



我国铸铁铸造业的状况和发展

清华大学 (北京 100084) 唐靖林 曾大本

T-407 8

20世纪80年代初, 铸铁材料发展进入了顶峰期, 随后, 世界的铸铁产量便出现急剧递减, 然而铸铁仍是当今金属材料中应用最为广泛的基础材料, 在铸造合金材料中占有重要地位。

由于受能源劳动力价格和环境因素的影响, 今后西方工业发达国家的铸件产量将会逐渐减少, 转而向发展中国家采购一般铸件, 但同时又会向发展中国家出口高附加值、高技术含量的优质铸件。当前, 世界经济全球化进程的加速为我国铸造业的发展提供了机遇, 国际和国内市场对我国铸件的需求呈持续增长的趋势。与此同时, 铸铁作为一种传统的金属材料, 在其质量、性能和价格等方面正面临着严酷的挑战。抓紧我国铸铁铸造业的结构调整和技术改造, 努力提高铸件质量档次, 提高技术经济和治理环境污染的水平, 实现铸铁材料的高附加值化是应付未来更加激烈的市场竞争, 满足用户多样化需求的主要对策。

一、我国铸铁的生产水平及差距

1. 铸造工艺材料及辅料

我国铸造工艺材料如原砂、粘土、煤粉、粘结剂和涂料在品种、性能、质量等方面与工业先进国家之间的差距极大, 以致我国的铸件尺寸精度和表面粗糙度比国外差一到两个等级, 铸件表面缺陷造成的废品率比国外高几倍。铸造用工艺原料的标准化、系列化和商品化仍是一个亟待解决的问题。

2. 铸造工艺过程及铸件质量的检测与控制

我国在铸造工艺过程和铸件质量的检测与控制方面与工业先进国家还存在比较大的差距, 主要表现在以下方面: ①铸造工艺过程的检测。②铸造工艺过程的优化和控制。③铸件质量的检测。而上述检测和控制手段的完善是提升我国铸铁铸造生产水平的一个主要内容。

3. 铸造工艺装备

对于铸造生产, 国外广泛采用流水线大量生产; 高压造型、射压造型、静压造型和气冲造型; 造芯全部用壳芯和冷、热芯盒工艺。国内除汽车等

行业中少数厂家采用半自动、自动化流水线大量生产外, 多数厂家仍采用比较落后的铸造工艺装备。

二、铸铁熔炼技术

1. 冲天炉技术

冲天炉居铸铁熔炼设备之首, 至今仍担负着80%以上铸铁件的熔炼任务。70年代以后, 符合我国特点的炉型和熔炼技术已逐渐完善和成熟, 形成了独具特色的多排小风口和两排大间距冲天炉系列。在操作技术上, 从一度追求低焦耗到重视铁液质量, 进而讲求提高技术、经济、劳动卫生和环境保护的综合指标, 逐步开发应用了从炉料处理、修炉、烘炉到配加料、鼓风、炉况控制、铁液检验等全过程的操作技术。在较短的历程中, 我们在冲天炉理论研究、炉子结构、修炉材料、送风系统、热能利用、强化底焦燃烧、炉内气氛调整控制、铁液炉前检验、消烟除尘、非焦炭化铁、配料及熔炼过程计算机优化控制等诸多方面都取得了可喜的成绩。

冲天炉的发展是围绕着提高性能和生产率, 降低消耗, 改善操作, 减少污染进行的。冲天炉性能主要体现在炭的燃烧、炉料的加热和冶金过程三方面。随着铸铁生产批量的扩大和对铸造生产率及铸件质量要求的提高, 冲天炉容量也不断增大。大容量的冲天炉熔炼状况更稳定, 无论技术上还是经济上都比小炉子更具优势。因此, 在单一品种大批量生产中, 用一台大容量炉子取代多台小炉子是合理的。在国际上, 冲天炉的最新发展主要为等离子体冲天炉、无焦冲天炉、新型回转熔炼炉。

加入WTO将在我们面前展现一个竞争激烈的世界铸件市场。因此, 冲天炉熔炼的发展将围绕强化管理、促进技术改造、提高规模效益进行。我国冲天炉技术的发展方向主要有以下若干方面:

- (1) 走专业化生产道路, 提高冲天炉生产率, 向大型化、智能化、长期作业方向发展。
- (2) 炉料供应专业化、规模化。
- (3) 大力发展冲天炉配套技术, 同时加强对冲



天炉的控制和检测。

(4) 发展冲天炉—电炉双联熔炼技术。

(5) 高温优质铁液是冲天炉熔炼的根本要求。

2. 电炉技术

感应电炉由于具有铁液温度高、成分稳定、污染少、便于调整铁液成分的优点,60年代初,在一些工业发达国家开始普及。近年来,中频感应熔炼炉的迅速发展给铸铁生产注入了新的活力。

感应电炉的发展和运用,使铸铁生产进入了一个新阶段。尽管工频感应电炉存在某些不足,但它在金属熔炼、铁液成分调整、金属液的升温 and 保温,尤其作为其他熔炼炉的双联用炉仍在普遍应用。中频感应电炉特别适合熔炼合金铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁,它的迅速发展和所显示的优越性,使其在铸铁生产中呈现出被广泛应用的新趋势。

三、铸铁合金

1. 铸铁合金

世界铸件的生产状况和趋势是,灰铸铁件的比例明显下降,但仍占优势。球墨铸铁件的产量持续增长,蠕墨铸铁和特种铸铁也有了较大的发展。

全球的灰铸铁产量逐年下降,但灰铸铁中的高强度铸铁所占的比重越来越大,加强高强度灰铸铁的试验研究无疑是我国灰铸铁的发展方向。

我国可锻铸铁总产量在世界上名列前茅,但需求量还将有所增大。所以,今后我国可锻铸铁还将有一个大的发展。目前,我国可锻铸铁的生产与国外的主要差距是:品种少,仅有黑心可锻铸铁;质量差;镀锌工艺落后;缺少耗能低、保温性好、污染小的理想退火炉。

在铸铁产量缩减的情况下,球墨铸铁在铸件中所占的比率依然在增大。在西方发达国家,通常用球墨铸铁件取代部分灰铸铁件和可锻铸铁件。我国球墨铸铁件产量比较低,占铸件的比例远小于发达国家。此外,我国球墨铸铁件在质量和生产稳定性方面的差距也较大。我国球墨铸铁生产较突出的问题是材质强韧性差、缺陷多,其原因除炉料、球化处理方法和球化剂等因素外,主要是球化处理前对铁液含硫量要求过松。因此,为使我国球墨铸铁生产能有大幅度的增长,必须大力实施能稳定提供质量可靠的优质球墨铸铁件的配套技术。

国内外在蠕化工艺和蠕化剂的研究方面都达到

了很高的水平,所研制的蠕化剂种类繁多,已达近百种。目前,在生产中应用的蠕化剂主要是稀土硅铁合金、稀土硅钙合金和稀土镁钛合金。国内外现有的蠕化处理工艺主要有冲入法、随流法、气动法和型内法等。蠕墨铸铁已用于大量生产,建有生产线(用感应电炉熔炼),质量基本稳定。

随着现代化工业的发展,对具有特殊性能的材料的需求量不断增长,而我国特种铸铁(抗磨、耐蚀和耐热铸铁)的发展速度较缓慢,技术水平和国外差距较大。为了适应新形势下国民经济发展的需要,特种铸铁的研究今后将成为我国铸铁发展的一个重要方向。

2. 铸铁合金的发展

(1) 高强度、薄壁化是我国灰铸铁的发展方向。铸铁薄壁化、轻量化、强韧化是为了满足工程界对工程材料节能性、回用性两方面的要求,适应“人类可持续发展战略”的需要。铸件的“薄壁高强度”正在工程界成为一种趋势,其技术应用也将日益成熟并迅速拓展,在可以预见的将来,3~5mm的高强度薄壁球墨铸铁件将会大量出现在一般机电产品中。

与铝合金铸件相比,低成本和良好的铸造性能是灰铸铁件的一个主要优势。目前,制约灰铸铁件增长和发展的主要因素之一是轻量化,铸铁轻量化必将为铸铁工业注入新的活力。因此,高强度薄壁灰铸铁件的生产技术开发成为问题的关键。

薄壁铸件生产技术涉及铸铁性能、充型过程、精密造型、机加工、模样、工艺设计和市场等方面。许多研究和实践表明,开发薄壁铸铁件的首要任务是开发高碳当量、高强度灰铸铁及其强化工艺。铸造出高强度、薄壁及复杂内腔铸件,必须从材质、工艺和装备等整体上采取综合措施加以解决。国外在柴油机、发动机缸体缸盖的铸造和薄壁高强度灰铸铁的孕育处理方面达到较高水平。

我国高强度灰铸铁研究的重点是:①提高铁液温度,改善铸铁冶金质量,采用合成铸铁熔炼工艺。②加强孕育处理技术,尤其是强化孕育铸铁的研究和推广。③研究和推广低合金化孕育铸铁。④调整化学成分,控制铸铁的Si/C比,以获得高强度低应力铸铁。实践证明,若使Si/C比值在0.5~0.9,再加以适当的孕育和合金化,可获得综合力学性能良好的高强度灰铸铁。另外,调整Mn、



Si 含量,使锰含量比硅含量高 0.2%~1.3%,可以得到高强度低应力铸铁。目前,我国的工厂大多无炉前快速测定 C、Si 含量的仪器,因而不能及时掌握碳、硅的波动及变化情况,致使铸件质量难以稳定,这是今后急需解决的一个问题。

(2) 发展球墨铸铁新品种,采用新工艺

①加强薄壁大断面铸态球墨铸铁技术的开发和应用。要保证铸件的强度和切削加工等性能不致因壁厚减小而降低,其基本途径就是使球墨铸铁的力学性能得到改良。最重要的有两个方面:一是白口化倾向的减温和抑制,二是石墨组织的改善。球化剂的合理选用和稀土(RE)元素的加入是实现高强度薄壁球墨铸铁铸造的关键。该技术的核心是在铸造(熔炼)工艺中要保证 $RE/S=2\sim 2.5$;球化剂要选用 Fe-Si-Mg-RE-Ca 系材料,其中稀土元素(Ce、La、Pr)的加入并使之与硫保持一定比例是球化技术的关键。试验证实,当 $RE/S < 2$ 时,出现球化不良; $RE/S > 2.5$ 、 $Mg/S > 5$ 时,易出现白口,同时严格控制 $w_P < 0.04\%$ 、 $w_{Bi} = 0.003\% \sim 0.007\%$ 。

②继续开发和应用奥-贝球墨铸铁,奥-贝球墨铸铁是近几十年来铸铁冶金研究的重大成就之一,它是迄今为止具有最好综合性能的一种球墨铸铁,尤其是高的弯曲疲劳性能和良好的耐磨性,因而获得广泛的注目和开发应用。

③发展奥氏体球墨铸铁。这种球墨铸铁在石油、化工、海洋与船舶、仪器仪表以及核工程等诸多领域都具有广阔的应用前景,因而成为近年来球墨铸铁领域中一个新的研究重点。

④采用新的球墨铸铁生产工艺。在熔炼方面,最好采用感应电炉或冲天炉—电炉双联熔炼,特别是冲天炉—炉外脱硫—电炉保温的工艺流程能提供优质的高温低硫原铁液。在球化处理方面,现在国内外已有的方法达 8 种以上,国外广泛采用 GF 转包法和包盖法,我国也正在推广使用。此外,近年来发展的铁液过滤净化技术也已得到广泛应用,成为提高球墨铸铁质量的一种很好的措施。

(3) 发展孕育技术 孕育技术推动了高强度灰铸铁的发展,并使球墨铸铁、蠕墨铸铁的生产更趋完美。凡是经过孕育处理的铸铁,都具有石墨细化、组织均匀和壁厚敏感性小的特点。过去,对孕育技术的发展往往寄希望于开发新的孕育剂,这无疑是有必要的。但近年来,孕育方法的改进,特别是

迟后孕育,受到了人们的重视。因此,今后在发展孕育剂的同时,可能对孕育技术的研究将转向发展新的孕育方法。

(4) 发展合金铸铁 合金化是提高铸铁性能的重要手段之一,随着技术的日益发展,铸铁合金化或微合金化必将发挥重要的作用。必须结合当地资源不断开拓合金铸铁新品种,利用先进手段不断加深对现用合金铸铁的认识。

(5) 发展铸铁件表面强化技术 对于特殊应用场合,往往希望铸件表层具有特殊的性能。铸铁件表面层激光强化处理和铸件表面合金化技术可以在普通铸件表面形成冶金结合的合金层,使铸件具有复合性能。上述技术已经逐步应用于耐磨零件的生产,并取得了明显的成效。

四、未来的发展方向

我国加入 WTO 后,铸铁铸造业的机遇大于挑战,在国内外两个市场都有较大的增长潜力。

先进技术对传统产业的渗透与融合正逐渐对铸铁铸造领域产生较大的影响。人工智能和神经网络技术的应用则能够大大改善铸造生产中的控制系统,预测以及质量保证体系的建立,对于铸造行业改善操作条件,降低成本将起到重要的作用。

未来铸铁铸造业在以下若干方面将得到发展:

(1) 以机床工业、能源工业、石化工业及海洋工程为主要目标,以重、高、大、难为特点,开展重大技术装备、铸造技术的基础理论研究。发展数值模拟、物理模拟及专家系统,使铸铁技术由“经验”走向“定量”。

(2) 以汽车工业、航空航天及核能工业为主要目标,以强韧化、轻量化、精密化和高效化为特点,开展铸铁新材料、新工艺的研究。

(3) 为提高产品质量和生产率,增强我国工业产品在国际市场上的竞争能力,开展铸造过程自动化、柔性生产单元和系统及集成制造技术的研究。

(4) 激励开展有潜在应用前景的铸铁技术应用基础理论的研究。

(5) 大力发展提供铸铁工艺材料及辅料的专业化、现代化的企业。

(6) 发展绿色集约化铸造,加大治理铸造过程对环境污染的力度,加强对铸造材料的再生和回用。

(20021230)