
通信作者:李元东,男,1971 年出生,教授,兰州(730050),E-mail:liy_d_lut@163.com
引用格式:李想,李元东,樊博阳,等.不同铸造方法对 7075 铝合金热导率及力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2021,41(1):93-98.
LI X, LI Y D, FAN B Y, et al. Effects of different casting methods on thermal conductivity and mechanical properties of 7075 aluminum alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(1):93-98.

室温下 T6 态 7075 铝合金的热导率为 130 W/(m · K)^[7]。7xxx 系列中 7075 铝合金是高强度铝合金的代表,在其高强度的基础上提高导热能力得到研究者关注。但变形 7075 铝合金加工工艺复杂,增加了生产成本,而且难以加工复杂零件。相比而言,铸造工艺简单且可以制作形状复杂且精密的零部件,但 7075 铝合金固液相线相差较大,结晶范围宽,易产生缩松、缩孔且热裂倾向大,导致铸造性能较差^[8~11],铸造缺陷也直接影响导热能力和力学性能,限制了 7075 铝合金在一些对成本比较敏感的领域的应用。而根据半固态技术特点,近净成形生产无需塑性加工的复杂结构的高性能变形合金零件,实现以铸代锻,降低难成形合金的生产成本,提升其性价比,扩大应用范围,有较大的应用潜力和工程价值^[12,13]。

本课题使用金属型铸造、液态挤压铸造和半固态挤压铸造制备试样,探究不同铸造方法对 7075 铝合金的导热能力及力学性能的影响,为研究铸造生产 7075 铝合金零部件提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

采用纯 Al(99.95%,质量分数,下同)、纯 Zn(99.9%)、纯 Mg(99.9%)、Al-50Cu 中间合金和其他微量元素为原料,按照表 1 所列成分配制 7075 铝合金。

表 1 7075 铝合金的化学成分

Tab.1 Chemical composition of 7075 aluminum alloy %						
w_B						
Zn	Mg	Cu	Si	Fe	Mn	Al
5.6	2.5	1.6	0.20	0.25	0.30	余量

1.2 试验方法

试验分别采用金属型铸造、液态挤压铸造和半固态挤压铸造。金属型铸造采用 SG-7.5-10 井式坩埚电阻炉制备合金,将纯 Al 放入电阻炉内的石墨坩埚中,升温加热至 740 ℃熔化,加入纯 Zn、Al-50Cu 熔化后充分搅拌,用钟罩压入纯 Mg,迅速往复搅拌,并立即撒一层二号熔剂覆盖,保温至 720 ℃,用 C₂Cl₆ 精炼扒渣后撒覆盖剂防止吸气,回炉静置 10~15 min,在 700 ℃扒渣,将金属液浇入预热至 250 ℃的模具中。液态挤压铸造与金属型铸造熔炼工艺一致,将熔炼好的金属液倒入 6 000 kN 挤压铸造机预热 250 ℃的料筒内,然后运转料桶使熔液在加热至 250 ℃的模具内挤压成形。半固态挤压铸造是将熔化精炼后的金属液经过滚筒式机械搅拌器制成半固态浆料(温度控制在 477~635 ℃),加入到预热至 250 ℃的料桶,使用 6 000 kN 挤压铸造机

在 250 ℃的模具内挤压成形。

在制备好的 3 种试样中部取样,经砂纸粗磨、细磨,机械抛光后用凯勒试剂(H₂O、HNO₃、HCl、HF 的体积比为 95 : 2.5 : 1.5 : 1)腐蚀,腐蚀时间为 20~30 s,用 4XG-MS 金相显微镜观察 3 种试样的金相组织。制备拉伸试样示意图,见图 1。使用微机控制电子式万能试验机(WDW-100D)进行拉伸试验,用扫描电镜(QUANTA FG-450)观察试样的显微组织及断口形貌。将试样加工成 $\phi 12.6$ mm×3 mm 的圆片用于激光闪光法测量热扩散系数(α),取 10~20 mg 用于差式扫描量热仪测量比热容(c_P),阿基米德排水法测量密度(ρ),然后计算热导率: $\lambda = \alpha \cdot c_P \cdot \rho$ 。使用 X 射线衍射仪(D/max-2400)进行物相分析,测试角度 2θ 范围为 20°~90°,扫描速度为 0.4°/min,步长为 0.02°,并用 Jade6.0 软件分析晶格常数。利用 Image-Pro-Plus 软件及平均截线法测量出合金初生相的晶粒尺寸和形状因子。

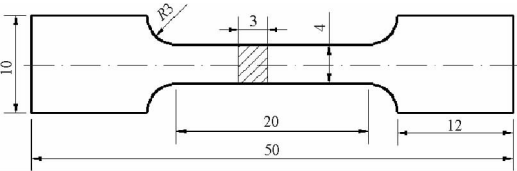


图 1 拉伸试样示意图

Fig.1 Schematic diagram of the tensile specimen

2 试验结果与分析

2.1 显微组织分析

图 2 和图 3 为 7075 合金在 3 种不同铸造方法下的显微组织、平均晶粒尺寸和形状因子。结合图 2 和图 3 可知,金属型铸造晶粒较为粗大,晶粒呈现蔷薇状,平均晶粒尺寸最大,为 65.5 μ m,形状因子为 3.36。这是由于在浇注过程中金属熔液中的杂质或者熔液与铸型内壁接触发生非均匀形核,形核后晶核开始长大,随着高温熔液不断加入,铸型温度不断升高,冷却速度逐渐降低,液-固相界面上所产生的结晶潜热将同时通过固相和液相传导散出,使得界面前沿液体中产生负的温度梯度。晶体生长界面一旦出现局部突出生长,在前方液体中获得过冷使其生长速度增大,生长界面就不能保持平面状而会形成许多伸向液体的结晶轴,以树枝状生长形成树枝晶。液态挤压铸造在压力作用下增大了冷却速率,减小了临界形核尺寸,降低了形核功,提高了形核率,初生相 α -Al 尺寸明显减小,晶粒为细小的胞状树枝晶,平均晶粒尺寸最小,为 23.3 μ m,同时形状因子最大,达到 3.58。半固态挤压铸造通过滚筒式机械搅拌器

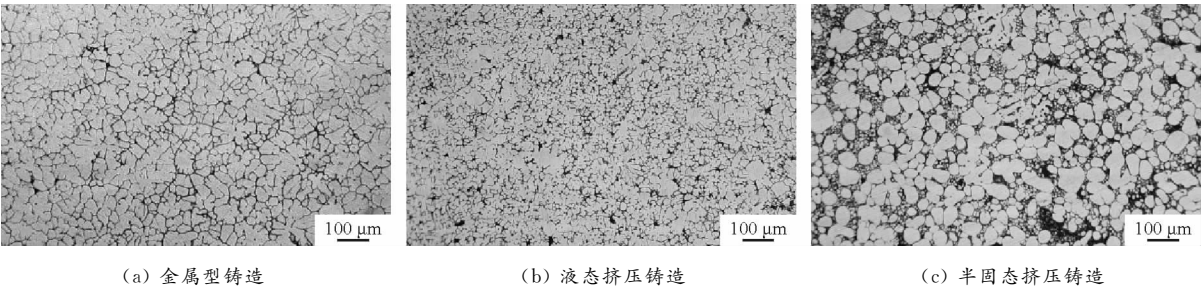


图 2 不同铸造方法制备 7075 铝合金的显微组织

Fig.2 Microstructure of 7075 aluminum alloy prepared by different casting methods

制备成半固态浆料,使凝固中的枝晶受到剪切力发生塑性变形,枝晶弯曲变形、破碎直至断裂,晶粒重新结晶,平均晶粒尺寸为 29.8 μm ,相比金属型铸造和液态挤压铸造晶粒呈现类球状,形状因子最小,仅为 1.59。

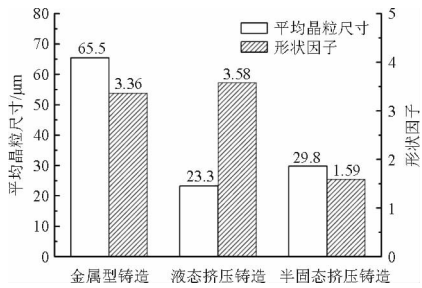


图 3 不同铸造方法下 7075 铝合金的平均晶粒尺寸和形状因子

Fig.3 The average grain size and shape factor of 7075 aluminum alloy prepared by different casting methods

图 4 为不同铸造方法成形的 7075 铝合金 SEM 照片。可以看出,金属型铸造中第二相主要为层片状 $\tau\text{-AlZnMgCu}$ 相和块状 $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相,多分布在晶界处,其中 Cu 元素偏析严重,Zn、Mg 元素在晶界处偏析较少,主要以固溶的形式存在于基体中。液态挤压铸造第二相主要为棒条状 $\tau\text{-AlZnMgCu}$ 相和块状 $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相,半固态挤压铸造的第二相主要为块状 $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相,可以看出经过挤压铸造析出的第二相数量明显减少,少量均匀分布在晶界处。

图 5 为不同铸造方法成形 7075 合金试样的 XRD 图谱。可以看出,铸造方法对合金第二相组成没有明显影响,主要相为 $\alpha\text{-Al}$ 相、 $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相和 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相,其中 $\alpha\text{-Al}$ 相衍射峰强度最高,在基体中含量也最高, $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相和 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相含量相对较少,经过挤压铸造 $\theta\text{-Al}_2\text{Cu}$ 相和 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相衍射峰强度越来越低,表明含量也越来越低。 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相和 $\tau\text{-AlZnMgCu}$ 相都为立方结构,Al 原子和 Cu 原子容易进入 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相中置换 Zn 原子形成 $\tau\text{-AlZnMgCu}$ 相,所以实际 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相的衍射峰包含了 $\tau\text{-AlZnMgCu}$ 相和 $\eta\text{-Mg}_2\text{Zn}$ 相的衍射峰^[13]。

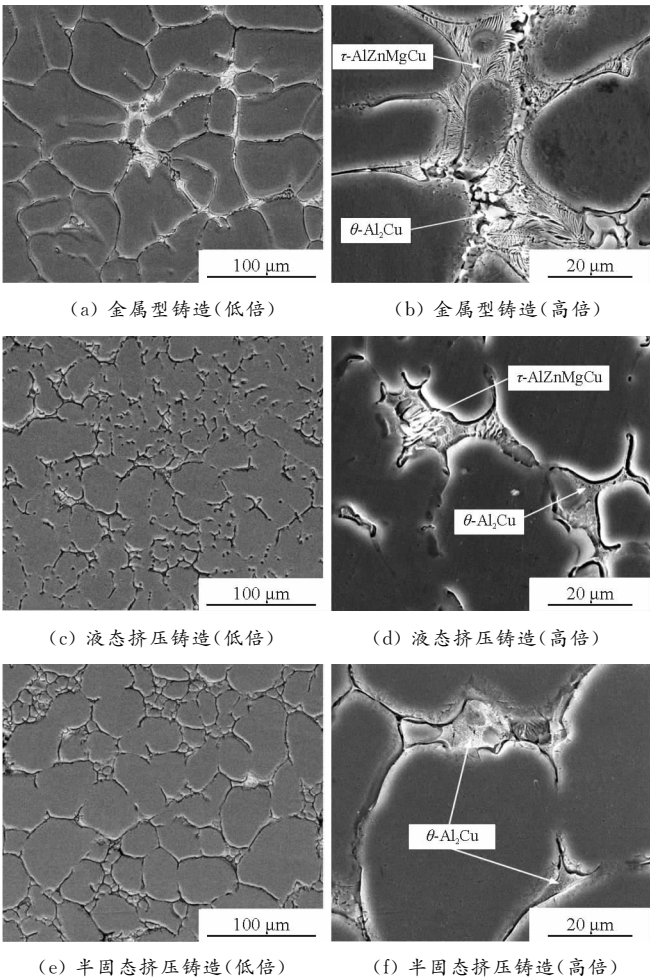


图 4 不同铸造方法成形的 7075 铝合金 SEM 照片
Fig.4 SEM images of 7075 aluminum alloy prepared by different casting methods

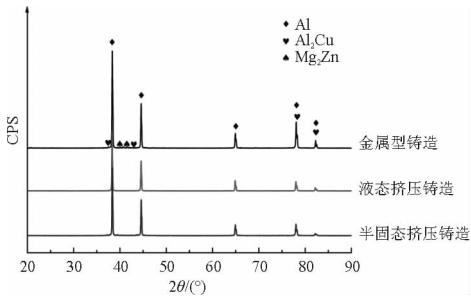


图 5 不同铸造方法成形的 7075 铝合金 XRD 图谱
Fig.5 XRD patterns of 7075 aluminum alloy prepared by different casting methods

2.2 力学性能分析

在室温下对 3 种铸造方法制备的试样进行力学性能测试,结果见图 6。金属型铸造的抗拉强度只有 121 MPa,因为 7075 铝合金有较宽的凝固温度范围,并且凝固主要以树枝状方式进行而形成等轴晶,产生糊状凝固^[14],树枝晶的形成降低了液体的流动性,在枝晶之间的最后凝固部分不易得到液体的补充,形成了遍及整体的一般缩松,降低了力学性能。而挤压铸造从机理上解决了这个问题,在压力作用下,金属液中的气体溶解度(s)满足如下关系式^[15]:

$$s = m \sqrt{P_s} e^{-\frac{Q_s}{2RT}} \quad (1)$$

式中, m 为常数,与金属和气体性质有关; P_s 为外界气氛中该气体的分压力; Q_s 为气体的溶解热; R 为气体常数; T 为热力学温度。在金属液结晶过程中,施加压力会提高气体在金属液中的溶解度,抑制了气孔的形成,结合挤压铸造能够持续补缩的工艺特点,避免了缩松和气孔的产生,提高了金属的致密度,从而提高强度。同时,在压力作用下,合金的熔点升高,在浇注温度不变的情况下提高了合金的过冷度,使形核速率增加,降低晶粒尺寸产生细晶强化^[16]。液态挤压铸造的抗拉强度和伸长率分别为 239 MPa 和 5.57%,相比金属型铸造分别提高了 97.5% 和 106.8%。半固态挤压铸造时,经过机械搅拌制成的半固态浆料有利于补缩,减少了铸造缺陷,同时晶粒近似球状,使强度和塑韧性升高,抗拉强度

达到 248 MPa,伸长率达到 7.46%,与液态挤压铸造相比半固态挤压铸造的力学性能进一步提高。

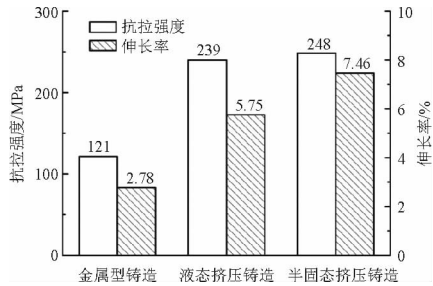


图 6 不同铸造方法制备合金的力学性能
Fig.6 Mechanical properties of the alloy prepared by different casting methods

图 7 为 3 种铸造方法所得试样的拉伸断口形貌。可以看出,金属型铸造可以看到断口呈现岩石状,晶粒明显、断面光滑,各个晶粒相互交错咬合产生晶粒间的溶质堆积以及缩松,发生沿晶界断裂且断面平整,表现为沿晶断口;另外晶粒表面上可以看到鸡爪花样,是脆性断口的典型微观形貌,同时在断口表面也可以看到少量准解理断面的放射状的河流花样,属于沿晶、准解理的混合型断口。液态挤压铸造的断口出现大量密集且短而弯曲的撕裂棱,还可以看到晶粒内部空洞,属于准解理断裂。半固态挤压铸造经过制备半固态浆料、挤压后晶粒变得致密而细小,断口出现了分布均匀且密集的撕裂棱,断面细小平整且均匀分布少量等轴韧窝,显示沿晶韧窝断口,也属于脆性断裂。

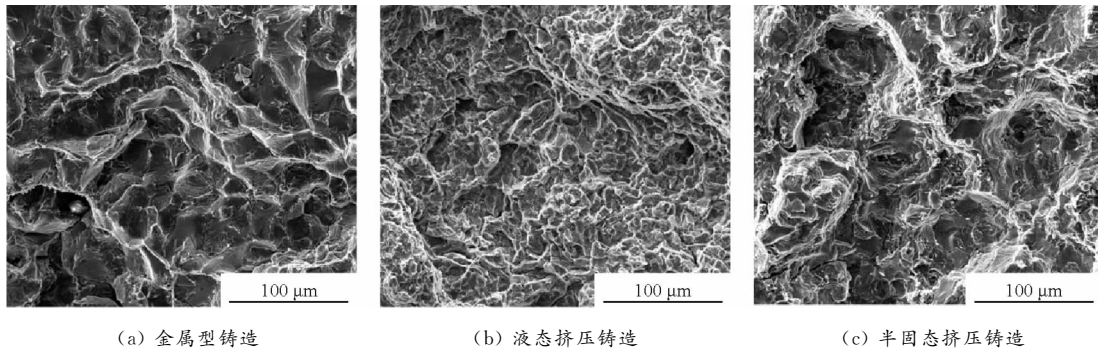


图 7 不同铸造方法下的断口形貌

Fig.7 Fracture morphology of the alloy prepared by different casting methods

2.3 热导率分析

根据金属导热机理^[17]可知,影响合金导热机制主要有电子导热和晶格振动导热两种形式。金属中电子导热是主要因素,由于金属中有相当多的自由电子,它们相互碰撞能使热量迅速从高温处传到低温处。晶格振动导热是温度不太高时,电子传导作用减弱,原子在其平衡位置附近以弹性波的形式传递热量。

当电子通过结构完整的理想晶体,平均自由程与样品尺寸相当时,电子不受散射,当晶体结构有缺陷或杂质存在时,电子受到散射,产生热阻。如温度、压力、杂

质、塑性变形及晶体的物理缺陷等因素都会使电子散射产生热阻。由维德曼-弗兰兹定律^[18]可知,在一定温度下,金属的热导率和电导率的比值为常数,可由下式表示:

$$L = \frac{\lambda}{\sigma T} \quad (2)$$

式中, λ 为热导率; σ 为电导率; $L = 2.45 \times 10^{-8}$ 。因此,金属的热阻也可以借助电阻来表征。金属热阻可由 Matthiessen 定律^[19]表示:

$$\rho = \rho_{\text{them}} + \rho_{\text{phys}} + \rho_{\text{chem}} \quad (3)$$

式中, ρ_{them} 为晶格振动引起的热阻; ρ_{phys} 为晶格物理缺陷引起的热阻; ρ_{chem} 为金属化学成分不纯引起的热阻。

不同铸造方法制样后检测的热导率见图 8。可以看出, 金属型铸造的热导率最高, 为 139.67 W/(m · K); 液态挤压铸造后的热导率最低, 仅为 120.94 W/(m · K), 而半固态挤压铸造热导率为 126.07 W/(m · K)。不同铸造方法的热导率变化趋势与其晶粒尺寸变化趋势相同。相比金属型铸造的热导率, 挤压铸造的热导率有一定程度下降, 这与文献[20]的结果一致。在电子导热中, 电子的平均自由程是影响电子导热的主要因素, 而晶界是阻碍电子自由运动的散射源之一。电子的热导率可以表示为^[21]:

$$\lambda_e = \frac{1}{3} c_e \overline{v_e} l_e \tag{4}$$

式中, λ_e 为电子的热导率; c_e 为单位体积电子的比热容; $\overline{v_e}$ 为电子的平均运动速度; l_e 为电子的平均自由程。液态和半固态挤压铸造后, 晶粒尺寸从金属型铸造的 65.5 μm 分别减小为 23.3 μm 和 29.8 μm , 晶粒明显细化, 从而使晶界的体积分数也明显增加。根据式(4)可以看出, 晶界增加导致电子散射几率增大, 电子的平均自由程减小, 使得热导率降低。半固态挤压铸造的热导率比液态挤压铸造的热导率略微提高, 这是由于半固态挤压铸造的晶粒更圆整, 晶界处的缺陷较少。

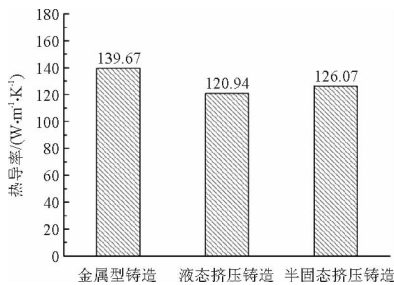


图 8 不同铸造方法下的热导率

Fig.8 Thermal conductivity of the alloys prepared by different casting methods

晶格振动传递热量时, 晶格振动近似简谐振动, 晶格振动的能量被量子化, 声子是这一能量的最小单元, 格波在晶体中的传导遇到的散射, 可以看做是声子和质点的碰撞, 从而影响声子传导, 降低热导率。表 2 为不同铸造方法下 α -Al 晶格常数对比, 当 Al 基体中添加 Zn、Mg、Cu 等元素形成合金固溶体后, 产生晶格畸变, 合金会有更大的晶格常数^[22]。合金成分相同的情况下, 液态、半固态挤压铸造在压力作用下增大了合金元素在铝中的固溶度^[23], 所以液态、半固态挤压铸造产生了更多的晶格畸变, 与金属型铸造相比晶格常数分别增大了 0.089% 和 0.036%, 声子传导受到散射作用影响, 降低了热导率。另外, 液态挤压铸造的温度在液相线温

度之上(700 $^{\circ}\text{C}$), 半固态挤压铸造的温度在固液相线温度之间(477~635 $^{\circ}\text{C}$), 液态挤压铸造温度高, 有更高的溶解度, 挤压时冷却速度快, 抑制冷却过程中合金元素的析出, 晶格畸变程度比半固态挤压铸造的大, 声子散射程度增大, 使热导率降低。

表 2 不同铸造方法下 α -Al 的晶格常数

Tab.2 The lattice constants of α -Al in the alloy prepared by different casting methods

晶面簇	纯铝		金属型铸造		液态挤压铸造		半固态挤压铸造	
	2 θ /($^{\circ}$)	d/nm	2 θ /($^{\circ}$)	d/nm	2 θ /($^{\circ}$)	d/nm	2 θ /($^{\circ}$)	d/nm
{111}	38.472	2.338 0	38.336	2.346 0	38.304	2.345 9	38.340	2.345 7
{200}	44.738	2.024 0	44.571	2.031 2	44.556	2.031 8	44.582	2.030 7
{220}	65.133	1.431 0	64.916	1.435 3	64.897	1.436 5	64.924	1.435 1
{311}	78.227	1.221 0	78.062	1.223 2	77.996	1.224 0	78.012	1.223 8
{222}	82.435	1.169 0	82.188	1.171 9	82.009	1.172 9	82.153	1.172 3
晶格常数	4.049 4		4.059 55		4.063 17		4.061 01	

3 结 论

(1)金属型铸造 7075 铝合金的初生 α -Al 相晶粒尺寸最大, 为 65.6 μm , 呈粗大的蔷薇状树枝晶, 经过挤压铸造的晶粒明显减小, 液态挤压铸造晶粒尺寸最小, 为 23.3 μm , 呈胞状树枝晶, 半固态挤压铸造晶粒尺寸为 29.8 μm , 形状因子接近 1, 晶粒更加圆整。

(2)7075 铝合金通过挤压铸造改变了初生 α -Al 相的形貌和大小, 减少了其铸造缺陷, 从而提高了其抗拉强度和伸长率。半固态挤压铸造与液态挤压铸造试样的抗拉强度相近, 分别为 248 MPa 和 239 MPa, 两者的强度明显高于金属型铸造的 121 MPa。半固态挤压铸造晶粒的圆整度提高, 晶粒间的内应力减小, 伸长率达 7.46%。

(3)金属型铸造 7075 铝合金的热导率最高为 139.67 W/(m · K), 液态挤压铸造和半固态挤压铸造使晶界增多, 热传导过程中晶界对电子传导造成了阻碍, 电子平均自由程减小, 热导率降低, 分别为 120.94 和 126.07 W/(m · K)。挤压铸造导致晶格畸变程度增加, 增加了声子振动散射的几率, 使热阻增加, 热导率下降。

参 考 文 献

[1] AZARNIYA A, TAHERI A K, TAHERI K K. Recent advances in ageing of 7xxx series aluminum alloys: A physical metallurgy perspective[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2019, 781: 945-983.

[2] 王洪斌, 黄进峰, 杨滨, 等. Al-Zn-Mg-Cu 系超高强度铝合金的研究现状与发展趋势[J]. 材料导报, 2003, 17(9): 1-4.

[3] 陈小明, 宋仁国, 李杰. 7xxx 系铝合金的研究现状与发展趋势[J]. 材料导报, 2009, 23(3): 67-70.

[4] 曾渝, 尹志民, 潘青林, 等. 超高强铝合金的研究现状及发展趋势[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 2002, 33(6): 592-596.

[5] 李楠, 邢书明, 鲍培培, 等. 流变挤压铸造 7075 铝合金的组织及力学性能[J]. 特种铸造及有色合金, 2008(S1): 419-423.

不同熔炼方法对 Mg-Nd-Zn-Zr 熔体品质影响

黄彦彦¹ 周 琴¹ 龙思远² 曹韩学²

(1.成都大学机械工程学院; 2.重庆大学材料科学与工程学院)

摘 要 采用熔剂法(熔剂保护和熔剂精炼)和气体法(气体保护和气体精炼)两种熔炼方法制备 Mg-Nd-Zn-Zr 合金熔体,对 Zr 合金化阶段及最终熔炼效果进行对比研究。结果表明,熔剂法和气体法均能得到成分合格的镁熔体。两种方法都可以实现良好的晶粒细化效果,但气体法制备的镁熔体试样的晶粒比熔剂法更为细小。气体法与熔剂法均能有效保护熔体及降低镁熔体中夹杂,但与气体法相比,熔剂法对夹杂的控制效果更好。

关键词 镁熔体;熔剂法;气体法;锆合金化;精炼

中图分类号 TG146.22 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.01.020 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



A Comparative Analysis on the Refining Quality of Mg-Nd-Zn-Zr Melt with Flux and Gas Purification Process

Huang Yanyan¹, Zhou Qin¹, Long Siyuan², Cao Hanxue²

(1.School of Mechanical Engineering, Chengdu University;
2.College of Material Science and Engineering, Chongqing University)

Abstract: Flux purification method (flux protection and flux refining) and gas purification method (protective atmospheres and inert gas bubbling) were employed to prepare Mg-Nd-Zn-Zr melt, and the zirconium alloying phase and the final refining effects were analyzed comparatively. The experimental results demonstrate that both purification methods lead to a qualified chemical composition. Though a satisfactory grain refinement effect can be obtained by both methods, the gas method exhibits the smaller grain. Both methods can effectively protect Mg melt and separate inclusions from the melt, however the flux method is more effective in the control of inclusions.

Key Words: Magnesium Melt, Flux Purification Method, Gas Purification Method, Zirconium Alloying, Refining

收稿日期:2020-08-15;**修改稿收到日期:**2020-09-28
基金项目:成都大学人才工程科研启动项目(2081920045)
第一作者简介:黄彦彦,女,1987 年出生,副研究员,成都(610106),E-mail: 269188303@qq.com
通信作者:曹韩学,男,1977 年出生,副教授,重庆(400045),E-mail: hanxue_cao@cqu.edu.cn
引用格式:黄彦彦,周琴,龙思远,等. 不同熔炼方法对 Mg-Nd-Zn-Zr 熔体品质影响[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(1):98-102.
HUANG YA Y, ZHOU Q, LONG S Y, et al. A comparative analysis on the refining quality of Mg-Nd-Zn-Zr melt with flux and gas purification approach[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(1):98-102.

[6] SANDEEP N, ANIMASAUN I L. Heat transfer in wall jet flow of magnetic-nanofluids with variable magnetic field[J]. Alexandria Engineering Journal, 2016,56(2): 263-269.

[7] 潘复生,张丁非. 铝合金及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

[8] ZHOU B, LU S, XU K, et al. Hot cracking tendency test and simulation of 7075 semi-solid aluminium alloy[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2020, 30(2): 318-332.

[9] 张兴孟,毛卫民,朱文志. Zn、Mg、Cu 对 7075 铝合金热裂性能和组织的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2014, 34(12): 1 336-1 339.

[10] 王志刚,徐骏,李豹,等. 7075 铝合金流变挤压铸造研究[J]. 特种铸造及有色合金,2014, 34(1): 54-57.

[11] 李俊文,赵海东,吴朝忠,等. 铝合金挤压铸造过程界面的传热行为[J]. 中国有色金属学报, 2014, 24(11): 2 727-2 734.

[12] 李元东,刘兴海,张心龙,等. 变形铝合金半固态近净成形研究进展[J].特种铸造及有色合金, 2014, 34(5): 471-479.

[13] FAN X G, JIANG D M, MENG Q C, et al. Characterization of precipitation microstructure and properties of 7150 aluminium alloy[J]. Materials Science & Engineering,2006,A427(1):130-135.

[14] 姜常鸣. 铸件的凝固方式与质量的关系[J]. 铸造技术, 1985(4): 58-60.

[15] 齐还襄. 挤压铸造[M]. 北京:国防工业出版社,1984.

[16] 程书建. 半固态 ZL101 铝合金制备及挤压铸造工艺研究[D]. 太原:中北大学,2016.

[17] 王慧,罗晓梅,李元东,等.固溶温度对铸造 Al-Si 合金热导率及力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2019,39(9):1 016-1 020.

[18] 吴孟武,华林,周建新,等. 导热铝合金及铝基复合材料的研究进展[J]. 材料导报, 2018, 32(9): 1 486-1 495.

[19] 范新会,李建国,傅恒志. 单晶连铸铝线材的导电性能[J]. 中国有色金属学报, 1999, 9(1): 3-5.

[20] YING T, ZHENG M Y, LI Z T, et al. Thermal conductivity of as-cast and as-extruded binary Mg-Al alloys[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2014, 608: 19-24.

[21] 阎守胜.固体物理基础(第二版)[M].北京:北京大学出版社,2003.

[22] 廖结莹. 快速凝固 7075 铝合金挤压材的微观组织与力学性能及耐腐蚀性能研究[D].广州:华南理工大学,2019.

[23] 王华,岳学庆,李韦璇.挤压铸造压力对 Mg-Al-Ca 镁合金组织及力学性能的影响[J].金属热处理, 2015, 40(4): 102-104.

(编辑:栗万仲)