

第 25 届国际冶金年会

译 文 选



机械工业出版社

第 25 届国际冶金年会

译 文 选

洛阳工学院 材料系 耐磨材料研究室 译
 图书馆 科技情报部

审校 王洪敏 陈云贵 秦长江



机械工业出版社

1991.5

222376

第25届国际冶金年会译文选

材料系 耐磨材料研究室 译
洛阳工学院 图书馆 科技情报部

审校:王洪敏 陈云贵 秦长江

责任编辑:张秀恩 王兴垣

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

洛阳工学院印刷厂印刷

内部交流

开本 787×1092 1/16·印张 10.75·字数 264千字

1992年8月洛阳第1版 1992年8月洛阳第1次印刷

印数 00,001—1000

统一书号 ISBN 7-111-03579-8/TB·175(X)

译者的话

为适应我国发展锌基合金的需要,推动锌基合金推广应用的进程,翻译出版了这本译文选。

本译文选译自国际冶金学会(ICM)第25届冶金学年会(25th Annual Conference of Metallurgists—1986, August 17—20, 1986, Toronto, Ont., Canada)论文集。该文选反映了国际上锌基合金材料和成形工艺研究的最新成果,报道了锌基合金在世界各国于各个领域中的应用情况,对我国锌基合金研究的发展和推广应用有一定的借鉴作用和较高的学术价值。

我国锌资源丰富,储量占世界总储量的33%,居世界第一位,具有发展锌基合金得天独厚的优势。锌基合金力学性能高、摩擦性能优良、耐磨性好、无火花、无磁性等特点,可以广泛用以代替(锡)青铜、(铅)黄铜等铜基合金及其它金属材料。由于其原材料价廉,熔化耗能少,熔炼无污染,对成形方法的适应性广,切削加工性好等一系列优点,有着巨大的经济效益和社会效益。编者期望本译文集的出版能对我国锌合金事业的发展起到促进作用。

本译文选的翻译和校对由洛阳工学院材料系耐磨材料研究室和院图书馆科技情报部完成。由于水平有限,经验不足,译文中错误在所难免,敬请读者批评指正

译者

1991.5

内 容 简 介

本文选是根据在第 25 届国际冶金年会(25th Annual Conference of Metallurgists)上发表的有关锌铝铸造合金的 23 篇论文译成的《International Symposium on Zinc-Aluminum(ZA)Casting Alloys》。这些论文报道了有关锌铝铸造合金的组织、力学性能、加工性能、摩擦磨损性能方面的研究及其在各个使用领域中的应用情况,其成形工艺涉及到砂型、金属型、石墨型铸造、半固态铸造和锌铝基复合材料。其内容概括了国际上锌铝铸造合金的最新研究和应用成果。

本文选适合于高等院校、科研单位及工矿企业从事铸造和材料工作的工程技术及科研人员参考使用。

目 录

1	锌铝合金——向金属工业挑战·····	陈云贵译	陈全德校(1)
2	工艺条件对 ZA27 合金显微组织及力学性能的影响 ·····	陈云贵译	陈全德校(9)
3	Zn-11%Al 和 Zn-27%Al 合金显微组织的研究 ···	陈全德译	朱跃峰校(18)
4	半固态铸造锌基合金的金相学和性能 ·····	倪凤玲译	马 霆校(23)
5	锌铝铸造合金的机械加工性能 ·····	秦长江译	崔凤魁校(32)
6	关于锌铝合金的切削性能 ·····	郭东华译	崔凤魁校(40)
7	ZA12 和 ZA27 用作轴承的评估 ·····	王洪敏译	马 霆校(46)
8	锌铝合金的腐蚀抗力 ·····	朱跃峰译	马 霆校(57)
9	以锌铝合金基廉价复合材料开发的进展 ·····	魏 平译	罗全顺校(68)
10	半固态金属成型研究 ·····	魏 平译	陈云贵校(76)
11	温度、时效处理及壁厚对压铸锌铝合金的影响·····	朱跃峰译	马 霆校(83)
12	压铸工艺参数对高强度 ZA 合金性能的影响 ·····	马 霆译	朱跃峰校(90)
13	ZA 合金的砂型铸造 ·····	马 霆译	王洪敏校(99)
14	金属基复合材料的挤压铸造·····	王洪敏译	谢敬佩校(109)
15	锌-铝合金基复合材料 ·····	贺建东译	罗全顺校(118)
16	激冷铸造 Zn-Al 合金(ZA27)的时效特性 ·····	何彦永译	魏世忠校(126)
17	一项新的应用于铜-锡合金和锌铝合金(ZA27)的搅溶铸造工艺 ——铸造性能及力学性能 ·····	倪凤玲译	马 霆校(129)
18	用于危险场合电力设备的锌铸件·····	秦长江译	倪凤玲校(134)
19	石墨型精密铸造的工程设计·····	贺建东译	王洪敏校(142)
20	锌铝合金在英国的一些应用·····	秦长江译	罗全顺校(147)
21	锌铝合金在减摩轴承上的实际应用·····	马 霆译	王洪敏校(154)
22	ZA27 合金的高耐磨性能开拓广阔市场的前景 ·····	刘全煜译	宋延沛校(158)
23	ZA 合金在运输工业中的应用 ·····	倪凤玲译	秦长江校(162)

锌铝合金——向金属工业挑战

E. Gervais

(陈云贵译 陈全德校)

摘要 当今市场上,材料之间的激烈竞争是正常的,对常用金属材料尤其如此。它在所有传统的使用场合,都日益受到新材料或改良材料的挑战。目前,常用金属材料的使用主要取决于其固有性能及其工艺技术的配合。常用金属工业的未来,将依赖于创新的、高质量的产品开发;依赖于世界范围内对材料研究与开发的大量投资;依赖于材料市场开发规划的推动力及有效性。

锌铝铸造合金规划,就是锌工业通过开发先进技术、保护和扩大它在铸造领域中位置的一个例子。这种材料的市场潜力很大,它对传统压铸锌基合金消费的冲击非常突出。锌铝合金以其生产成本低廉、性能不断改善、成型方法多样,已经打开了许多新的应用场合。

本文在评述了锌铝合金的开发、主要性能和使用特点之后,讨论了摆在锌工业及其研究与开发组织面前众多的挑战。

前言

锌对于钢是阳极,腐蚀率低而均匀;它熔点低,铸件精度高,并且容易精整处理。锌除了用于保护钢和生产各种铸件外,还被用于:(1)生产黄铜、高强度铝合金和压铸镁合金;(2)精锻货币和建筑产品,尤其作为屋顶材料;(3)作为氧化物,用于橡胶工业、陶瓷、玻璃、化妆品、医药产品,以及许多化学药品的原料。

压铸铸件精度高、效率高、成本低、容易精整,且具有优异的力学性能。汽车节省燃料的要求、汽车式样的变化、设计的不断完善化和小型化,以及与其它材料的竞争,已经使压铸用锌量发生了很大变化。这种情况在美国尤其显著。从本世纪50年代到60年代,铸造是锌的增长最快的一种主要用法。据估计,稳定在整个锌用量的35%。到1983年,铸件用锌量已经下降到美国锌总用量的20%以下。在西方国家,锌铸件用锌目前在15%左右,基本上等于黄铜行业消耗的锌量。锌用于涂层占据了整个市场消费量的40%以上。

在锌的两个主要市场——汽车业和建筑业上,材料之间的竞争非常激烈。在与竞争材料严酷的较量中,锌象所有金属一样,在它所有的传统使用场合都正在受到挑战。某些应用上,因该金属成本低,效率高,且较易防护。可是,锌行业必须战斗在所有的前线,利用材料的研究与开发、市场的开发与宣传,来保护和扩大它目前的市场。还必须进行有创新性的研究开发工作,来开创新的机会。今天,为了适应高精尖的要求,特别对于航天、航空和军事工业,还有电子和塑料工业,世界各国都在对材料的研究与开发大量投资,来研制新材料。这些新的或改良的材料带来了新的产品,改进了现有产品。并在这个过程中,从原用材料那里争来了领地。锌铝合金规划、即是金属工业力求通过技术开发,保护和扩大锌在铸造领域中市场位置的一个例子。

锌铝合金的发展历史

锌铝合金的发展源于大约 25 年前,锌工业、尤其是通过它的研究机构——国际铅锌研究组织(ILZRO),发起了一系列铸造锌铝合金研究项目。这个研究工作的目的,在于研制新的和改良的合金。由此,出现了高性能的压铸机和薄壁锌件压铸工艺,产生了 ILZRO-16 和 ILXRO-12 两种压铸合金。

由于认识到砂铸 ILZRO-12 的力学性能,在一定程度上有点类似压铸 3 号合金,Radtke 建议把它用于试制锌压铸件,并最终以其自身特点作为重力铸造合金。在加拿大、澳大利亚、英国及在一定程度上在美国对该新型合金作的市场调查表明,锌铸造合金有明确的市场。可是,为了有效地与充分发展了的合金体系如黄铜、铸铁和铝合金等竞争,人们认识到需要使锌铝合金成为系列,每一种合金都有其特点。因此,Noranda 在 70 年代后期研制出 ZA8 和 ZA27 另外两种铸造合金,填补了 ILIRO-12(ZA12)合金的不足。

锌铝合金及其主要性能

表 1 是锌铝合金系列的化学成分。三种合金都有铜和镁,这两种元素都是用来强化锌铝合金的。从这个概念上讲,有微量的镁就很有效。在高湿度大气环境中,铅、锡、镉等杂质异常高时,镁还可防止晶间腐蚀。铜的加入也是来增大蠕变强度和耐腐蚀性。

表 1 三种锌铝铸造合金的成分范围(%)

(按 ASTM B669-84 铸锭标准)

元素	ZA8	ZA12	ZA27
Al	8.0~8.8	10.5~11.5	25.0~28.0
Cu	0.8~1.3	0.5~1.25	2.0~2.5
Mg	0.015~0.03	0.015~0.03	0.01~0.02

注:杂质限量 Pb0.004%,Cd0.003%,Sn0.002%

对 ZA12Fe0.075%,对 ZA27 和 ZA8Fe0.10%。

金属型铸造 ZA8 典型强度值为 221~225MPa,可满足对中等强度的需要,具有优异的表面精整性能。ZA12 可砂铸也可金属型铸造,拉伸和冲击性能更高。而开发的 ZA27 属于高强度合金,砂铸强度可达 414MPa。进一步的研究表明,这些合金很容易适应多种铸造方法。重要的是,压铸可显著提高 ZA8 和 ZA12 的抗拉强度。紧接在合金研制之后,又进行了大量表征工作,积累了锌铝合金的文件资料,为设计人员提供了完整可靠的工程数据。同样,还在铸造工艺及其它制造方面下了功夫,得出了切实可行的路线。

锌铝合金性能的报道已有很多。为了便于参考,在附录中列出了锌铝合金常引用的典型物理性能和力学性能,以及部分常用的传统铸造合金的性能。

材料表征样品评定、生产经验和现场试验,它们合在一起表明了锌铝合金具有下列特

点:

1. 与传统铸造合金相比,具有很好的力学性能和物理性能的配合。锌铝合金比铸造锌合金的抗拉强度增加 50%,室温蠕变强度提高 3~4 倍。在有持续应力的条件下使用,把锌合金的实际工作温度范围扩宽到 150°C

2. 与 C93200 工业标准铅锡青铜相比,具有出色配合的耐磨性能和轴承性能。例如:经精心设计的实验表明:锌铝合金具有优越的干磨损和润滑磨损性能。低的摩擦系数、更好的承载能力、更低摩擦温升和更宽的液体润滑特性。

3. 优异的减震性能,这更增加了它对汽车工业的吸引力。加拿大原子能有限公司正在进行的工作证明:锌铝合金的室温减震性比钢和铝高得多,比铸铁稍差。并指明其减震性随温度升高而增加,因而在汽车常遇到的引擎盖下面的温度下,减震性明显较高。

4. 广泛的制造工艺:压力铸造、砂型铸造、壳型铸造、金属型铸造、石墨永久型铸造、石膏型铸造、离心铸造、连续铸造、挤压和锻压。

5. 优异的表面精整性。尽管锌铝合金主要作为功能部件使用,但所有用于锌的表面精整的方法都能用于该合金的表面精整。

应用及市场潜力

1975 年,美国纽约州 Maybrook 的 Eastern Alloys 公司,靠着 Norandar 的技术支持,决定将锌铝合金投入市场。这种开拓性做法很快带动了英国斯塔福郡 Cannock 的 Brock Metal 公司、美国俄亥俄州 Maple Heights 的 Certified Alloys 公司、德国纽伦堡的 Hetzel Metalle 公司。明显活跃的生产者有 Noranda、Kidd Creek 和 Cominco。目前,有重大意义的市场发展规划还在美国、英国、加拿大和比利时进行。

锌铝合金以其轴承性能、耐磨性能、强度性能、以及少余量成型能力(从而取消机加工工序),与较多的传统材料展开了竞争。文献已出现过大量的锌铝合金应用方面的实例报告。1986 年 8 月在多伦多举行的国际锌铝铸造合金研讨会上,讨论了许多应用方面的例子。大批量生产的部件重量范围从不足 1g 到 225kg。该合金几项代表工程意义的应用包括:

1)ZA27 缆绳绞盘;其额定负载是压铸铝同样绞盘的 2.5 倍以上。

2)四轮驱动车用的锁轮(美国通用和福特公司制造);传统压铸合金不能满足性能要求;压铸 ZA8 以其优异的蠕变抗力,满足了各项指标。

3)英国 Leyland 汽车用的马达机座;这个例子说明了它在这种温度下的强度和冲击能力。

4)通用汽车公司的带篷运货车车门定位器;利用了锌铝合金韧性、耐磨性和强度上的优点。

5)使用在旋转圆锥破碎机座套上;利用其承载能力和耐磨性。

6)代替有青铜轴承嵌件的阳极化硬铝和传统的锌压铸件。

7)用在一种支票戳子机上作外壳;消除了使用铸铁过大的精整处理。

1984 年,美国一家咨询公司为 Noranda 完成了一项关于北美锌铝合金可获得功能性

市场的调查研究. 这个研究表明锌铝合金市场潜力约占庞大的铸件市场总量的 1.3%, 即约 180000t. 很大程度上由于该合金的少余量成型能力和密度上的优势, 单从铸铁市场就可获得 94000t 用量; 其耐磨性和强度有潜力能使该合金从铜合金中获得 21000t 用量. 也有一些可能来替代塑料. 这项研究还表明: 如果金属工业愿意资助积极的技术推广, 这些合金投入市场的量预计将以每年至少 30% 的速度增长。

技术关键

锌铝合金已经成功地扩大了铸造锌合金有限的使用温度范围. 市场开发表明, 在有持续应力的环境中, 特别是用在功能性强的汽车市场上, 这些改善已经为其应用打开了重要路子。不过, 继续提高这些新建立的性能水平, 将把路子打开得更宽。

前面提到的对功能上可获得的市场作的研究表明: 锌合金适度高温条件下力学性能的改善, 将使其市场有相当大的增加. 根据在 75℃ 以上, 抗蠕变性和抗拉强度提高一倍作的估算表明, 市场潜力的增加每年会多于 10 万 t。

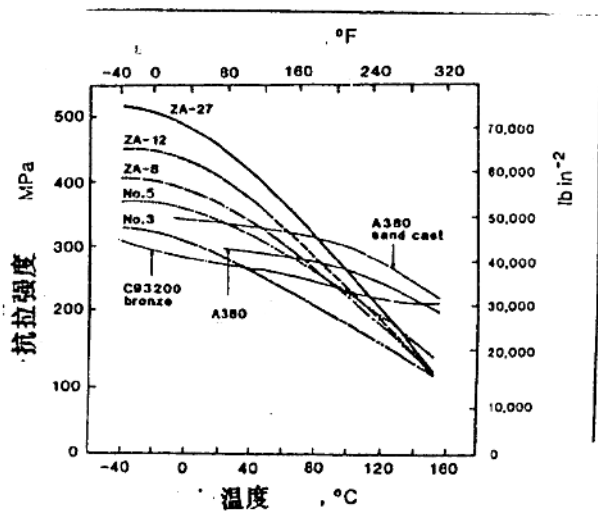


图 1 温度对锌铝合金和常用压铸锌合金、A-380 铝合金和 C93200 青铜抗拉强度的影响

锌铝合金面临大量的技术挑战。首先是如何提高合金在 75~150℃ 温度范围内的力学性能。研究一下图 1, 会有助于描述温度对锌铝合金抗拉强度的影响; 这在一定程度上也促使了向物理冶金学家提出挑战. 此图还列出了传统的压铸锌合金、最常用的压铸铝合金 (A380) 以及铅锡青铜 (C93200) 的性能. 在室温下, 锌铝合金的拉伸强度比其它合金高得多. 但随温度升高, 其抗拉强度明显下降. 例如在 100℃ 下, 压铸 ZA27 与压铸铝的拉伸强度相同. 在 150℃ 下, 所有锌合金的抗拉强度在 100~150MPa 之间. 因而可以说, 锌铝

合金室温抗拉强度绰绰有余,其合金的发展应着眼于改善适度高温下抗拉强度和其它主要的力学性能。最高温度定在 150℃,因为锌在这个温度已位于其熔点的 61%处(以绝对温度计算);经验表明,这已经接近了在受持续应力场合使用中、所能开发出有实用性力学性能的最高温度。

其二是应将铸态伸长率提高到约 15%。比利时冶金研究中心的研究者们,一直在积极地研究一种 ZA27 合金变质剂,并已取得了有成效的结果。

其三是来自生产工艺领域的挑战,这包括:

1. 使 ZA27 热室压铸工艺完善、成熟及商品化;

2. 优质 ZA27 重力铸造合金的生产。普遍认为最终性能指标可以定在:屈服强度 375~400MPa,伸长率大于 10%,室温冲击韧度大于 60J, K_{IC} 值约 $30\text{MPa}^{-1/2}$;

市场的开发至今没有削减巨大的市场潜力。目前的市场量处在约 5000t,以大约每年 50% 稳定增长。此外,锌铝合金对传统的锌压铸合金消费有着明显的冲击。1985 年,商品研究部门(CRU)对金属市场作了一次大型调查,专家们将对锌铝合金行情的调研命名为:“锌铝合金——一步步开拓市场”。

这个题目恰当地表明了该合金市场发展到目前的水平,可以说已做了大量细致而坚持不懈的工作。

商品研究部门将锌铝合金的市场归纳为以下几个特点:

1) 需要竭尽全力地开发

2) 使合金能适应各种不同种类、性质的应用场合;每一种均应有自己的试验和评估标准。

3) 要有锌行业各个部门整个系统的努力,即金属锌坯料生产厂——锌合金生产厂——铸造行业——部件装配等。

挑战

市场开发

业已明确显示,锌铝合金在性能和成本上能够与传统材料竞争,已获得的市场不仅来自普通铸造业,还来自螺纹件加工过程、粉末冶金制造和零件冲压。Noranda 的经验、加上咨询部门的分析表明:锌铝合金的市场开发受到下面一系列的挑战。

1. 必须在国际间努力加强对整个市场的开发,达到 30% 的年增长率。但目前仅有一小部分专门的独立团体在进行这个工作。

2. 坯料生产者、合金生产者和铸造工作者的工作必须紧密地配合。这样就必须明确生产部门的作用、以及市场开发组织(如锌研究所和锌开发协会)的作用。

3. 市场研究人员必须密切地与生产制造人员,工艺人员和设计人员保持密切联系。促使他们采用锌铝合金,并确保对该合金的长处及局限性有充分的考虑。

4. 必须给予研究与开发组织强的市场反馈。以便在最有效的研究与开发决策支持下,来利用其有限的工业资源。

考虑锌铝合金极其好的轴承性能,可以对上面所提到的挑战举一个例子。研究人员研

制新型锌基轴承合金有许多条途径:或加入其它合金元素;或发展金属基复合材料。追求这些技术方向是否有价值?如果有,那么一个研究与开发规划的靶子应该是什么呢?

5. 增大锌铝合金工业的实力,促进计算机辅助设计(CAD),并提供详细的、完整的和实用的铸造使用手册。

6. 开发、修改或简化各种新制造方法。如挤压铸造、胎模锻造、流变铸造和搅溶铸造。

锌铝合金的开发为创造者和有创新的研究与开发组织提供了广阔的天地。上述提到的许多技术挑战,需要有好的、周密的、稳定的研究与开发规划的支持。这同样向世界上学术领域的同行提出了挑战:要求对锌铝合金时效过程机理给予更好的认识;指明析出物如何弥散和稳定析出的途径;并对蠕变和断裂等的基本机制进行研究。

金属工业

1986年5月在多伦多召开的金属公告会议上,Noranda销售公司经理W. G. Deeks在他的“谁是对手”的文章中总结到:金属工业的未来取决于能源、生产率、质量和市场四个方面。在最后一点还讲到,金属工业必须成为带动市场的一个工业。使用了锌铝合金的开发规划来展示了研究的价值。

很自然地,作者支持上述金属工业必须带动市场的观点。锌铝合金的开发已经验证了:听取使用金属的行业及这些行业的用户的意见,听取与他们一起工作取得的成绩,都是很有价值的。这样能更清楚地确定他们的需要,从而做到轻重缓急。金属工业必须采纳从锌铝合金的开发获得的经验,改善已经取得的成就。

目前,金属工业仅化费了它收入总值的0.2%用于产品研究与开发和市场开拓上。为了提高金属的竞争力,在这方面必须要有明显增加;将这一开支提高到1%并不过份。金属工业还必须要集中力量,致力于明确的攻关方向。由于金属工业不可能冒险、把精力消耗在无建设性方向或太多意义不明确规划上,所以它必须利用其整个供应网络人力物力的优势。

最后,金属工业必须抓住锌铝合金所创造的机会,迎接本文所提出的各种挑战。

结论

一种材料仅以其固有的性能是不足以成功地商品化的。例如,如果没有研制出Senzimir钢连续浸镀工艺和高度成熟的控制锌镀层厚度、均匀性和表面质量方法的话,那么今天锌的市场将在何处?如果电解锌提纯法和热室压铸工艺没有发明,锌铸件市场在何处?目前常用金属的使用靠的是金属固有性能、产品开发和产品性能及经济优势宣传工作的一种组合。因而结论是:各种材料、无论是传统的、新型的还是先进的,并不是材料本身之间的竞争,而是工艺技术的竞争,是开发和扩大市场替代其它材料的竞争。金属市场的未来依靠新的高质量产品的开发;依靠生气勃勃的、有效的市场开发规划。

在材料及其市场的激烈竞争中,金属工业必须开发必要的技术、改进质量,没有别的途径可走。既然金属工业从自己过去的失误中已学到了不少东西,它一定能战胜前面许多的挑战,开创它自己的未来。

附录 典型铸造合金性能的比较

合金	铝					
	NO.3 AG-40A	NO.5 AC-41A	ZA8	ZA12	ZA27	
性能	压铸	压铸	金属型 压铸	砂铸	金属型 压铸	砂铸 HT(1)
物理性能:						
密度 $\text{lb/in}^3 (\text{g/cm}^3)$	0.24 (6.60)	0.24 (6.70)	0.227 (6.3)	0.218 (6.03)	0.181 (5.00)	
熔化范围 $^{\circ}\text{F} (^{\circ}\text{C})$	718~728 (381~387)	717~727 (380~386)	707~759 (375~404)	710~810 (377~432)	707~903 (375~484)	
热膨胀系数 $\mu\text{in/in}^{\circ}\text{F}^{-1} (\mu\text{m/m}^{\circ}\text{K}^{-1})$	15.2 (27.4)	15.2 (27.4)	12.9 (23.2)	13.4 (24.1)	14.4 (26.0)	
热导率 $\text{BTU ft}^{-1} \text{h}^{-1} \text{F}^{-1}$ ($\text{W/m}^{\circ}\text{K}^{-1}$)	65.3 (113)	62.9 (109)	66.3 (115)	67.1 (116)	72.5 (125.5)	
电导率 % IACS	27.0	26.0	27.7	28.3	29.7	
力学性能:						
抗拉强度 $\text{lb/in}^2 \times 10^3$ (MPa)	41 (283)	48 (331)	32~37 (221~225)	53~56 (365~386)	40~46 (276~317)	45~50 (310~345)
屈服点 $\text{lb/in}^2 \times 10^3$ 0.2% (MPa)	32 (221)	39 (269)	29~31 (200~214)	41~43 (283~296)	30~31 (207~214)	36~40 (248~276)
杨氏模量 $\text{lb/in}^2 \times 10^6$ (GPa)	—	—	12.4 (85.5)	12.0 (82)	11.3 (77.9)	11.3 (77.9)
伸长率 % in 2in (51mm)	10	7	12	6~10	1~2	1.5~2.5
HB 500—10—30s	82	91	85~90	99~107	92~96	85~95
冲击强度 $\text{ft} \cdot \text{lb}(\text{J})$	43 ⁽¹⁾ (58)	48 ⁽¹⁾ (65)	—	24~35 ⁽¹⁾ (32~48)	17~22 ⁽¹⁾ (22~28)	15~27 ⁽¹⁾ (20~37)
					25~40 ⁽¹⁾ (34~54)	35~55 ⁽¹⁾ (47~74)
					110~120 (9~16)	90~100 (9~16)
					116~122 (9~16)	116~122 (9~16)
					7~12 ⁽¹⁾ (9~16)	7~12 ⁽¹⁾ (9~16)

附录 典型铸造合金性能的比较 (续)

合金	铝		青铜		铁	
	356-T6	380	319	C83600 SAE40 85-5-5-5	C93200 SAE660 83-7-7-3	C93700 SAE64 80-10-10
性能	金属型	压铸	砂铸	砂铸	砂铸	砂铸
物理性能						
密度 $\text{lb/in}^3 (\text{g/cm}^3)$	0.097 (2.69)	0.098 (2.74)	0.100 (2.80)	0.318 (8.33)	0.322 (8.93)	0.32 (8.88)
熔化范围 °F (°C)	1031~1139 (555~615)	1004~1103 (540~595)	960~1121 (516~605)	1571~1850 (855~1010)	1571~1787 (855~975)	1403~1702 (762~928)
热膨胀系数 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}^{-1} (\text{mm}^\circ\text{C}^{-1})$	11.9 (21.5)	12.1 (21.8)	11.9 (21.5)	10 (18)	10 (18)	10.3 (18.5)
热导率 $\text{BTU ft}^{-1} \text{h}^{-1} \text{°F}^{-1}$ ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	87 (151)	55.6 (96.2)	62.9 (109)	41.6 (72)	34 (59)	27.1 (46.9)
电导率 % IACS	39	27	27	15	12	10.1
力学性能						
抗拉强度 $\text{lb/in}^2 \times 10^3$ (MPa)	38 (262)	47 (324)	+27 (185)	37 (255)	35 (240)	35 (240)
屈服点 $\text{lb/in}^2 \times 10^3$ 0.2% (MPa)	27 (186)	23 (158)	18 (124)	17 ⁽³⁾ (117)	18 ⁽³⁾ (124)	18 ⁽³⁾ (124)
杨氏模量 $\text{lb/in}^2 \times 10^6$ (GPa)	10.5 (72.4)	10.3 (71.0)	10.7 (74.0)	12.0 (83)	14.5 (100)	11.5 (80)
伸长率 % in 2in (51mm)	5.0	3.5	2	30	20	20
HB 500-10-30s	80	80~85	70	60	65	60
冲击韧度 $\text{ft} \cdot \text{lb/in}^2$	8 ⁽³⁾	3 ⁽³⁾	4 ⁽³⁾	11 ⁽³⁾ (15)	6 ⁽³⁾ (8)	11 ⁽³⁾ (15)

注: (1) 320°C, 3h, 炉冷 (2) 在 0.5% 伸长率处 (3) 10mm 无缺口试样
(4) 6.35mm 无缺口试样 (5) 10mm 有缺口试样 (6) 10mm V 型缺口

工艺条件对 ZA27 显微组织 及力学性能的影响

G. Walmag, M. Lamberigts, D. Contsonradis

(陈云贵译 陈全德校)

前言

在铝铸造合金中, ZA27 具有最出色的物理性能和力学性能, 即中等的密度、高的强度(好的超过 400MPa)和好的伸长率。此外, 优越的摩擦磨损性能使它适于在承载轴承场合中使用。

ZA27 显示出宽的凝固区间, 针对其低的液相线温度显得更为突出。当凝固条件选择及控制不当时, 将产生显微缩松, 导致伸长率偏低, 数据分散大。

ZA27 高的铝铜含量(AI27%, Cu2%)导致相当复杂的多相组织, 其分布、尺寸和形貌与凝固条件密切相关。

由于铸件的不平衡凝固, 合金将发生固态相变(β 相脱溶, ϵ 与 β 相之间反应), 从而导致较低的抗力和较高的塑性。

这儿应该指出, 为了通过晶粒细化提高塑性而又不影响强度, 已经研制出 Ti-B 变质的 ZA27 合金(ZA27C)。事实上, 金属型铸造变质合金的室温伸长率, 至少是普通铸造合金的两倍。

本文描述了凝固条件对 ZA27 显微组织的影响。并讨论了如何通过控制凝固条件保证内部组织致密, 获得优良的力学性能。本文还试图确定每种结构形态对力学性能的影响。并给出了粉末冶金所获得的超细化组织及其优越的抗拉强度、塑性、抗蠕变强度及冲击抗力。对于与冶金缺陷相关的各种条件下 ZA27 的蠕变特性, 也进行了探讨。

试验方法

合金制备

ZA27 合金在冶金研究中心(CRM)和MHO的Overpelt工厂准备。

拉伸试棒采用如图1(部分略)的重力金属型铸造。金属模安装在

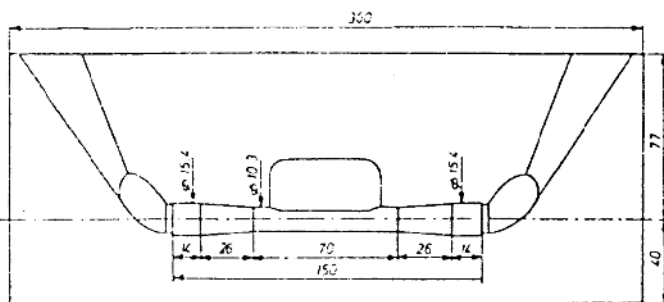


图1 金属型重力铸造机和控温装置

自动铸造机上,该机有一非常灵敏的铸型控温装置,能控制开模和顶出机构,能保证型内试块冷却时间恒定、重现性好。

用于金相检验的砂铸和压力铸造试样,在 Overland 工厂铸造。

连续铸造采用如图 2 的实验装置进行模拟。金属液在 650℃ 时浇入垂直圆柱型钢模中,钢模在此之前已在电阻炉中被加热到液相线温度之上。浇注后,电阻炉以一恒速向上运动,因而铸锭下部暴露在空气中冷却。更进一步地,在炉子的出口端装上喷水装置,可产生高的区域温度梯度。试棒直径、炉子移动速度以及喷水流速可以调整,以控制试样凝固速率。这里仅选用了 30mm 和 65mm 两个试棒直径,喷水流速和炉子移动速度固定在 100mm/min。在此条件下,500~300℃ 之间的冷却速率,对 30mm 试棒为 370℃/mm,对 65mm 试棒为 210℃/mm

对于粉末冶金试样的制作,用处于 Angleur 的 Vieille - Montagne 公司的实验设备,在大气中将 ZA27 溶体雾化成粉末状。然后将此粉末倒入圆柱形锌容器中。当加热到 320℃ 或 270℃ 时,将粉末挤压成半径 38mm 和 50mm 两种试棒。

作蠕变试验用的 ZA8 和 ZA27 压铸试样在 Noranda 研究中心制作。

试样制备及检验方法

6×6mm 无缺口冲击试棒和圆型 Euronorm EL 拉伸试棒,从上面提到的连续铸造和挤压试样上按纵向切取。拉伸试验采用 0.5cm/min 的十字头速度,室温冲击试验按通用的 DIN50116 进行。蠕变强度在 100℃ 和几种不同的载荷下测量。

利用未浸蚀的金相试样,观察可能有的收缩缺陷。同样试样用 Palmerton 试剂浸蚀后,在光学显微镜上用普通光和偏振光观察其显微组织。

同样的试样还用来进行定量分析、扫描分析(SEM)和电子探针分析(EDAX)。

实验结果

ZA27 显微组织特点

相对于 ZA8 和 ZA12,高铜、铝含量的 ZA27 是一具有多相组织的三元合金,见图 3。

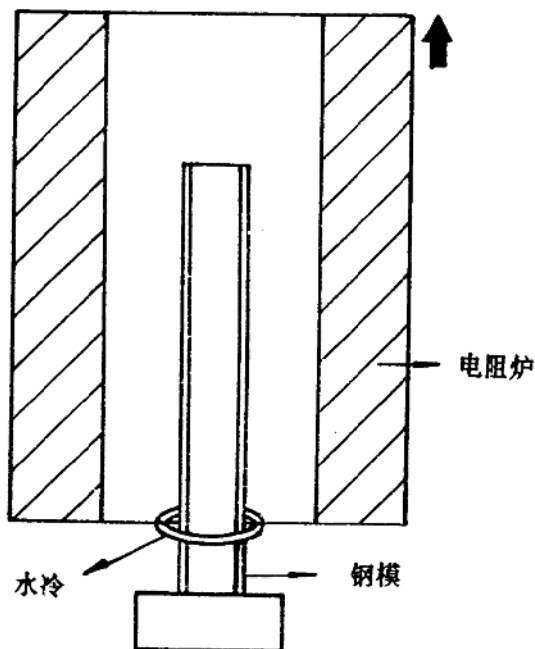


图 2 连续铸造模拟装置

ZA27 首先形成富铝枝晶(面心立方 α 相),随后有 β 相析出。 β 相同样是面心结构,但锌含量较高,它是 α 相和残余液相进行包晶反应的产物,处于在初生的 α 枝晶周围。

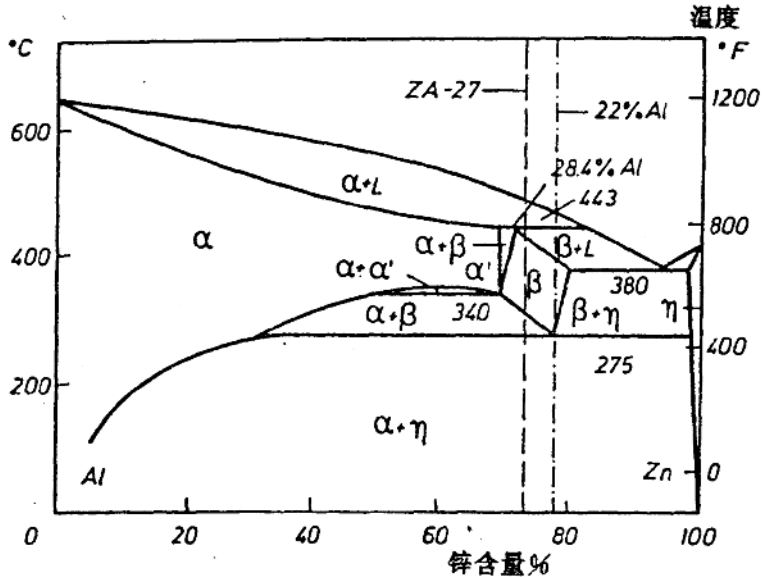


图 3 Zn—Al 平衡相图

CuZn4 的质点(ϵ 一相、六方结构)通常在富 Cu 和 Zn 的液体中析出,此反应在共晶于枝晶间凝固之前进行。凝固完毕的 β 相是不稳定的,倾向于析出各种形态的 α 和 η ,其具体形态强烈地取决于反应的温度及实际机制。初生 α 相属于亚稳定相;依赖不同冷却条件,倾向于分解成富铝 α 相和富锌 η 相。

利用比较不同铸造工艺所获得的组织,能很好地说明冷却速度对显微组织的影响。砂铸试样组织通常由粗大的枝晶(共晶间距 100 μ m)和共晶组成,其共晶由非常细小和部分较粗的 β 和 η 相粒子、以及针状粒子所组成(图 4 略)。在初生枝晶 α 相周围的 β 相看来已完全分解成片状或粒状的 $\alpha+\eta$ 相,这里还能够观察到细小的富铜相粒子。此外,还能看到 α 相某些片状脱溶物。

较高冷却速率的金属型重力铸造导致更细小枝晶结构(共晶间距小于 40 μ m)。正如砂铸试样一样,可以看到复杂的共晶体和 β 相层片状分解产物—— α 相和 η 相(图 5 略)。

另一方面,冷室压铸的快速凝固的动力因素,导致了由碎片状 α 枝晶组成的不均匀的显微组织,这种枝晶源于压射缸和浇注系统中就已凝固的晶粒。残留富锌液体凝固成小的 β 相和大的共晶体(图 6 略)。富铜相呈细小粒子分布于共晶体中, β 相分解成非常细小的片状或粒状产物。

ZA27 宽的凝固范围,使它容易形成显微缩孔,影响了塑性。然而,铸造方法及其冷却条件的优选,以及其参数的良好控制,将增大塑性并减少其数据分散程度。

利用 Ti—B 变质、以及金属型铸造的 ZA27C 制成的 15 个试样,其模温得到很好选择