Al-Si-Cu-Ni-Mg 合金凝固组织调控及 对高温拉伸性能的影响

李雪科¹,钱伟涛¹,孙克明¹,葛素静¹,霍臣明¹,王 吉¹,王印勤²

(1. 河北新立中有色金属集团有限公司,河北省轻金属合金材料技术创新中心,河北省轻金属合金材料产业技术研究院, 河北保定 071100;2. 开平综合职业技术学校,河北唐山 063000)

> **摘要:** 应用JMatPro软件、金相显微镜、高温拉伸试验机和扫描电镜研究了浇注温度和模具温 度对Al-Si-Cu-Ni-Mg合金凝固组织及高温拉伸性能的影响。结果表明:Al-Si-Cu-Ni-Mg合金的 凝固组织主要为α-Al和共晶硅,合金中的强化析出相主要为δ-Al₃CuNi、Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆、 γ -Al₇Cu₄Ni、 ε -Al₃Ni和Mg₂Si相;当控制浇注温度710 ℃,模具温度150 ℃时,Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中α-Al晶粒、共晶硅、富Ni相、Q相、Mg₂Si相尺寸最小,组织均匀程度和高温拉伸 性能达到最佳。

关键词: Al-Si-Cu-Ni-Mg合金;浇注温度;模具温度;凝固组织;高温拉伸性能

近几年随着国家提出"坚持人与自然和谐共生""中国碳达峰碳中和目标"等 一系列重要方针,未来工业必然向低碳绿色发展,尤其是汽车制造业^[1]。在降低车身 重量和提高燃油效率等众多方法中,车身轻量化是最高效、最便捷方法之一。研究 表明,汽车每采用1 kg铝合金替代钢材,将减少13~20 kg温室气体的排放^[2]。Al-Si系铸 造耐热合金具有铸造性能好、比强度高、耐磨性好、热膨胀系数低等优点,因此, 未来在发动机等耐热零部件制造过程中,Al-Si系铸造耐热铝合金将是钢铁材料的理 想替代品^[3]。

Al-Si系铸造耐热合金分为Al-Si-Mg、Al-Si-Cu和Al-Si-Cu-Mg-Ni(这些合金均 属于Al-Si系合金)等,其中Al-Si-Mg耐热合金主要通过Mg₂Si相的时效析出强化效 应提高强度,但高温下Mg₂Si相明显粗化使性能直线下降^[4-5]。Al-Si-Cu合金的研究中 θ -Al₂Cu相在200 ℃以上,Q-Al₃Cu₂Mg₈Si₆相在超过250 ℃后高温稳定性也会急剧下 降^[6-8]。研究表明,在Al-Si-Cu-Mg合金中添加Ni元素,促使形成Al₃Ni、Al₃CuNi、 Al₇Cu₄Ni等富Ni强化相可显著提高合金300 ℃以上的高温性能^[9-10]。因此研究Al-Si-Cu-Mg-Ni铸造耐热合金满足更加恶劣的高温环境,将使以铝代钢实现汽车轻量化的 目标更近一步。

王宪芬等^[11]研究了高性能Al-Si-Cu-Ni-Mg活塞合金中强化相的演化过程,以及W 相和Mg₂Si相在热处理过程中的演变过程。陈金龙等^[12]研究随着Ni含量的增加,Al-Si-Cu-Ni-Mg合金300 ℃时高温性能逐渐提高。贾祥磊等^[13]研究Cu元素对Al-Si-Cu-Ni 合金的组织和力学性能的影响。虽然在调控合金元素和热处理等方法对合金的组织 和性能方面的研究较多,但是凝固组织对合金的性能的提高同样至关重要^[14]。朱明 原等^[15]研究了电磁搅拌对ZL101铝合金组织的影响,结果表明磁场作用下得到非枝晶 组织。贾政等^[16]研究超声处理对7005铝合金凝固组织及除气的影响,表明超声波对 DC铸造铝合金具有良好的细化和除气作用。贾半江等^[17]人研究了浇注温度对ZL210A 铸造铝合金铸态力学性能和微观组织的影响。结果表明,浇注温度的提高将会导致 合金晶界处共晶相的增多,进而对合金的力学性能产生显著的影响。石帅等^[18]人研 究认为过高的浇注温度会使α固溶体及初晶硅的尺寸逐渐增大,进而导致合金力学

李 雪 科(1994-), 男, 硕士,主要研究方向为铝 合金材料设计与制备。电 话:18104993365,E-mail: lixueke@lizhong.com.cn 通讯作者: 王印勤,男,大学本科。 电话:17320862090,E-mail;

ay725535@126.com

作者简介:

中图分类号:TG146.2 文献标识码:A 文章编号:1001-4977(2023) 05-0545-08

收稿日期: 2022-12-12 收到初稿, 2023-01-26 收到修订稿。 性能的下降。通过电磁搅拌、超声处理、浇注温度等 手段调控凝固组织大多研究常温下合金力学性能,对 高温性能研究较少。因此本文通过浇注温度和模具温 度调控,研究了凝固组织对Al-Si-Cu-Ni-Mg合金热稳定 性的影响。

1 试验方案

1.1 试验材料

试验原材料选用铝含量99.7%的重熔铝锭、441工 业硅、金属镁、Al-40Cu中间合金、Al-20Ni中间合金。 试验合金的主要化学成分如表1所示。

表1 合金的化学成分 Table 1 Chemical composition of alloy w_B/%

Si	Cu	Mg	Ni	Fe	Al	
9.98	2.53	1.23	2.05	0.12	余量	

1.2 试验方法

将预先准备的重熔用工业铝锭和工业硅置于30 kg 电阻炉中,由室温升至780 ℃,待铝锭和工业硅完全熔 化后,将事先准备的Al-Cu中间合金、Al-20Ni中间合 金、金属镁加入铝液并充分搅拌。采用QSG750-Ⅱ铝 镁基直读光谱仪检测合金成分(如表1所示)。当合金 成分达到目标要求后,将铝液温度降至750 ℃,采用 99.99%的高纯氩气除气20 min。除气结束后向按0.2%比 例向铝液中添加STJ-A3精炼剂进行除渣。最后,分别 调整铝液温度为740 ℃、710 ℃、680 ℃和660 ℃,将 铝液分别浇至100 ℃、150 ℃、200 ℃和250 ℃的Φ15 mm 的铸铁试棒模具中并冷却至室温,加工成如图1所示 Φ10 mm的高温拉伸试样,每组试验浇注3个样品。

自拉伸试棒平行段中间位置取样,采用100目、 200目、600目和1200目SiC砂纸进行磨抛,磨抛结束后 采用9 µm、3 µm、1 µm和0.02 µm抛光液对试样进行抛



Fig. 1 Schematic diagram of high temperature tensile specimen

光;在ZEISS Imager A2m金相显微镜下观察合金的凝 固组织。每个试样选取15个视场,采用ProImaging金相 分析软件统计合金中α-AI的晶粒尺寸和针状共晶硅长 宽比、等积圆直径,并对统计的结果取平均值。通过 CMT5105型高温拉伸试验机检测样品的抗拉强度和断 后伸长率,拉伸速率采用1 mm/min。采用JMatPro13.2 软件模拟计算合金中析出相析出情况并在ZEISS EVO18 扫描电镜下进行观察。

2 试验结果及讨论

2.1 合金中析出相

图2为通过JMatPro13.2软件模拟得到的Al-Si-Cu-Ni-Mg合金凝固组织中析出相情况。结果表明,Al-Si-Cu-Ni-Mg合金的液相线和固相线温度分别为579.32 ℃ 和521.34 ℃,合金的凝固组织主要为 α -Al和共晶 硅,合金中的析出相主要为 δ -Al₃CuNi(Al₃Ni₂)、Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆、 γ -Al₇Cu₄Ni、 ε -Al₃Ni和Mg₂Si相。由 模拟结果可以看出, α -Al从579.32 ℃开始凝固结晶,在合金温度降至510 ℃时其含量最高达到83.06%;当合金温度降至560.13 ℃时开始伴随共晶Si相的析出;在温度降至510.12 ℃时,其析出量急剧增大到8.71%;随合金温度进一步冷却,其含量略微增加到9.13%。 δ -Al₃CuNi(Al₃Ni₂)相从530.78 ℃开始析出至243.51 ℃ 含量最多为4.82%;随合金温度降至车量。





图2 Al-Si-Cu-Ni-Mg合金凝固组织中析出相模拟结果

Fig. 2 Simulation results of precipitated phase in solidification structure of Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy

至4.54%。Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆相从510.12 ℃开始结晶析出 至室温含量达到3.96%; γ -Al₇Cu₄Ni相从46.12 ℃开始 出现含量为3.45%; ε -Al₃Ni相从536.48 ℃开始结 晶,随合金温度的降低,其含量先增加后减小,最后 逐渐增加,在530.78 ℃时其析出量为2.06%,350 ℃时 其含量急剧减少至0.12%;随温度进一步降低至室温, 其含量逐渐增加至2.37%。Mg₂Si相从531.73 ℃开始结 晶至530.78 ℃结束含量为0.42%。

图3为Al-Si-Cu-Ni-Mg合金XRD分析结果。图4 为Al-Si-Cu-Ni-Mg合金的SEM和能谱分析结果。经过 对XRD衍射结果的标定,并结合JMatPro13.2软件和 能谱分析结果,合金凝固组织中主要包含的析出相 分别为 δ -Al₃CuNi相、 γ -Al₇Cu₄Ni相、 ϵ -Al₃Ni相、









Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆相、Mg₂Si相、共晶Si。在SEM中可以 看出,在合金的凝固组织中δ-Al₃CuNi相存在三种形 态,一种在Mg,Si相周围生长呈灰白色细条状,一种 凝固过程中在 ε -Al₃Ni相周围生长,另一种为呈灰白 色网状的δ相周围常伴有Q相的生长^[6]。黑色条状或小 块状为 Mg_2Si 相。 ε -Al₃Ni相较 δ 相衬度深,主要呈灰 色块状,一部分单独存在,一部分和δ相形成团簇。 γ -Al₇Cu₄Ni相呈浅灰色与 δ 相衬度接近,主要呈现为 粗大的块状或小块状与Q相形成团簇^[6]。与基体衬度接 近呈浅灰色长针状为共晶Si。

2.2 浇注温度对凝固组织及高温拉伸性能影响

图5为模具温度为150℃, 浇注温度分别为660℃、

680 ℃、710 ℃和740 ℃下合金的凝固组织。可以看 出,随着浇注温度的升高,合金中的 α -Al的晶粒尺寸 逐渐减小,晶界上的富Ni相由骨骼状逐渐转变成细小 颗粒状,Q相和Mg,Si相有增大趋势。从图6-7可以看 出,当浇注温度为660 ℃时, α-Al的枝晶臂间距最大 为40.85 μm,针状共晶硅尺寸长宽比和平均等积圆直径 最大分别为1.78和3.32 µm。当浇注温度为710 ℃时,合 金中等轴和类等轴晶粒组织明显增多, α-Al的枝晶臂 间距逐渐最小为22.24 µm,针状共晶硅尺寸长宽比和平 均等积圆直径最小分别为1.58和2.59 µm, 同时晶界上 颗粒状Al₃Ni相、Al₃CuNi相、Al₇Cu₄Ni相等富Ni相数量 相对较多,组织均匀程度达到最佳。随浇注温度进一 步升高至740 ℃, α-Al的枝晶臂间距略增加至23.46 μm,





图6 不同浇注温度下Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中α-Al枝晶臂间距 Fig. 6 Thedendrite arm spacing of α -Al in Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy under different pouring temperatures



图7 不同浇注温度下Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中共晶硅长宽比和等积 圆直径

Fig. 7 Length width ratio and equal area circle diameter of eutectic silicon in Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy under different pouring temperatures 针状共晶硅尺寸长宽比和平均等积圆直径分别增大至 1.63和2.59 μm,晶界上颗粒状富Ni相数量明显减少, 针状富Ni相数量逐渐增多,Q相和Mg₂Si相长大。这可 能是由于浇注温度低时铝液的粘度较大,随着温度升 高铝液温度较模具温度差增大,过冷度增大,合金中 α-Al晶粒和共晶硅有效形核质点增加而尺寸减小。苑 高利^[14]等指出当浇注温度的升高,模具吸收合金液热 量增大,反而会使合金凝固过程中过冷度减小。因此 在温度710 ℃时组织较均衡,α-Al晶粒、共晶硅以及 富Ni相、Q相和Mg₂Si相尺寸均达到细小状态。

图8为模具温度150 ℃,浇注温度分别为660 ℃、 680 ℃、710 ℃和740 ℃,合金温度为300 ℃下的高 温拉伸性能。可以看出,随着浇注温度的升高,合





金的抗拉强度由110.3 MPa增加到136.5 MPa再降低至 134.2 MPa,断后伸长率由2.1%增大到3.2%后再减小到 2.5%。当浇注温度为710 ℃时,合金的抗拉强度和断 后伸长率最大,分别为136.5 MPa和3.2%。这主要是由 于,当浇注温度为710 ℃时,合金中大尺寸针状共晶硅 数量减少并向细小块状转变,其对基体的割裂减小; 并且α-Al晶粒尺寸最小且类等轴晶数量较多,基体能 够更加均匀变形;此时富Ni相、Q相和Mg₂Si相尺寸较 小。杨阳^[4]研究表明在300 ℃及以上时Mg₂Si相粗化长 大失去时效强化作用;Q相同样粗化,对高温性能不 利;富Ni相是350 ℃以上主要强化相。陈金龙研究Ni对 Al-Si-Cu-Ni-Mg合金组织和力学性能影响中提出富Ni相 具有良好的高温稳定性,钉扎位错并阻碍晶界滑移^[12]。 因此,合金在浇注温度710 ℃时高温性能达到最佳。

2.3 模具温度对凝固组织及高温拉伸性能影响

图9为浇注温度710 ℃,模具温度分别为100 ℃、 150 ℃、200 ℃和250 ℃下合金的凝固组织。可以看 出,随模具温度的升高, α -Al晶粒和共晶硅尺寸均先 减小后增大,晶界上富Ni相、Q相及Mg₂Si相尺寸逐渐 增大;另外,从图10-11可以看出随模具温度由100 ℃ 升高至250 ℃,组织中 α -Al枝晶臂间距由20.12 µm逐 渐增加到29.92 µm,针状共晶硅平均长宽比先由1.58 减小至1.54再逐渐增加至1.66,平均等积圆直径先 由2.59 µm减小至2.58 µm后增加至3.10 µm。当模具 温度为150 ℃时, α -Al枝晶臂间距和第二相尺寸最为 细小,富Ni相、Q相及Mg₂Si相颗粒状较多,组织最为





550 药造 FOUNDRY 有色合金



图10 不同模具温度下Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中α-Al枝晶臂间距 Fig. 10 Dendrite arm spacing of α-Al in Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy under different mold temperatures



图11 不同浇注温度下Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中共晶硅长宽比和等积 圆直径

Fig. 11 Length width ratio and equal area circle diameter of eutectic silicon in Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy under different mold temperatures

均匀。这是因为当模具温度较低时,过冷度较大,虽 然有效形核质点增多,晶粒细小,但对于共晶硅和第 二相来说,凝固太快元素来不及扩散,导致共晶硅变 成大块状。随模具温度的升高,过冷度减小,合金中 α-Al晶粒、共晶硅及第二相的有效形核质点增大。因 此在模具温度150 ℃时α-Al晶粒、共晶硅及第二相尺 寸均达到较小水平。

图12为浇注温度710 ℃,模具温度分别为100 ℃、 150 ℃、200 ℃和250 ℃,合金温度为300 ℃下的高温 拉伸性能。可以看出,随模具温度由100 ℃逐渐升高 至250 ℃,合金的抗拉强度先由130.4 MPa增加到 136.5 MPa后逐渐降低至125.2 MPa,断后伸长率先由 2.0%增加到3.2%后降低至2.6%。当模具温度为150 ℃ 时,合金的高温力学性能达到最佳,抗拉强度和断后 伸长率分别为136.5 MPa和3.2%。这可能是由于模具 温度在150 ℃时,合金中的 α -Al晶粒、共晶硅、富Ni 相、Q相及Mg₂Si相尺寸最小,较小尺寸的 α -Al晶粒、 共晶硅使合金在300 ℃高温下能够更加均匀变形,晶界



图12 Al-Si-Cu-Ni-Mg合金不同模具温度下合金的高温力学性能 Fig. 12 High temperature mechanical properties of Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy under different mold temperatures

上细小富Ni相对位错钉扎能力增强,Q相和Mg₂Si相在 300 ℃时会长大粗化^[4],失去提高高温性能能力。较低 模具温度下,合金过冷度过大,元素偏析倾向加剧从 而导致组织均匀性变差;随模具温度的升高,合金过 冷度减小,α-Al晶粒、共晶硅、富Ni相、Q相及Mg₂Si 相尺寸逐渐增大,从而对位错的阻碍能力减弱,进而 导致合金强度的降低^[7]。

2.4 合金断口形貌

图13为模具温度150 ℃,浇注温度分别660 ℃、 680 ℃、710 ℃和740 ℃下高温拉伸试样的断口形貌。 可以看出,浇注温度660 ℃和680 ℃时拉伸断口中存在 大量粗大光滑的解理平面,解理面主要是粗大共晶Si和 析出相脆断导致。当浇注温度为710 ℃时,解理面明显 减少并且韧窝数量增加,韧窝逐渐变深,随着浇注温 度升高,断裂形式由脆性解理断裂向脆性+韧性断裂转 变^[12],这是由于晶粒和共晶硅尺寸、第二相相逐渐细 化的结果。当温度进一步提高到740 ℃时,解理面尺寸 和数量均增加,韧窝开始变浅,740 ℃时组织中相开始 变粗大,高应力条件下第二相与塑性变形不协调产生 分离^[4]。从断口形貌随看解理面和韧窝的演变验证浇注 温度710 ℃时高温性能最好。

图14为浇注温度710℃,模具温度分别为100℃、 150℃、200℃和250℃下高温拉伸试样的断口形貌。 可以看出,当模具温度较低100℃时,断口形貌中存在 较大解理面,存在韧窝较少。随着模具温度提高,解 理面呈先减小后这件增大的趋势,韧窝数量在150℃达 到顶峰之后渐渐减少,到250℃时已几乎看不到小韧 窝,说明断裂先向韧性断裂再向脆性断裂演变。这是 由于模具温度升高在晶界上晶粒、共晶Si和第二相的长 大,在高温环境下铝基体塑性大大增加,而强化相与 基体变形不协调,导致界面应力集中开始分离,导致



Fig. 13 Fracture morphology of high temperature tensile sample under different pouring temperatures



(c)200 ℃ (d)250 ℃ 图14 不同模具温度下的高温拉伸试样断口形貌 Fig. 14 Fracture morphology of high temperature tensile sample under different mold temperatures

解理平面尺寸和数量增加^[4]。因此,在模具温度150 ℃ 时抗拉强度和断后伸长率最高。

3 结论

 (1) Al-Si-Cu-Ni-Mg合金中的强化析出相主要
包括δ-Al₃CuNi、Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆、γ-Al₇Cu₄Ni、 ε-Al₃Ni和Mg₂Si相。

(2)随浇注温度的升高,合金中的α-Al晶粒和 共晶硅尺寸均先减小后增大,富Ni相、Q相和Mg₂Si相 尺寸逐渐增大。当浇注温度为710℃,模具温度为150℃ 时,合金中 α -AI的枝晶臂间距逐渐最小为22.24 μ m,针 状共晶硅尺寸长宽比为1.58,平均等积圆直径最小为 2.59 μ m,组织均匀程度达到最佳。

(3)随浇注温度的升高,合金的抗拉强度和断 后伸长率均先增大后减小,当模具温度逐渐升高,合 金的抗拉强度和断后伸长率同样先增大后减小的变化 趋势。当浇注温度为710℃,模具温度为150℃时, 断口韧窝数量增加,解理平面尺寸小、数量少,合金 在300℃下高温抗拉强度和断后伸长率最大分别为 136.5 MPa和3.2%。

参考文献:

- [1] 李光霁,刘新玲. 汽车轻量化技术的研究现状综述 [J]. 材料科学与工艺, 2020, 28(5): 47-61.
- [2] 洪腾蛟,董福龙,丁凤娟,等.铝合金在汽车轻量化领域的应用研究 [J]. 热加工工艺,2020,49(4):1-6.
- [3] 张华炜,刘悦,范同祥.铸造耐热铝合金的研究进展及展望[J].材料导报,2022,36(2):149-157.
- [4] 杨阳. Al-Si多元合金中耐热相演变行为与协同强化机制的研究 [D]. 济南:山东大学, 2013.
- [5] RAM S C, CHATTOPADHYAY K, CHAKRABARTY I. Microstructures and high temperature mechanical properties of A356-Mg2Si functionally graded composites in as-cast and artificially aged (T6) conditions [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2019, 805: 454–470.
- [6] 郭永春,胥涛,李建平,等.Cu含量对共晶型活塞铝合金中液态析出相的影响[J].稀有金属,2016,40(3):207-214.
- [7] ZUO L, YE B, FENG J, et al. Effect of ε-Al₃Ni phase on mechanical properties of Al-Si-Cu-Mg-Ni alloys at elevated temperature [J]. Materials Science and Engineering A, 2020, 772 (1): 138794.1–11.
- [8] ABDELAZIZ M H, ELGALLAD E M, DOTY H W, et al. Strengthening precipitates and mechanical performance of Al–Si–Cu–Mg cast alloys containing transition elements [J]. Materials Science and Engineering A, 2021 (2): 141497.1–16.
- [9] YANG Y, LI Y, WU W, et al. Effect of existing form of alloying elements on the microhardness of Al-Si-Cu-Ni-Mg piston alloy [J]. Materials Science & Engineering, A, 2011, 528 (18), 5723–5728.
- [10] LIU Y, JIA L, WANG W, et al. Effects of Ni content on microstructure and wear behavior of Al-13Si-3Cu-1Mg-xNi-0.6Fe-0.6Mn alloys [J]. Wear, 2022, 500/501: 204365.1–12.
- [11] 王宪芬,刘相法,丁海民.高性能Al-Si-Cu-Ni-Mg活塞合金的相分析 [J]. 铸造, 2008, 57 (2): 126-129.
- [12] 陈今龙,叶兵,蒋海燕,等. Ni对Al-Si-Cu-Ni-Mg过共晶活塞合金组织和力学性能的影响 [J]. 热加工工艺,2021,50(4):32–37.
- [13] 贾祥磊,陈大辉,朱秀荣,等.Cu对Al-Si-Cu-Ni合金组织和力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2010,30(9):871-873.
- [14] 苑高利,钱伟涛,葛素静,等.ADC10铝合金凝固组织调控及力学性能研究[J].铸造,2022(7):833-838.
- [15] 朱明原,史文,杨森龙,等.电磁搅拌作用对铝合金显微组织的影响 [J].中国有色金属学报,1999,9(A01):29-34.
- [16] 贾征,喻兵,乐启炽,等.超声处理对7005铝合金凝固组织及除气的影响 [J].特种铸造及有色合金, 2022, 42 (7): 793-796.
- [17] 贾泮江,陈邦峰. 浇注温度对ZL210A铸造铝合金铸态力学性能和微观组织的影响 [J]. 材料工程,2009(6): 43-45.
- [18] 石帅,闫俊,范卫忠,等. 浇注温度对重力铸造Al-10Si-0.3Mg合金力学性能和热导率的影响 [J]. 铸造, 2021, 70(6): 695-699.

Solidification Microstructure Control of Al-Si-Cu-Ni-Mg Alloy and Its Effect on High Temperature Tensile Properties

LI Xue–ke¹, QIAN Wei–tao¹, SUN Ke–ming¹, GE Su–jing¹, HUO Chen–ming¹, WANG Ji¹, WANG Yin–qin² (1. Hebei Xinlizhong Nonferrous Metals Group Co., Ltd., Hebei Light Metal Alloy Material Technology Innovation Center, Hebei Light Metal Alloy Material Industry Technology Research Institute, Baoding 071100, Hebei, China; 2. Kaiping Vocational– Technical School, Tangshan 063000, Hebei, China)

Abstract:

The effects of pouring temperature and mold temperature on the solidification structure and high temperature tensile properties of Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy were studied by JMatPro software, metallographic microscope, high temperature tensile testing machine and scanning electron microscope. The results showed that the solidification structure of Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy was mainly α - Al and eutectic silicon, the strengthening precipitate in the alloy were mainly δ -Al₃CuNi, Q-Al₅Cu₂Mg₈Si₆, γ -Al₇Cu₄Ni, ϵ -Al₃Ni and Mg₂Si. When the pouring temperature was 710 °C and the mold temperature was 150 °C, the size of α -Al grain, eutectic silicon, Ni rich phase, Q phase and Mg₂Si phase was the smallest, and the structure uniformity and high temperature tensile properties were the best.

Key words:

Al-Si-Cu-Ni-Mg alloy; pouring temperature; mold temperature; solidification structure; high temperature tensile properties