

重力铸造锌基合金国内外 发展概况综述

锌基合金课题组
科技情报部

(马霆执笔)

洛 阳 工 学 院

一九八四年十月

工业用锌基合金，主要有压铸锌合金、超塑锌合金和重力铸造锌合金。本文主要讨论重力铸造锌合金。

一、发展历史的简要回顾

锌基合金的使用始于本世纪初，最先是用于压铸，三十年代研制出了Zamak 3和Zamak 5合金之后得到了较大的发展。

重力铸造领域使用锌基合金开始于第二次世界大战时期的德国，主要用于代替铜合金以解决其铜资源的缺乏问题，特别是代替青铜作轴承材料，发现锌合金轴承摩擦系数低，机械性能好，与润滑油的亲合性好，有较好的自润滑性。在一九三九至一九四三年期间，德国锌合金的用量由7,800吨增加到49,000吨，增长了六倍。

由于钢材镀锌和压铸锌合金消耗了当时锌产量的绝大部分，也由于战争和一些其他原因，锌合金在重力铸造方面未得到更广泛的应用和深入发展，但战后在欧洲重力铸造锌合金一直有所应用。这种状况从五十年代末起发生了变化。由于塑料工业的发展，压铸件市场受到很大的排挤和威胁，因为在常温应用领域，无论成本还是生产率，压铸件都不可能与塑料竞争。与此同时，出现了国际性的铜锡资源紧张，迫切要求寻找含铜含锡合金的代用材料，于是锌的市场出路和应用研究便开始转向重力铸造锌合金方面。一九五九到一九六二年，国际铅锌组织（ILZRO）研制出了用于重力铸造的ILZRO—12合金。七十年代中期以来，重力铸造锌合金的研究和发展进展更快，先后研制成功了ZA8，ZA27等合金，与ILZRO—12（即ZA₁₂）构成了一个重力铸造锌合金系列，在美国，加拿大，英国，澳大利亚等国迅速打开了市场。日本，苏联等国也都在大力进行重力铸造锌合金的研究和应用，紧紧跟了上来。

二、重力铸造锌基合金的成份和组织

目前国内外研究和应用的重力铸造锌合金主要集中于锌铝系合金。

1. 几种主要的锌铝系合金

应用较广的锌铝合金在Zn—Al二元相图中的位置示于图一。其中只有压铸合金ZA₄位于亚共晶区域，重力铸造锌合金〔ZA₈，ZA₁₂和ZA₂₇〕均位于过共晶区，其共同特点是：

①室温组织中都有初生 α 相。 α 相是锌在铝中的固溶体，是合金组织中强度大、硬度高的相。它具有很大的强化潜力，可以通过固溶、沉淀等措施加以强化。由于具有较宽的凝固温度范围， α 初晶形成枝晶骨架，因而随合金含Al量的增加合金的强度提高，硬度增加；但随着结晶温度区间增加，铸造性能恶化，缺陷（偏析、缩松等）倾向加大。

②共析体在合金组织中占相当的比例，因此共析反应对合金性能影响较大。在一般铸造条件下，共析反应均不能完全进行，有较强的自淬火效应，所得到的不平衡组织在室温下易于继续进行共析分解，因而产生一定程度的时效效应和尺寸不稳定性。

一般认为，增加含铝量有助于提高强度，所以重力铸造锌铝系合金有朝高铝方向发展的趋势。目前已成功应用的合金含铝量最高的是ZA₂₇，含铝26~28%，机械性能最好。正在研究中的合金，含铝量有的高达35%。

2. 锌铝系合金的强化——合金元素的作用

国内外资料报道的强化锌铝系合金的途径主要基于铝合金的强化。

①铜

铜是锌铝系合金的一种强化剂。它能固溶强化 α 相，可形成金属间化合物质点(CuAl_2 , CuAl_2Mg 等)，加入铜可大大减缓 ZnAl 合金的共析分解，铜量较多时能生成以 CuZn_3 为基的 ϵ 相，但过多的铜将影响合金的时效特性，引起机械性能下降和尺寸不稳定性加剧。

重力铸造锌合金中铜的含量一般随含铝量的增加而增加，变化范围为0.5~2.5%。

②镁

镁能固溶于 α 相，可以生成金属间化合物[CuAl_2Mg , $\text{T}(\text{Al}_2\text{MgZn}_3)$, $\text{B}(\text{Mg}_5\text{Al}_8)$ 等]，故也是一种强化剂，且只需微量便有很大强化效果。加入0.01%的镁，可使 $\text{ZnAl}_{2.7}$ 合金的铸态抗拉强度大幅度增加，由29.4公斤/毫米²增加到38.8公斤/毫米²，但超过0.01%后抗拉强度不再增加，反而略有降低；加镁后合金延伸率下降。

镁也影响固相反应，减缓共析分解。它还可以抑制晶间腐蚀，提高合金的抗蚀性。

重力铸造锌铝系合金的含镁量一般在0.01~0.03%范围内。

③其他元素的作用：

国内外资料普遍认为，铅，镉，锡降低合金的机械性能，加剧晶间腐蚀；铁和硅在合金中形成硬脆化合物，使机加工困难，且降低机械性能，均属尽量避免之列。

近年来，国外开始致力于用微量稀土元素Ce, La和Ti, B, Zr等作为晶粒细化剂，提高合金的机械性能，尤其是塑性，取得了较好效果。国内有人在合金中加入一些过渡族元素形成硬相质点，用作轴瓦合金，在提高合金的耐磨性能，降低摩擦系数方面取得了较大效果。

苏联有加钛高达2%的锌铝合金，以钛化合物相作为耐磨质点，作为轴承材料，据报导表现出较好的磨损性能。

3、其它重力铸造合金系

除锌铝系外，国外近年来也开始研究其它合金系，为 $\text{ZnCu}_{1.25}\text{Ti}_{0.25}$ 和 $\text{ZnCu}_{1.25}\text{Ti}_{0.2}\text{Cr}_{0.15}$ 等，据报导说据具有较好的蠕变抗力和机械性能，但未见有成功使用的报导。

国外广泛使用的重力铸造锌基合金的成份参看表一。

三、重力铸造锌基合金的性能特点

表一中也列出了锌基铸造合金的性能和典型应用。表二对比给出了锌基合金与一些常用合金的典型性能。

由表一和表二可以看出，锌基合金有以下特点：

(1) 有较高的强度和硬度，尤以 ZA_{27} 抗拉强度最高，超过几乎所有的有色合金以及灰铸铁和可锻铸铁， ZA_{27} 的比重大大小于铜合金和黑色合金，可以达到较高的比强度；

(2) 经热处理后可以得到较高的综合性能；

(3) 具有良好的铸造工艺性能，流动性好，凝固收缩率不大，对各种铸造方法的适应性强；

(4) 切削加工性良好；表面精整性好；

(5)具有良好的摩擦性能和耐磨性,尤适宜于代替铜基合金作轴瓦材料;

(6)压密性好;可以进行电镀和阳极化处理;

但它也有其本质缺点;如

(1)热膨胀系数较大;

(2)凝固温度范围较大,尤其是 Zn_{27} , 这个区间有 112°C ;

四、熔化工艺和铸造工艺特点

1. 熔化工艺

由于锌基合金的熔点低,锌的沸点低,锌和铝的比重差别大以及锌基合金对铁、硅、锡、铅、镉等有害元素敏感,因此带来熔化工艺上有以下特点:

①对熔化设备适应性强;感应电炉,电阻炉,燃油坩锅炉和燃焦炭坩锅炉均可用于熔化锌合金,但以前二者最为适宜;

②熔化工艺简单,无需专门的脱氧,造渣和除气处理,熔化过程中也不必使用复盖剂;熔化速度快,效率高;

③要求原材料纯度高,对铅、锡、镉等杂质要求严格限制;炉料要和铝合金、铜合金的炉料隔离放置;坩锅要干净,尽量避免使用熔化过铝合金或铜合金的坩锅,凡熔化过程中与合金液接触的铁质工具要仔细涂刷涂料,以避免杂质对合金的污染;

④特别要强调熔化过程中搅拌的重要性,要不断上下搅拌熔池,以避免锌和铝的比重偏析;

⑤熔化要尽量迅速,合金液不宜在高温下长期停置,过热度不宜太高。

据报导,合金对一定范围内的过度和反复重熔不敏感,可以回炉重熔,也可以使用预制合金锭熔化铸造。

2. 铸造工艺

重力铸造锌合金的铸造性能良好。与锡青铜相比,流动性好,收缩和热裂倾向小。如果是转产的话,可直接使用生产锡青铜或铝合金铸件的工装模具,不致产生大的问题。

由于合金熔点低,因此对铸型的耐热性要求低,不仅可以使用铸铁型,也可使用石墨型或硅化橡胶铸型。

砂型铸造时可使用任何有色合金铸造用的型砂系统。由于合金流动性好,要用细砂以避免机械粘砂,提高铸件表面质量,并要特别注意铸型的分型面以避免跑火和出披缝。

锌合金的浇注系统设计要防止金属液的紊流和加强铸件的顺序凝固,要用薄而宽的内浇口,以尽量避免热节。

在砂型铸造中易产生曳拉缺陷,它是一种凝固收缩缺陷,产生于铸件热节部位的下部表面,表现为向上的凹陷。据报导认为与铝的偏析有关,并受金属的浇注温度和浇注系统的强烈影响。因此铸件上质量要求高的表面应尽量放在铸型的上箱部位,采用冷铁可以有效地减小和避免这种缺陷。

五、应用概况

重力铸造锌合金优越的机械性能和优良的铸造工艺性能和机械加工性能,引人注目,被

人誉为“魔术合金”。而其较低的原材料成本和熔化耗能更增强它们的竞争能力。表三中列出了锌合金同铝合金及黄铜的熔化耗能比较，从表中可见，相同体积的合金耗能，铝合金为 ZA_{12} 的1.45倍，黄铜则为 ZA_{12} 的2.65倍。熔炼工艺简单，无污染也是铸造锌合金的优点之一，在今后环境保护要求日益严格的形势下更是一个重要因素。因此，重力铸造锌合金受到了国际上广大厂商和使用者的欢迎，尽管 ZA_{12} 问世只有二十年，而 ZA_8 和 ZA_{27} 才近十年历史，然而其研制工作的进展，推广应用的迅速，令人注目。美、加、西德、英、澳、日、苏等几乎所有的发达国家以及我国的台湾省都有成功应用，而开始研究和推广的国家则更多。

仅美国一个国家就有数十家公司和厂家在使用铸造锌合金，如Eastern Alloys Inc., Kidd Creek Mines Ltd., Standard White Metals Corp., 国际铅锌组织(ILZRO)等许多研究机构都有专门人员在从事锌合金的研究。

重力铸造锌合金不仅已成功地应用于传统的砂型铸造，金属型铸造，而且也应用于离心铸造，连续铸造，也是优良的压铸合金。锌合金的专业化生产正在高度发展，Eastern Alloys Inc.等公司已用商品合金锭供应市场，使用多种工艺方法，大大增加了生产批量的适应性，提高了产品质量和生产效率。

重力铸造锌合金正广泛用于作轴承材料，各种管接头，滑轮，各种承受冲击和磨损的壳体铸件等。

锌合金的应用带来了巨大的经济效益。用锌合金作轴承，尤其在重载低速领域代替锡青铜，显示出较大的承载能力和更好的抗磨性，而其成本却仅为锡青铜的一半左右。承受磨损的壳体件用锌合金制造可取消内衬套，大大提高了生产效率，降低了成本。锌合金可用石墨型铸造，可大大节省模具成本并大大提高铸件的尺寸精度。

Eastern Alloys Inc. 预测，现在应用市场中灰铸铁市场的1~2%，可锻铸铁的2~5%，铜基合金的7~14%以及铝合金市场的5%将为锌合金所取代。

六、存 在 问 题

象任何一种其它合金系列一样，重力铸造锌基合金也有一些缺点和不足，其中有些是由其本质所决定的，不大好改变，只能在使用中避免和尽量减少其不利影响，有些则要引起重视，在技术上采取措施加以克服。

1. 易产生比重偏析

由于合金的主要成分锌和铝的比重差别大，故易比重偏析，对结晶温度范围较大的合金(如 ZA_{27})这种倾向更大。因此，在熔化过程中必须加强搅拌；考虑铸型工艺时应尽量加强铸型的冷却能力，金属型要有足够的壁厚，砂型铸造时要注意在厚大部位或热节处安放冷铁。

2. 有一定缩松倾向

初晶 α 以枝晶方式生长，在结晶温度较宽的合金中缩松倾向较大，如 ZA_{27} ，对于 ZA_{12} 和 ZA_8 ，结晶温度范围较小，缩松倾向便较小。因此应在铸造工艺上予以重视。

3. 合金在砂型铸造中易产生曳拉缺陷；因此在考虑铸造工艺时应尽量降低浇注温度，增加铸型冷却强度，设计浇注系统时要尽量避免热节和加强铸件的顺序凝固，使用冷铁，并注

意将要求质量高的表面置于上箱。

4. 热膨胀系数较大。这是其本质缺点之一, 不易改变, 必须在使用时注意适当加大配合的间隙。

5. 重力铸造锌合金也有老化的潜在危险, 用于抗磨易损件老化的危害不大, 但若用于服役期限较长的结构件, 则必须深入考察研究其老化进程。

七、发展趋势预测和前景展望

重力铸造锌基合金近期会有一个很大的发展, 合金成份、组织和性能的研究会更深入更系统地进行, 其应用范围、生产规模和市场将迅速开拓扩大。国外学者预测, 二十一世纪将是锌合金的全盛时期。这主要是由锌合金性能优越, 成本低, 熔化能耗低等特点决定的。

通过合金化和其它强化措施, 合金的性能将会有进一步的提高, 但大幅度提高性能的路径在于热处理, 重力铸造锌铝系合金热处理的研究, 近年会更深入地进行。

重力铸造锌合金的应用将主要集中于定期更换的耐磨件, 易损件或其他一些服役期限较短的零件, 对于长期使用的结构件则还有待于解决老化和防蚀问题之后才能大幅度应用; 一些特种用途合金如无火花合金, 无磁性合金应用领域可能是锌合金的潜在发展市场。

合金成形工艺的发展研究在近期会更快进行。传统的砂型铸造和金属型铸造, 以及离心铸造, 连续铸造和压铸工艺将日臻完善; 低压铸造可能是较厚大的锌合金铸件的合适的成形工艺, 半固态铸造和半液态模锻对于大批量生产小件也许更为适宜。可以期待, 压力下成形并与一定的热处理相结合将会使锌合金的性能有较大幅度的提高。

随着锌铝系合金研究和应用的进一步深入, 该领域的基础研究的深入进展指日可待。例如锌铝系合金的不平衡状态图, 合金的合金化理论, 热处理工艺, 合金结晶和相变的热力学和动力学等理论问题的研究将更独立地, 系统地进行, 并将有迅速发展。

过去, 对锌合金的腐蚀和老化问题的研究主要针对压铸锌合金进行, 今后, 较高铝含量的锌基合金的腐蚀和老化问题将日益受到重视, 这方面的研究工作将日益深入。

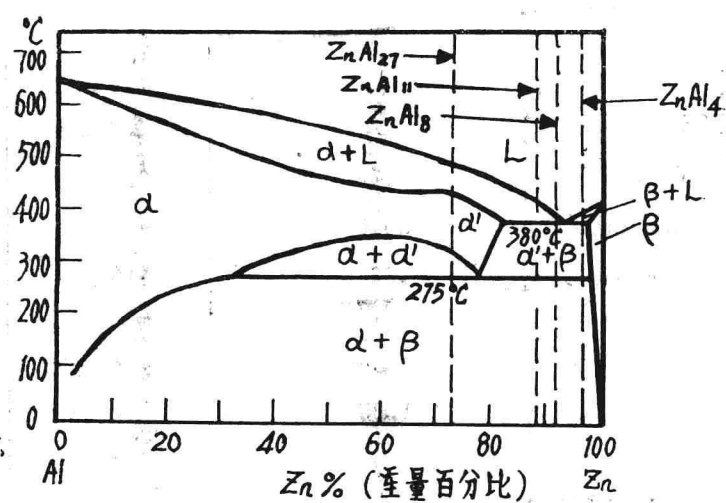
随合金使用范围的日益扩大, 合金的高温性能和其它一些特殊性能的研究, 锌基合金的切削加工和表面处理工艺的研究也将随之深入展开。

总之, 目前国际上重力铸造锌基合金的发展研究势头迅猛, 方兴未艾, 锌基合金的潜在市场宏大, 应用前景十分广阔。我国锌铝资源丰富, 蕴藏量均居世界前茅, 据报道我国锌藏量为5000万吨, 占世界总藏量的15%, 1980年我国产锌21万吨, 预测本世纪末锌的生产量将达80~100万吨, 因此立足国内富有资源, 大力发展锌基合金的研究和应用, 具有重大的政治意义和经济技术意义。

目前, 国内重力铸造锌基合金领域的研究工作还较落后, 与国外有着相当的差距, 虽有几个单位正在开展这方面的工作, 但均处于试验研究阶段, 况且对这一重大课题来说, 也太少了。这一领域的研究和开发, 已引起各方面的极大重视, 预计国内该领域的研究和应用在近期会有重大进展。作者期待国内同行有志于此者共同努力, 推动这方面的工作深入迅速地发展, 缩小与国外的差距, 迅速赶上和超过国际先进水平。

主 要 参 考 文 献

1. E. Gervais, H. Levert, The Development of the Family of Zinc—Base Foundry Alloys, A.F.S Trans., 88 (1980), 183
2. J.Barber , E.Jones, A New Family of Foundry Alloys, Foundry Trade Journal, 1980, 1, 114~131
3. Compositions, Properties and Typical Applications of Zinc Foundry Alloys, Metal Progress, Aug.1982, 53
4. A.F.Skenazi等, Some Recent Developments in the Improvement of the Mechanical Properties of Zinc Foundry Alloys, Metall, Sep.1983, 898—902
5. T. Murray, The Fracture and Engineering Properties of Zinc Casting Alloys, 11th International Die Casting Congress and Exposition, Paper №.G—T 81—081, Ohio, June.1981
6. J.Altorfer, Zinc Alloys complete with Brone in Bearings and Bushings, Metal progress, Nov.1982, 29
7. High—strength Zinc Castings out—hustle Aluminium, Brone, Modern Metals
8. High—Strength ZA Alloys Open new Markets, Die Casting Engineer, Jan—Feb. 1983, 26
9. D.Apelian等, Casting with Zinc Alloys, Journal of Metals, Nove 1981, 12—19
10. Антифрикционные свойства двух цинковых сплавов, Металловедение и термическая обработка металлов, №3. 1973, 33—35
11. Temel Savaskan and Samuel Murphy, Creep Behaviour of Zn—Al—Cu Bearing Alloys , Metallkunde, Feb. 1983, 76
12. E. Gervais等, Properties and Die Casting of the Zn—27% Al—2% Cu—0.01%Mg Alloy, Die Casting Engineer, Sep—oct.1981, 44—49



图一 锌铝二元相图

常用重力铸造锌基合金的成分和典型性能

表一

合 金 牌 号		ZA ₂₇	ZA ₁₂	ZA ₃
化 学 成 份 (%)	Al	25.0~28.0	10.5~11.5	8.0~8.8
	Cu	2.0~2.5	0.5~1.25	0.8~1.3
	Mg	0.01~0.02	0.015~0.03	0.015~0.03
	Fe (不大于)	0.10	0.075	0.10
	Pb (不大于)		0.004	
	Cb (不大于)		0.003	
	Sn (不大于)		0.002	
	Zn		余 量	
机 械 性 能	铸造方法	砂 铸 经热处理	砂 铸	金属型
	抗拉强度 σ_b (MPa)	400~440 310~325	275~310	220~255
	延伸率 (%)	3~6 8~11	1~3	1~2
	屈服强度 (MPa)	365 255	206	206
	硬度HB [500, 10, 30秒]	110~120 90~100	105~125	85~90
	冲击值 α_K (Kg-M/Cm ²)	3~5 5~8	2~3	
物 理 性 能	密 度 (g/Cm ³)	5.00	6.03	6.30
	热膨胀系数 (10 ⁻⁶ mm/mm/°C)	26.0	—	23.2
	导 热 率 (W/m ² /°C)	122.5	116	115
	导 电 率 (% IACS)	29.7	28.3	27.7
铸 造 工 艺 性 能	凝固温度范围 (°C)	487~375	432~377	404~375
	线收缩率 (%)	1.25	1.25	1.1
	流 动 性	G	E	E
	对各种铸造方法的适应性	砂 型	E	G
		金属型	E	E
		压 铸	E	G
其 它 性 能	切削加工性	E	E	E
	抗磨损性能	E	E	G
	压 密 性	F	E	G
	电 镀 性 能	P	G	E
	阳极化处理适应性	E	E	E

注: E—Excellent, G—Good, F—Fair, P—Poor.

铸基铸造合金与某些常用合金主要性能比较

表二

合金种类	重力铸造	压铸	铸基合金	压铸锌合金	青铜	黄铜	灰铸铁	可锻铸铁	铝合金
牌 号	ZA ₂₇	ZA ₁₂	ZA ₈	AC40A	85—5—5—5	BS1400—SCB ₃	GR30		365—T ₆
铸造方法	砂 型	砂 型	金属型	压 铸	砂 型	砂 型	砂 型	砂 型	
抗拉强度 (MPa)	400~440	275~310	220~255	283	255	185~250	207~234	276~756	228
延伸率 (%)	3~6	1~3	1~2	10	30	15~30	0	1~18	3.5
硬度HB	110~120	105~125	85~90	32	50~65	45~65	100~185	160~302	70
密度(克/厘米 ³)	5.00	6.03	6.30		8.796	8.5	7.192		2.68
熔化温度范围 (°C)	375~487	377~432	375~404		854~1009	920~1000	1149~1204		580~610

熔化能耗比较表

表三

材 料	需 要 热 量 (千卡/公斤)	相同体积需要耗能 (以ZA ₁₂ —公斤为准)	比 率 (以ZA ₁₂ 为1)
-----	--------------------	---------------------------------------	-------------------------------

ZA ₁₂	77.62	77.62	1
ZA ₂₇	102.49	85.15	1.10
39.95%Al	251.9	112.79	1.45
黄 铜	145.6	205.24	2.65

锌基合金文摘及题录

锌合金与青铜在轴承和衬套应用中的竞争——(Altorfer K.J.),《Metal Progr.》, 1982, 122, №8, 29—31(英文)。

本文通过美国和加拿大研制的高性能、高铝铸造锌合金ZA—12和ZA—27与青铜的性能对比表明,在低速、中温的情况下,用这两种合金能够代替青铜制造轴承和衬套。还介绍了这两种合金的成分。并说明ZA—12在任何情况下都不要热处理,ZA—27只在特殊情况下进行热处理。现场试验表明,锌铝合金具有较高的寿命。ZA—12允许的最高运转温度为95℃,ZA—27为120℃。锌合金的成本低于青铜。

Zn—27%Al—1%Cu—0.05%Mg合金的机械性能——(田上道弘等),《铸物》, 1982, 54, №12, 783—788(日文)。

研究了热处理对Zn—27%Al—1%Cu—0.05%Mg合金的抗张强度,延伸率和断裂韧性的影响,以及Al、Cu、Mg含量变化对其铸造材料的抗张强度和延伸率的影响。

热处理对Zn—27%Al—1%Cu—0.05%Mg合金机械性能的影响——(田上道弘等),《轻金属》, 1983, 33, №1, 9—15(日文)。

研究了热处理、含铝量、加热温度、时效变化和稳定化处理对Zn—27%Al—1%Cu—0.05%Mg合金机械性能的影响。

锌基铸造合金的发展——(Gervais E.等),《Transaction of the American Foundry men's Society》, 1980, Vol. 188, 183—194(英文)

本文介绍了Zn—27%Al—2%Cu—0.01%Mg; Zn—27%Al—2%Cu—0.03%Mg; Zn—27%Al—0.01%Mg的抗拉强度,延伸率。同时对三种合金作了蠕变、耐冲击和长期时效性能比较,结果表明Zn—27%Al—2%Cu—0.01%Mg合金比另外两种优越。

Zn合金石墨型铸造——《Modern Casting》, 1981, №7, 39—42(英文)

石墨型浇铸Zn—Al合金,是一项新的铸造技术。文中介绍了ZA—12, ZA—27, ZA—8合金的性能及石墨型铸造的优点。

锌在铸造业中的应用——锌铝重力铸造合金——《Modern Casting》, 1979, Vol. 69, №3

介绍了ZA—11, ZA—27, ZA—8三种重力铸造合金的机械性能,物理性能,以及它们与其他铸造合金的某些性能的对比。

锌合金压铸件应用范围的扩大——《Precis. Metal》, 1977, 35, №4, 47(英文)

锌合金零件的压铸——《Precis. Metal》, 1978, 36, №3, 51, 53(英文)

锌基铸造合金新系列——(Barber M. J. 等),《Foundry Trade J.》, 1980, 148, №3180, 114—124, 131(英文)

ZA₈, ZA₁₂, ZA₂₇, 是改变ILZRO₁₂(Al 12%, Cu0.75%及Mg 0.05%)成分而得到的。这种新合金具有成本低、铸造性能、机械性能和切削性能优越的特性,并用图及表格说明了新系列合金常温和高温时的机械和物理性能,以及其它使用性能。

锌基合金的发展——(Gervais E.等),《Mod. Cast.》, 1980, 70, №5, 77(英文)

文章叙述了导致新的高铝锌合金 ($\text{Zn}-27\%\text{Al}-2\%\text{Cu}-0.01\%\text{Mg}$) 和金属型合金 ($\text{Zn}-8\%\text{Al}-1\%\text{Cu}-0.015\%\text{Mg}$) 发展的冶金研究成果。略述铸造中可以变化的因素和铸造操作的影响, 并论述了一般的熔化操作方法。

锌合金铸造——(D. Aptelian 等), 《Journal of Metals 》, 1981, 33, № 11, 12—19 (英文)。

叙述了压铸和重力铸造合金的化学成分和机械性能。重力铸造锌合金是有生命力的工程材料, 它的工艺、经济效益以及机械性能与其他传统铸造合金相比有不同之处。

$\text{Zn}-\text{Al}-\text{Cu}$ 轴承合金的蠕变性能——(Temel Savaskan 等), 《Z. Metallkunde 》, 1983, 74, № 2, 76~82 (德文)

本文对含0.3和4%Cu的三种锌铝合金蠕变性能做了研究。在铸态条件下含2~5%Cu的合金、以及多数轴承合金由于熔点低, 导致蠕变性能差, 以偏晶混合物为基的二元锌铝合金, 在淬火、时效状态下可形成能被超塑的锌铝混合物, 但是, 铜可改善上述材料的蠕变抗力。

改进铸造锌合金机械性能方面的最新进展——(A. F. Skenazi 等), 《Metall 》, 1983, 37, № 9, 898~902 (英文)

本文研究了 ZA_{18} 、 ZA_{12} 和 ZA_{27} 的显微组织与机械性能之间的关系。讨论了热处理、冷却速率、特别是晶粒细化剂的影响、

$\text{Zn}-27\%\text{Al}-2\%\text{Cu}-0.01\%\text{Mg}$ 合金性能和压铸——(E. Gervais 等), 《Die Casting Engineer 》, 1981, 25, № 5, 44~49 (英文)

文中介绍了锌合金强度高、铸造性能好、易加工、能耗低等优点, 以及压铸厂家对 $\text{Zn}-27\%\text{Al}$ 合金所进行的生产评价。

能与铸钢竞争的锌合金——《Precis. Metal 》, 1980, 38, № 6, 21—22 (英文)

介绍了三种高铝锌合金的性能, 以具体事例介绍了用此类合金产品代替铸钢件的情况及比较结果。

Tg-12 锌合金 (锌基铸造合金)——《Alloy Dig. 》, (Filing Code: Zn-37), 1981, 8 (英文)

该合金抗拉强度 (4—5 万磅/英寸²) 适中, 成本较低可代替青铜和铸铁或可锻铸铁。它非常耐磨, 具有天然光滑面, 适合于制造润滑轴承和轴瓦, 应用于液压和气压零件也特别好。

有色金属工艺的发展方向——《Met. Prog. 》, 1983, 123 (1), 25~26, 28, 30 (英文)

摘要说明了1983年有色金属工艺的发展趋势。主要讲述了 $\text{Zn}-\text{Al}$ 合金 (ZA_{18} , ZA_{12} , ZA_{27}) 的发展趋向。

改变 $\text{Zn}-\text{Al}$ 合金稳定蠕变性能的因素——《Физика Твёрдого тела 》, 1981, 66 (1), 25~29 (俄文)

锌压铸件的性能和应用——《Br. Foundryman 》, 1981, 74 (4), 9~12 (英文)

压铸工人强烈要求试用锌铝合金——《Modern Metals 》, 1982, 37 (12), 29,

32, 34, 36, 38 (英文)

Zn—22%Al合金中共析体析出的动力学——《Z. Metallkd. 》, 1982, 73 (3), 179—184 (德文)

Zn—Al合金对改变压铸件性能的作用——《Precision Metal 》, 1982, 40 (7), 22, 24, 27 (英文)

关于压铸ZA合金的机械性能——(Loong C. A.), 《Die Casting Engineer 》, 1983, 27, №6, 38—40 (文英)

ZA—12应用 要害——(Calayag T. S.), 《Die Casting Engineer 》, 1983, 27, №6, 56—57 (英文)

高强度锌合金能与铸铁媲美吗? ——国际会议讨论ZA型合金的性能和应用——《Foundry Trade Journal 》, 1983, 155, №3268, 85—87 (英文)

锌合金压铸充型过程测试技术分析——(Breitinger R.), 《Giesserei—Praxis 》, 1983, №22, 343—351 (德文)

ZA—8热室压铸——《Die Casting Engineer 》, 1984, 28, №1, 24—25 (英文)

ZA合金压铸的进展——《Die Casting Engineer 》, 1984, 28, №1, 40—42 (英文)

ZA合金使人们感到兴奋——(Tony S. Calayag), 《Precision Metal 》, 1984, 42 (1/2), 18 (英文)

锌和锌合金的压铸冶金学 (I) ——《Precision Metal 》, 1984, 42 (5), 53—58 (英文)

