



高铝压铸锌合金 的性能及使用建议

技术专栏

在标准规格的压铸锌合金中，3号和5号锌合金比较为人所熟悉。很多压铸企业拥有成熟的工艺，利用这两款规格的锌合金压铸成各种各样的产品。不过，愈来愈多的产品对强度及耐磨性的要求渐高，如体育用品、汽车配件等，有些企业会选择使用其他型号的压铸锌合金，因此高铝压铸锌合金如ZA-8、ZA-12和ZA-27开始得到更多的关注。由于大部分企业对特别型号的锌合金接触和了解相对较少，以致在使用这些材料压铸时，铸件经常出现渣多、冷纹等缺陷。

锌基压铸合金 vs 高铝压铸锌合金

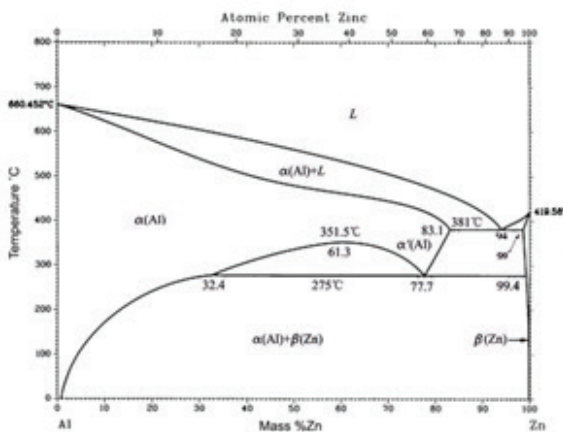
表一是北美压铸学会（DADCA）的锌合金标准成分表。他们把压铸锌合金分成锌基压铸合金和锌铝压铸合金，他们当中最大的区别就是铝含量。

锌基压铸锌合金的铝含量在锌铝共晶点附近（见图一和图二），其熔点相对较低，合金熔液具有较好的流动性，压铸性能良好。要留意的是若锌铝处于共晶点时，合金的冲击应力会显著下降，所以锌基压铸锌合金的铝含量会控制在4%左右。比如属于锌基压铸合金的3号和5号，都具备高流动性及易于压铸的特性，其综合力学性能可以满足一般的压铸产品的生产要求。

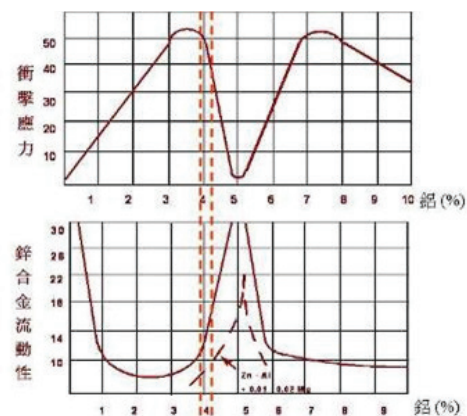
可是，如果产品对机械性能有所要求，高铝压铸锌合金会是较为合适的材料。

锌基压铸合金 Zamak (Zamak Die Casting Alloys)					锌铝压铸合金 (ZA Die Casting Alloys)		
商业标准 (Commercial) :	No.2	No.3	No.5	No.7	ZA-8	ZA-12	ZA-27
美国材料试验学会 (ASTM) :		AG-40A	AG-41A	AG-40B			
公称成分 (Nominal Comp) :	Al 4.0 Mg 0.035 Cu 3.0	Al 4.0 Zn 0.035	Al 4.0 Mg 0.055 Cu 1.0	Al 4.0 Mg 0.013 Cu 0.013	Al 8.4 Mg 0.023 Cu 1.0	Al 11.0 Mg 0.023 Cu 0.88	Al 27.0 Mg 0.015 Cu 2.25
详细的化学成分 (Detailed Composition)							
铝 (Aluminium) Al	3.5-4.3	3.5-4.3	3.5-4.3	3.5-4.3	8.0-8.8	10.5-11.5	25.0-28.0
镁 (Magnesium) Mg	0.02-0.05	0.02-0.05	0.03-0.08	0.005-0.020	0.015-0.030	0.015-0.030	0.010-0.020
铜 (Copper) Cu	2.5-3.0	最多0.25	0.75-1.25	最多0.25	0.8-1.3	0.5-1.2	2.0-2.5
铁 (Iron) Fe (最大, max)	0.10	0.10	0.10	0.075	0.075	0.075	0.075
铅 (Lead) Pb (最大, max)	0.005	0.005	0.005	0.003	0.006	0.006	0.006
镉 (Cadmium) Cd (最大, max)	0.004	0.004	0.004	0.002	0.006	0.006	0.006
锡 (Tin) Sn (最大, max)	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.003
镍 (Nickel) Ni	-	-	-	0.005-0.020	-	-	-
锌 (Zinc) Zn	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量

表一 北美压铸学会锌合金标准成分



图一 Al-Zn二元合金相图



图二 铝含量对锌合金流动性及冲击应力的影响

性能 / 合金型号	No.2	No.3	No.5	No.7	ZA-8	ZA-12	ZA-27
力学性能 σ_b /MPa	359	283	328	283	372	400	426
屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	283	221	269	221	283-296	310-331	359-379
延伸率 δ_5 /%	7	10	7	13	6-10	4-7	2.0-3.5
硬度 (HB)	100	82	91	80	100-106	95-105	116-122
抗剪强度 τ /MPa	317	214	262	214	275	296	325
冲击应度 α_k /J	47.5	58	65	58	32-48	20-37	9-16
疲劳强度 σ_{-1} /MPa	58.6	47.6	65	47.6	103	117	145
密度 ρ (g.cm ⁻³)	6.6	6.6	6.7	6.6	6.3	6.03	5
熔化范围 T/°C	379-390	381-387	380-386	381-387	375-404	377-432	375-484
比热 C/(J.kg ⁻¹ .°C ⁻¹)	419	419	419	419	435	450	525
热胀系数 α /(μm -1.K ⁻¹)	27.8	27.4	27.4	27.4	23.2	24.1	26
热传导率 λ /(W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	104.7	113	109	113	115	116	122.5
导电率 σ %IACS	25	27	26	27	27.7	28.3	29.7

表二 压铸锌合金的力学性能和物理性能

铝可以改善锌合金的铸造性能、细化晶粒，并且提高材料的机械性能。但另一方面，加入铝会降低锌合金的凝固点（即凝固温度），而铝含量超过共晶点的铝含量后，锌合金的熔点（即液化温度）也会开始上升。表二显示2号至7号锌合金的铝含量较为稳定，熔化温度范围接近；而ZA-8到ZA-27的熔化范围随着铝含量增加而扩大。因此，于锌合金中增加铝含量，虽然能带来力学及物理性能的提升，但同时也为压铸工艺带来挑战。

接下来，我们会探讨铝对锌合金压铸的影响。

一·压铸设备的选择

铝是一种比锌活泼的金属。从表三显示，在25°C的酸性溶液中，铝的标准电极电势为-1.676V，远低于锌的-0.7626V，这说明铝比锌更加活泼。在实际的压铸过程，铝可以置换出锌，同时也比锌更容易置换出设备（包括模具）中的铁。

从图一的铝锌二元相图，当锌合金中的铝含量高于5%（共晶点）时，开始有 α （Al）相存在，并且，铝含量越高，熔化温度越高，对铁的置换也就越大。因此，适用于锌基压铸合金的热室压铸机，其特定结构并不适合高铝锌合金的压铸；而高铝锌合金应该使用冷室压铸机进行生产。表四提供了不同规格锌合金的设备选择。

在酸性溶液中

电对	电极反应	E^{\ominus}/V
Li ⁺ / Li	Li ⁺ + e ⁻ = Li	-3.040
K ⁺ / K	K ⁺ + e ⁻ = K	-2.924
Ba ²⁺ / Ba	Ba ²⁺ + 2e ⁻ = Ba	-2.92
Ca ²⁺ / Ca	Ca ²⁺ + 2e ⁻ = Ca	-2.84
Na ⁺ / Na	Na ⁺ + e ⁻ = Na	-2.714
Mg ²⁺ / Mg	Mg ²⁺ + 2e ⁻ = Mg	-2.356
Be ²⁺ / Be	Be ²⁺ + 2e ⁻ = Be	-1.99
Al ³⁺ / Al	Al ³⁺ + 3e ⁻ = Al	-1.676
Mn ²⁺ / Mn	Mn ²⁺ + 2e ⁻ = Mn	-1.18
Zn ²⁺ / Zn	Zn ²⁺ + 2e ⁻ = Zn	-0.7626
Cr ³⁺ / Cr	Cr ³⁺ + 3e ⁻ = Cr	-0.74
Fe ²⁺ / Fe	Fe ²⁺ + 2e ⁻ = Fe	-0.44

表三 标准电极电势表

合金型号	No.2	No.3	No.5	No.7	ZA-8	ZA-12	ZA-27
建议使用设备	热室压铸机	热室压铸机	热室压铸机	热室压铸机	热室/冷室压铸机	冷室压铸机	冷室压铸机

表四 不同规格锌合金的设备选择

二·元素的烧损

铝比锌活泼，也就是说铝比锌更容易氧化。在压铸过程中，铝比锌更容易烧损，即铸件中的铝含量比原材料中的铝合金更低，而高铝锌合金中的铝烧损会比含铝量较低的锌合金为高，例如：ZA-27的铝烧损比3号高。所以，为了控制铸件成分的稳定性，压铸时必须控制好新料和返回料（水口料）的份量。当返回料比例过高时，便会造成铸件的铝含量偏低，这种现象在高铝锌合金压铸时会更明显。一般而言，返回料和新料的比例应少于1，即返回料的使用比例应少于整体使用的50%。

同时，高铝锌合金的渣率会比一般锌合金高，实际原因往往是熔料工艺所影响，而不是原材料的夹渣造成的。而且锌和铝在熔融时表面会产生一层致密的氧化膜，能阻止合金进一步氧化，故此渣量不会大幅度增加。



三·如何使用高铝锌合金

表三的锌合金熔化范围其实与图一的相图相对应，合金的凝固点在共晶点温度附近，而铝含量与共晶点铝含量的差值越大，锌合金完全熔化的温度越高。

由于2号、3号、5号、7号等较常用的锌合金的铝含量比锌铝共晶点铝含量（5%）低，熔料一般都比较顺畅。而ZA-8等高铝锌合金，由于铝含量比锌铝共晶点铝含量（5%）高，铝容易偏析，在熔料时形成更高熔点的高铝合金，这些高铝合金不单难熔，且密度较低，会浮于熔液上面，氧化后形成一种砂状物体，降低收率，同时造成铸件铝含量偏低，力学性能下降。

因此，如使用高铝锌合金，开始熔料时最好能调高熔料温度，待合金锭完全熔化后再将温度调整至压铸温度范围内以解决以上问题。表五是锌合金的压铸温度建议。

合金型号	No.2	No.3	No.5	No.7	ZA-8	ZA-12	ZA-27
凝固范围 T/°C	379-390	381-387	380-386	381-387	375-404	377-432	375-484
压铸温度 T/°C	415-435	410-430	410-430	410-430	430-460	460-500	510-550
熔料温度* T/°C	425-445	420-440	420-440	420-440	460-500	500-550	550-600

*熔料温度是指开始装料熔融时的温度

表五 锌合金压铸温度

四·高铝锌合金对模具的影响

铝含量增加会加快模具的腐蚀，影响模具的使用寿命。一般可以通过优化射流角度来减缓对模具的冲击，提高模具使用寿命。

若对高铝锌合金有任何疑问或在使用上遇到什么挑战，欢迎与我们的专家联络。

利记集团旗下的利保金属检测中心是香港首间获得「香港实验所认可计划」金属及合金检测之认可实验室，也是伦敦金属交易所之锌、铝及铝合金核准采样及检测商。

我们的专业技术团队协助产品制造商、压铸商及品牌企业分析金属相关的问题，并提供合适可行的解决方案。从过往二十多年为压铸及制造业解决困难的经验，我们量身定制不同的方案以帮助客户迎合行业发展的需要，提升他们的营运效率及展现具价值的效果。如阁下有任何疑问或查询，欢迎随时与我们的专家联络。

Promet

+852 3965 0870

info@prometlab.com

www.prometlab.com

免责声明：本文由利记集团（「利记」）所编制，仅供一般参考之用。利记及/或其关联公司于编制本文时已力求审慎，然而，本文可能载有由第三方提供的资料/数据，利记及/或其关联公司及/或其董事/雇员（1）不就本文内任何资讯/数据的完整性、准确性、可信性、适用性或可用性作任何明示或暗示的声明或保证；及（2）利记及/或其关联公司及/或其董事/雇员不须就本文内的全部或部分内容负责或承担任何责任，亦不须就包括但不限于使用本文提供的资讯或数据而引起或连带的任何直接/间接/相应损失或损害的一切后果/损害承担任何责任。尽管利记认为有关资料属可靠及现行，利记未有验证有关资料，亦不会声明有关资料是准确、现时或完整及是否可以倚赖。阁下须自行承担任何使用/倚赖本文内的任何资讯/数据的一切风险。如阁下对本文内的任何资讯/数据有任何疑问，阁下应咨询专业顾问。