

# 优质—高效—绿色 铸造行业的发展之路

——访中国铸造协会副理事长黄天佑

Development Trend of Founding Industry:  
Good Quality, High Efficiency, Environmental Protection

本刊记者 良辰



黄天佑

中国铸造协会兼职副理事长,清华大学机械工程系教授,博士生导师。从事铸造工艺与造型材料、铸造设备及自动化研究。发表学术论文 140 多篇,出版著作有《铸造手册》(第 4 卷)造型材料、《消失模铸造技术》、《中国材料工程大典——(第 18、19 卷)材料铸造工程》、《造型材料》、《材料加工工艺》等 6 册。

☞: 铸件正朝着近无余量、薄壁、高精度、高性能、复杂、整体化的方向发展,铸造工艺与造型材料一直是您的研究课题,请您谈谈我国在这些方面的新进展? 铸造行业取得了

[编者按] 铸造是制造业的重要基础之一,也是国民经济的基础产业。工业发达国家非常重视铸件的生产,我国的铸造行业虽然取得了较快进步,但与这些国家相比还有较大差距。“十二五”对我国的经济转型和持续发展具有重要意义,同样,对铸造行业的发展也是一个关键时期。经过“十一五”发展,我国铸造行业取得了哪些新的进展? 还存在哪些比较突出的问题? 在国家新的产业结构调整政策下,铸造行业将如何整改以应对新形势? 带着这些问题,本刊记者采访了中国铸造协会副理事长黄天佑教授。

哪些成绩?

**黄天佑:** 从“十五”到“十一五”这 10 年间,国家提出振兴基础装备制造业,将铸造业纳入总体规划,因此铸造行业特别是其中的大型铸锻件发展较快。2009 年国务院颁布的《装备制造业调整振兴规划》首次将基础配套件提升到战略高度,由先前的主机带动辅机发展变为一手抓主机,一手抓配套,即“两手抓”。我国装备制造业进入了主机与辅机必须同步发展的新阶段。在航空航天领域,有色金属(包括铝合金、镁合金、

高温合金)应用较多,其铸造装备和技术发展也较快。一些新的造型材料,如粘结剂、涂料不断改进,发展较快。铸造工艺也取得了很大发展,砂型铸造、低压铸造和差压铸造的科研投入也较多。清华大学等科研院校现在越来越多地与航空企业合作,如从熔模铸造的工艺到模拟技术等方面。其他行业如汽车、工程机械等的铸造工艺和材料也同样取得很大进步,相信在“十二五”规划中依然会发展较快。

铸造成形可以生产出非常复杂

的零件,往往是其他成形工艺(如焊接、锻压)所无法实现的,而且铸件质量的好坏关系到整机的使用性能。各种机床上铸件重量所占比例(50%~80%)很大,而且与机床的质量、精度密切相关。近年来,我国铸造业的迅猛发展主要体现在以下方面。

(1)铸件产量和质量明显提高。

各类铸件的产量持续增长,到2009年底铸件总产量已连续10年居世界首位,2000~2009年,我国铸件产量以平均每年11.9%的速度增加,2009年铸件总产量已达3550万吨,按每吨铸件平均价格1万元人民币计算,直接产值约为3550亿元。各行业对铸造生产提出了新的和更高的要求,为适应新形势,铸造企业在技术和管理等方面取得了长足进步,已有一批企业能生产出世界一流水平的铸件。铸造生产以较快的步伐向专业化和商品化方向发展,商品化率由过去的约20%提高到目前的60%以上。2010年我国已跃升为世界第二大经济实体,这也与铸造行业的发展和贡献分不开。近年来,铸造企业机械加工能力和水平有了大幅度提高,加工零件和组装部件出口量大大增加。不少企业的铸件已远销国外,其出口数量呈逐年递升趋势,目前每年铸件出口总量占铸件总产量的约1/10(此数字仅是单纯的铸件出口,而未包括经加工组装在整机中的铸件量)。

近年来,铸造企业从属于主机厂的格局有了根本的改变,企业的现代质量意识开始树立并逐渐增强,使我国铸件的质量较过去有了明显改变。这首先表现在铸件内、外废品率比以前下降了5%~10%(先进企业已降至1.5%以下);其次是某些类别铸件的尺寸精度、表面粗糙度、材质力学性能等重要质量指标达到了国际一流水平;再次是出口铸件的技术档次、质量、品种和数量都有大幅度


提高,某些原来依靠进口的重要铸件已实现国产化。近10多年来,相当多的铸造企业先后依据ISO 9000国际标准建立起与国际接轨的质量管理体系(QMS),逐渐树立起“在铸件实物质量、交货期、售后服务、性价比等各方面均以顾客为关注焦点”的现代质量理念,并通过科学的过程方法,严格控制整个铸件产品实现过程,确保铸件质量的稳定性和一致性。QMS在大多数铸造企业的有效实施已成为铸件质量逐步提高的管理基础。

(2)铸造企业技术水平和专业化水平进一步提升。

采用砂型铸造工艺的许多企业正向机械化和自动化方向迈进。进行批量生产的中、小型企业在近年来共引进了284套先进的高紧实度的砂型造型自动线,国产设备也有101套在运行。不少铸造企业加快了专业化的步伐,致力于开发高技术含量的产品,以形成自己的特色。近年来,一批年生产能力在5~20万吨铸件的企业已经形成或正在建设。

(3)绿色铸造理念开始形成。

随着科学发展观的提出和贯彻,以及我国环境、安全法规的逐步完善与实施,节能减排、健康、安全等“绿色铸造”理念开始在铸造行业提出并得到重视。部分先进铸造企业,包括各大飞机厂已开始建立EMS/OHSMS,在环境/职业健康安全方面与国际接轨,在节能降耗、达标排放、杜绝重大事故等方面取得了显著成效。

: 在航空工业的喷气发动机叶片的核心制造技术方面,我国与国际领先技术相比仍有很大差距,您认为应如何提升铸造业工艺水平?

**黄天佑:** 在国防建设中,各种现代化的武器离不开铸件,铸件质量对武器的性能起到至关重要的作用。如飞机发动机的叶片铸件,已经由过去的等轴多晶叶片、定向凝固柱状晶

叶片发展到今天的定向凝固单晶叶片,使飞机发动机的性能大大提高。这种复杂、高性能的叶片铸件也是制造大型飞机所不可缺少的。影响发动机叶片制造的因素很多,从原材料、设备、工艺、检测到模拟技术等需要关注的问题和环节也较多。以熔模铸造为例,美国的一些制造叶片的工厂,20世纪80年代就开始模拟单晶叶片的制造,在原材料合金的配置这方面做得很好。

要提升铸造技术水平,我认为应该做到以下几点。


(1)重视材料研发。材料是工业的基础,当前还有很多工作要做。在航空航天领域,合金材料尤其是高温合金等一些新型材料的研究、熔炼技术还有待改进,与国外差距还较大。我了解的哈尔滨工业大学、西北工业大学和北京航空材料研究院在这方面的研究相对较多。通过砂型铸造得到的火箭、卫星和大飞机用大型铸件中材料和粘结剂的改进问题等都需要引起重视。

(2)注重装备技术的提升。工艺上主要还是设备的问题,很多关键设备,如一些定向凝固设备主要还是依靠进口,因此设备的研发仍是重点。

(3)发展模拟技术,提高预测的准确性,加强工艺控制,提高成品率。目前,规律性的问题掌握得还不是很好,从而影响批量生产中的成品率。使用者的水平也会对模拟结果有较大影响,一些参数设置的把握还需要反复验证,需要经验的积累。当然,对一些国外软件还需要深层次的开发,以更好地发挥软件的作用。


(4)产学研结合。企业的自主创新除了创新意识的增强和研发能力的提升外,还需要重视和加强以企业为主体的“产、学、研”相结合。企业一般首先和主要关心产量、产值、销路和效益,而对新产品的研发力量和投入精力不够,对外界新产品、新技术的信息获取速度慢、数量少,如

果与大学、研究单位合作,可发挥各自长处,使企业研发能力不断提升。

: 随着应用的增加, CAE 技术在精密铸造中发挥着重要作用,未来铸造 CAE 的发展趋势是什么?

**黄天佑:** 在国外,20 世纪 80 年代 CAE 技术已应用于精密铸造,如叶片铸造中。目前,CAE 技术已取得较大进步,一些外国的商品化 CAE 软件也非常成功,发挥了重要作用。CAE 已成为铸造生产中不可或缺的技术和手段。将来 CAE 技术的进一步发展可能体现在微观组织的分析预测和应力变形的模拟这 2 个方面。目前,有关微观组织和应力变形模拟的研究还不够,包括一些国外软件也存在一些问题,还需要改进,以提高模拟的准确性,更好地进行预测。

目前,CAE 技术的使用比较普遍,但由于存在使用者水平不一致等问题,因此如何充分发挥 CAE 的作用也有很多工作要做。总之,需要不断扩大 CAE 的应用,尤其要注意细节问题的处理。

: 我国铸造行业目前主要存在哪些问题?请您分析一下航空航天领域的铸件需求。

**黄天佑:** 我国铸造业在取得长足进步的同时,也面临着一些亟需解决的问题。

(1) 铸造企业数量多,平均规模小。铸造企业太多一直是困扰我国铸造业的大问题。目前,发达国家一些先进铸造企业的年产量达到 8000~9000t,差一些的企业为 4000~5000t; 而我国铸造企业约有 3 万家,企业的平均年产量较低,约 1000 多 t,甚至低于一些发展中国家,未达到世界平均产量。

(2) 铸件质量档次还较低。目前我国铸件产量超过美国和日本의 总和,但主要还是中低端铸件。此时应注重质量的问题,比如核电和航空航天一些核心铸件依然依靠进口,要


重视高端铸件的生产。近年来,铸件废品率虽有所下降,但仍成倍高于发达国家(2%~3%)的水平。

(3) 铸造企业装备的总体水平落后于发达国家。以铸铁厂为例,国外基本上是自动造型线、热风冲天炉-电炉双联熔炼、现代制芯中心和装备及热分析仪、真空直读光谱仪等先进检测设备,我国只有 200 家左右的企业可与之相比。

(4) 创新意识和创新队伍有待加强。造成我国铸造企业与发达国家差距的原因很多,但企业的创新能力不足、管理水平低、人才缺乏是一个重要原因。有的铸造企业主要领导还没有意识到问题的严重性。

按照 2000~2009 年铸件的增长比例推算,预计在“十二五”结束的 2015 年,我国铸件产量将达到 6550 万 t。铸造企业的技术改造、装备水平、自主创新能力和技术水平也将有较大幅度的提升。中国民用航空工业在未来一段时间内将保持高速增长,据估计,未来 20 年内我国对大型民用客机的需求量达 2000 架。航空类产品铸件对性能和质量的要求越来越高,但是目前我国铸件产品很少能满足大型民用客机的需求,因此优质航空铸件存在巨大的潜在市场需求。近年来,我国在航天领域取得了重大进展,先后发射了神州系列飞船、“嫦娥一号”探月卫星,完成了载人航天工程和探月工程的前期阶段。随着大运载能力需求的增加,作为航天动力关键技术的运载火箭技术也获得了快速发展。航天器的减重对提高运载能力具有重要意义,因此对轻质高强度的钛合金、铝合金、镁合金等轻质合金铸件提出了较大需求。

在武器装备制造领域,尤其是导弹类装备制造领域,为发挥新型号装备“高速度、高精度、远航程”的目标,也对轻质高强度的整体化结构轻合金铸件提出了较大需求。

: 铸造业在装备制造业中能

耗和环境污染比较严重,将如何应对?在国家产业结构调整的政策环境下,应如何加快铸造行业两化融合推进工作?

**黄天佑:** 随着国家对环保的重视,铸造行业也越来越重视能耗和环保问题。我国铸造企业多,但多数企业没有相应的环保配套设备或环保设备相当简陋,工作条件亟需改善。铸造厂的熔化耗能大,在熔化和粘结剂浇注过程中会产生废气等污染气体,而生产过程中的废渣(如废砂等)处理等问题也需要引起注意,这也是“十二五”规划中要关注的问题。

国外研发了一些新粘结剂,特别是一些无机粘结剂的应用会有效改善浇注后的污染问题,因此可引入国外环保技术。要改善铸造行业能耗高、污染严重的局面,还需要国家的政策性引导,提高行业准入制度,限制企业规模,进行铸造企业的整合。逐步淘汰、改造落后设备和工艺,不断提高工艺技术和铸件品质,走质量效益型和循环经济发展之路。此外,问题的有效解决还需要政府的介入,对企业相应的技术改进提供经费和课题支持。

铸造行业中,自动化技术发展很快,如通过机器人作业,极大提高了生产率。在两化融合方面还有许多工作要做,如信息化数据的统计、在线控制和机器人引入等问题,以降低生产成本。这首先就需要重视信息系统的完善,提高工作效率;其次要加大对生产现场的控制。以技术改造推动两化融合,将信息技术融入研发设计、生产、流通、服务、管理各环节中。“十二五”时期,应结合铸造行业的具体问题,抓住装备制造业发展的大好时机,根据经济转型和结构调整这个中心任务,把握好发展方向,在全行业形成共识,明确目标,形成合力,使我国铸造业的发展有质的提高,争取早日成为世界铸造强国。

(责编 良辰)