

工艺参数对压铸镁合金 AM60B 流动性与组织性能的影响

Influence of Technology Parameters on Fluid and Performance of Die Casting Mg Alloy AM60B

阎峰云¹ 张庭凤¹ 孙立平¹ 王松海²

(1.兰州理工大学,兰州 730050; 2.兰州飞行控制有限责任公司,兰州 730050)

摘要:采用正交实验研究了工艺参数对压铸镁合金 AM60B 的流动性的影响,分析了影响的显著性,并选择了适宜的工艺参数对压铸镁合金 AM60B 的组织性能的影响进行了研究。结果表明,工艺参数对压铸镁合金 AM60B 的流动性的影响由大到小依次为:压射比压、浇注温度、模具温度和压射速度。在适宜的工艺参数下,AM60B 的力学性能可达到 $\sigma_b=252 \sim 299\text{MPa}$ 、 $\delta_5=12\% \sim 18\%$ 、 $\text{HBS}=58 \sim 62$ 和 $A_{K_1}=13 \sim 19\text{J}/\text{cm}^2$ 。

关键词:镁合金 AM60B, 压铸, 力学性能

中图分类号: TG292; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1006- 9658(2007)02- 3

Abstract:reducing An orthogonal experiment has been used to evaluate the influence of die casting parameters on fluidity of AM60B Mg alloy.The results showed that the influencing factors of fluidity of AM60B can be ranked in an order from the greatest to the smallest such as injection specific pressure, pouring temperature, die temperature and die filling speed. At a proper value of these factors, theme mechanical properties of AM60B alloy could reach $\sigma_b=252 \sim 299\text{MPa}$, $\delta_5=12\% \sim 18\%$, $\text{HBS}=58 \sim 62$ and $A_{K_1}=13 \sim 19\text{J}/\text{cm}^2$.

Keywords: Magnesium alloy AM60B, Die casting, Mechanical property

压铸镁合金的应用占镁合金应用的 98%^[1],压铸镁合金中应用最广泛的是 AZ91D 和 AM60B,AM60B 韧性较 AZ91D 高,但是强度较 AZ91D 低,因此研究工艺参数对 AM60B 的流动性以及组织性能的影响,提高铸件质量是非常重要的。

1 实验条件和方案

1.1 实验条件

实验用材料为 AM60B 镁合金,其成分(质量分数)见表 1。

表 1 AM60B 镁合金成分(%)

合金	Mg	Al	Mn	Zn	Be	Fe	Si	Ni	Cu
AM60B	93.58	5.9176	0.3048	0.1709	0.0003	0.0024	0.0196	0.0005	0.0018

用 10kg 电阻坩埚镁合金熔炼炉熔炼,采用自制的熔剂,并通入适量的 CO₂ 保护气体进行保护;通过实验观察,其阻燃效果明显优于常用熔剂 RJ-2 号。

收稿日期:2006- 11- 08

文章编号:2006- 188

作者简介:阎峰云(1962-) ,男,教授,研究方向:半固态成形技术

自制熔剂成分如下: MgCl₂ 为 45%,KCl 为 45%,冰晶石为 10%。

用目前世界上最先进的德国研制 DAK450- 54 型卧式冷室实时控制压铸机压铸性能试样,模具温度采用德国产 30kW 模温机控制,浇注温度用 3i 系列红外线测温仪进行测试,压射速度和压射比压通过压铸机进行设置。用万能试验机测定试样的室温拉伸性能,MeF₃ 金相显微镜观察显微组织,HBE-3000 型布氏硬度仪测定硬度,示波冲击试样机测定冲击韧度。

1.2 实验方案

采用正交试验法研究浇注温度、压射速度、模具温度和压射比压对 AM60B 镁合金流动性能影响的显著性。因素水平如表 2 所示,选用 L₉(3⁴) 正交表。

表 2 因素水平

水	因 素			
	浇注温度 A/	模具温度 B/	压射速度 V/(m/s)	压射比压 D/MPa
1	660	150	2.5	58.7
2	680	170	3.0	75
3	700	180	3.5	95

2 实验结果与分析

2.1 工艺参数对压铸镁合金 AM60B 的流动性影响
正交试验方案及试验分析结果见表 3。

表 3 正交实验方案与实验分析表

实验号	浇注温度 A/	模具温度 B/	压射速度 C/(m/s)	压射比压 D/MPa	流动长度 比
1	1	1	1	1	0.775
2	1	2	2	2	3.099
3	1	3	3	3	2.841
4	2	1	2	3	2.910
5	2	2	3	1	1.343
6	2	3	1	2	3.444
7	3	1	3	2	3.960
8	3	2	1	3	2.798
9	3	3	2	1	2.720
K1	6.715	7.645	7.017	4.838	23.89
K2	7.697	7.240	8.729	10.503	
K3	9.478	9.005	8.144	8.549	
k1	2.24	2.55	2.34	1.61	
k2	2.57	2.41	2.91	3.50	
k3	3.16	3.00	2.72	2.85	
极差 R	0.92	0.59	0.57	1.89	
因素主 次	DABC				

由表 3 可见，4 种因素的极差值(R)由大到小依次为压射比压、浇注温度、模具温度、压射速度。说明在实验取值范围内，压铸工艺参数对镁合金 AM60B 流动性影响最大的是压射比压，其次是浇注温度，模具温度和压射速度的影响相差不大，压射速度影响最小。

随着浇注温度的升高，合金的流动性增加。由于合金液发生凝固后，粘度大幅度提高，尤其是在接近固相线温度时，粘度急剧增大，导致其流动阻力显著提高，当流动阻力大于流动能力时，合金液的流动速度减慢，直至停止流动。而高的浇注温度延长了合金液的凝固时间，从而增加了合金的流动性。

随着模具温度增加，模具对合金液的激冷作用减弱，合金液的冷却温度梯度变缓，发生凝固的时间延长，流动能力提高。但是在流动过程中，合金液与模具之间存在一层间隙气膜，这使得由于模具温度增加对合金液体冷却速度的影响得到缓解。此外，合金液充填型腔的时间只有 30ms 左右，因此，在实验的模具温度范围内，模具温度的变化对合金流动能力的影响相对较小^[2]。模具温度过高，铸件会产生缩陷、拉伤甚至会发生粘模等现象。模具温度过低，铸件表面会产生流痕、花纹、冷隔等缺陷。

随着压射速度的提高，合金液的流动能力在 3.0m/s 时最好，在 2.5~3.0m/s 之间，流动能力随压射

速度的增加而增加，在 3.0~3.5m/s 之间合金液的流动能力随压射速度的增加反而有所下降。可以认为，随着压射速度的进一步增加，高速流动的合金液体容易卷进气体，气体占据型腔空间而增加了合金液

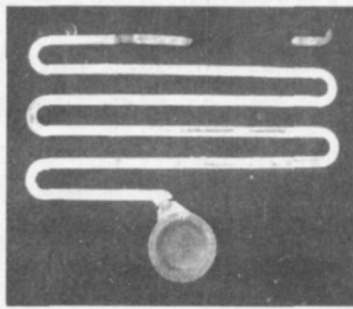


图 1 流动性试样卷进气体

的流动阻力，容易形成铸件内部气孔。图 1 所示为浇注温度为 700，模具温度为 150，压射速度为 3.5 m/s，压射比压为 75MPa 时合金液卷进气体时的情况。图 1 中试样前端空缺就是因为卷入气体而形成的。因此，综合考虑合金的流动性和铸件质量，应在保证铸件质量的前提下，尽可能选取低的压射速度。

压射压力在 75MPa 之前，合金液流动性随压力的增加而增加，压力大于 75MPa 后，合金液的流动性随压力的增加而下降。可以认为，在合金液前沿凝固分数达到一定值(通常为 10%~20%)^[3]之前，压力的增加抵制了合金的流动阻力，从而延长了流动时间，而在合金液的凝固分数超过一定值时，则合金液的流动性随压力的增加而下降。

压射压力在 75MPa 之前，合金液流动性随压力的增加而增加，压力大于 75MPa 后，合金液的流动性随压力的增加而下降。可以认为，在合金液前沿凝固分数达到一定值(通常为 10%~20%)^[3]之前，压力的增加抵制了合金的流动阻力，从而延长了流动时间，而在合金液的凝固分数超过一定值时，则合金液的流动性随压力的增加而下降。

2.2 压铸工艺参数对 AM60B 镁合金组织性能影响

2.2.1 浇注温度

图 2 (a) 为压射速度为 3m/s，压射比压为 50.9MPa，模具温度为 180 时，不同的浇注温度对 AM60B 压铸镁合金力学性能的影响。由图可见，随着浇注温度的增加抗拉强度、伸长率和冲击韧度均增加；当浇注温度在 660~680 之间时，增加较快；当温度超过 680 时，增加很缓慢，而硬度几乎没有有什么变化。本实验条件下抗拉强度、伸长率、冲击韧度和硬度的最大值分别达到 264MPa、12.7%、19J/cm² 和 HBS 60.4。

图 2(b)、(c)、(d) 所示为不同浇注温度对压铸镁合金 AM60B 显微组织的影响。由图可见，温度为 660 时，显微组织呈现较多的树枝晶；而温度在 700 和 710 时，树枝晶明显减少，晶粒较圆整。可以认为由于镁合金凝固潜热很低，随着浇注温度的提高，在压力作用下，高温金属液体有足够的流动能力和热量熔断树枝晶所致。但是，太高的浇注温度使晶粒粗大，反而会降低铸件的力学性能。因此，适宜的浇注温度应是 680~700。

2.2.2 压射速度

图 3 (a) 所示为浇注温度 680，模具温度

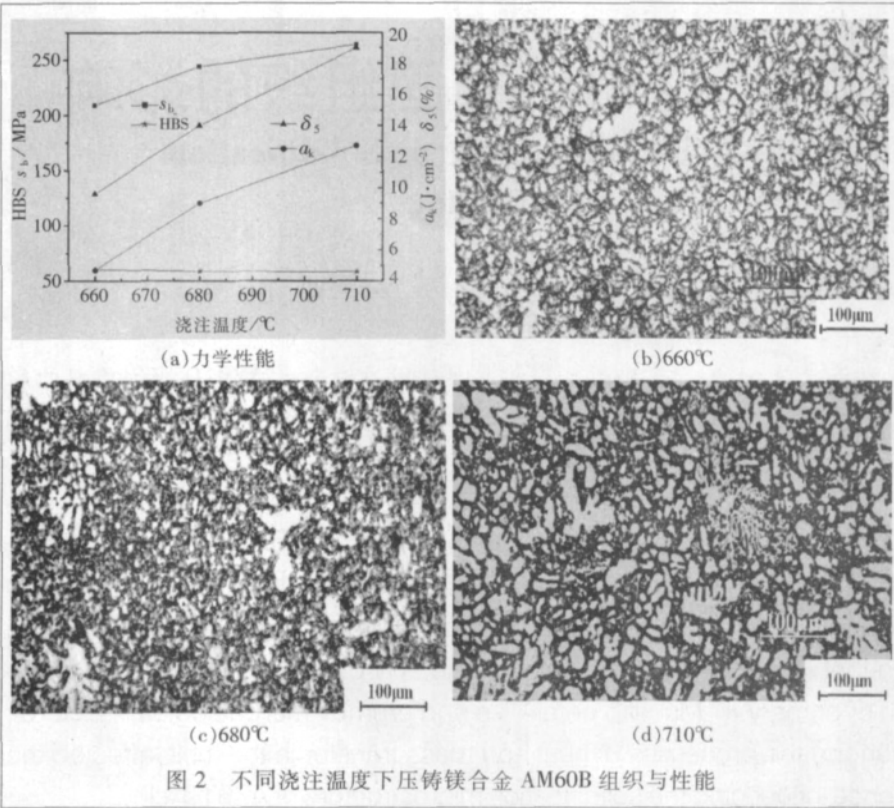


图2 不同浇注温度下压铸镁合金 AM60B 组织与性能

170 ,压射比压 51 MPa 时,不同的压射速度对压铸镁合金 AM60B 力学性能的影响。由图可见,随着压射速度的增加,压铸镁合金 AM60B 的抗拉强度和伸长率均下降,其中抗拉强度由 293MPa 下降到 217MPa,伸长率变化非常明显,从 20%降低到 5%,冲击韧度上升,从 13J/cm² 上升到 17J/cm²,硬度变化较为平缓,平均值为 58.25HBS。

图 3(b)、(c)、(d) 为压射速度的变化对显微组织的影响。由图可见,速度快时,有气体卷入,且晶粒大小不一。而速度在 2.5m/s 时,组织致密,晶粒圆整,大小较均匀。由于充型时间只有 30ms^[2],压射速度对合金液充型能力影响很小,随着压射速度的增加,高速流动的金属液体卷入气体和夹杂物且来不及排出而形成气孔,这些杂质和气孔的聚集处,就是裂纹容易产生处,从而降低铸件的力学性能。因此,适宜的压射速度应在 2.5m/s~3.0m/s。

2.2.3 压射比压

图 4 (a) 所示为浇注温度 700 ,模具温度 190 ,压射速度 3m/s 时不同的压射比压对压铸

镁合金 AM60B 力学性能的影响。随着压射比压的增大,抗拉强度和伸长率均增加,其中压射比压在 50~55MPa 之间伸长率增加较快,压射比压在 55~60MPa 之间增加缓慢,冲击韧度和硬度变化比较平稳。在本次实验条件下抗拉强度、伸长率、冲击韧度和硬度的最大值分别为: 299MPa, 18%、15J/cm²、HBS62.36。

图 4(b)、(c)、(d) 为压射比压的变化对显微组织的影响。由图可见,压射压力为 50.4MPa 或 54.8MPa 时,组织内有气孔或呈现较发达的树枝晶,而压射压力为 58.7MPa 时,组织致密,几乎没有树枝晶。可以认为,在一定范围内,随着压射压力的增大,压铸件的组织变得更为致密,较大的压力消除铸件内的气孔、疏松等缺陷,提高合金的致密度。较高的压力加快铸件凝固速度,树枝晶的破碎与脱落,使得晶核数量明显增多,从而起到了细化晶粒的作用^[4]。

3 结论

(1) 压铸工艺参数对镁合金 AM60B 流动性的影

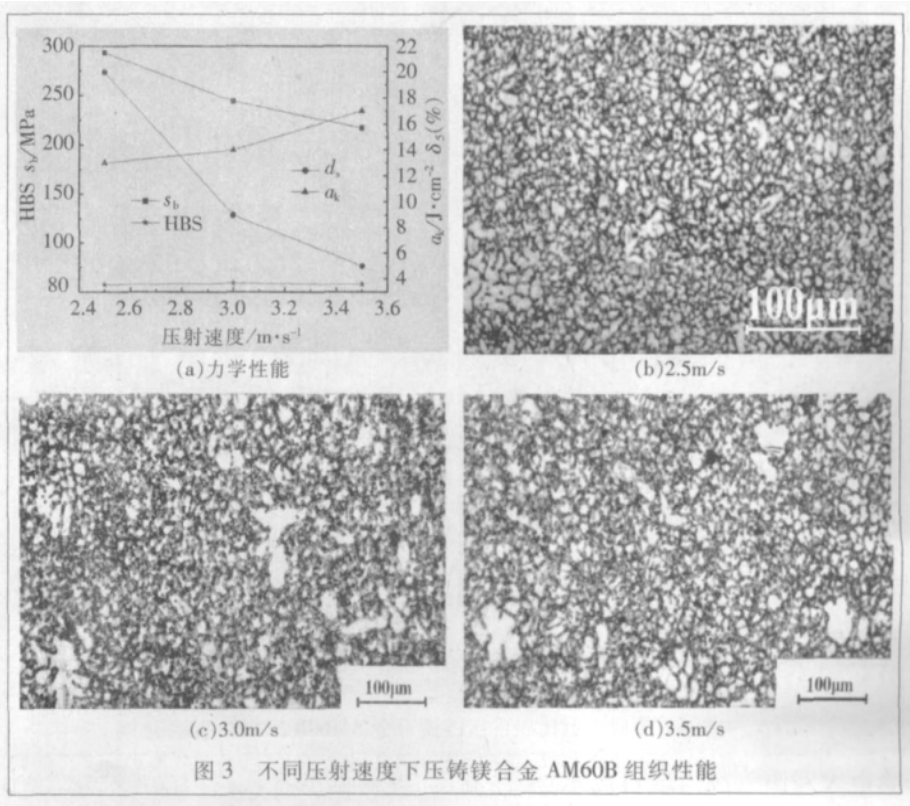


图3 不同压射速度下压铸镁合金 AM60B 组织性能

电磁搅拌对镁合金 AZ91D 凝固组织的影响

Effect of Electromagnetic Agitation /Stirring on Solidification Microstructure of AZ91D Alloy

韩富银 张金山 卢斌峰 太原理工大学材料科学与工程学院,山西太原市 030024)

摘要: 利用自制的电磁搅拌装置和淬火技术,研究了励磁电压和搅拌时间对镁合金 AZ91D 凝固组织的影响。结果表明:增加励磁电压和延长搅拌时间均有利于花瓣状和团块状的初生 α -Mg 相形成。电磁搅拌极大地改变了熔体中的传热和传质过程,影响了晶体的形核和生长,从而决定了凝固组织。

关键词: 镁合金, 电磁搅拌, 凝固组织

中图分类号: TG292; 文献标识码: A; 文章编号: 1006-9658(2007)02-3

Abstract: Effect of exciting voltage and agitating/stirring time on solidification microstructure of AZ91D alloy has been investigated using a self-fabricated electromagnetic agitation device and the quenching technology. The results have shown that increasing the exciting voltage and prolonging the agitating/stirring time is positive to the formation of primary α -Mg with petal-like and crumby morphologies. Electromagnetic agitation dramatically changed the processes of heat and mass transfer in the melt, affected the nucleation and growth of crystals hence influencing the solidification microstructure of AZ91D alloy.

Keywords: Magnesium alloy, Electromagnetic agitation, Solidification microstructure

收稿日期: 2006-10-18

基金项目: 山西省青年科技研究基金项目(20031039), 太原理工大学
科技项目(200101), 国家自然科学基金项目(50571073)

文章编号: 2006-179

作者简介: 韩富银(1966-), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向: 金属材料

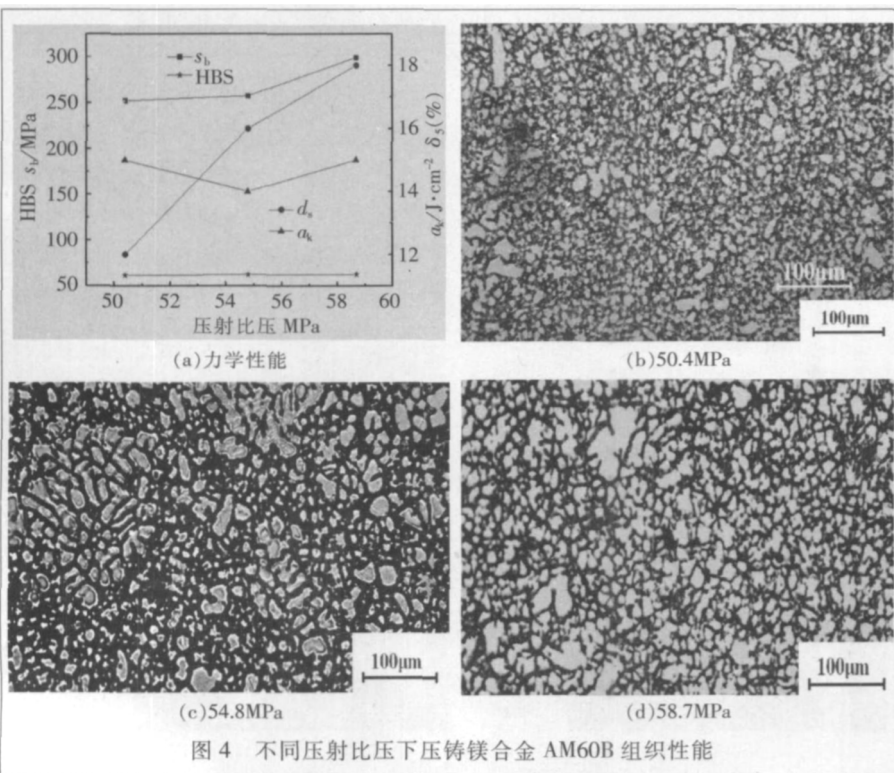


图4 不同压射比压下压铸镁合金 AM60B 组织性能

压射速度。本实验条件下最适宜的压铸工艺为: 压射比压 75MPa, 浇注温度 700、模具温度 150、压射速度 3.0m/s。

(2) 压铸工艺对组织和力学性能的影响很显著, 最适宜的工艺参数为: 浇注温度 680~700, 模具温度 170~200, 压射速度 2.5~3m/s。

参考文献

- 刘正, 张奎, 曾小勤, 著. 镁基轻质合金理论基础及其应用. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- 刘艳改, 刘文辉, 熊守美, 等. 工艺参数和型芯对 AZ91D 镁合金压铸充型能力的影响[J]. 铸造, 2004, 53(11): 883-886.
- 刘正, 王中光. 镁合金压力充型与凝固过程的研究[J]. 材料研究学报, 1999, 13(6): 641-644.
- 张永忠, 张奎, 崔代金, 等. AZ91D 镁合金的压铸工艺及性能. 铸造, 2000, (2): 74-105.

响由大到小依次为压射比压、浇注温度、模具温度、

的压铸工艺及性能. 铸造, 2000, (2): 74-105.