关于绿色铸造的思考及对策

盛 达

（清华大学机械系，北京 100084）

摘要：中国的铸件产量已连续多年位居世界首位，但还不是铸造强国。中国铸造业的小厂多，能耗较高，环保投入与发达国家相比有很大差距，实现绿色铸造，责任重大，但潜力也很大，我们一定能在不远的将来，把绿色铸造变为现实，中国将从铸造大国转变为铸造强国。

关键词：绿色铸造；思考；对策

Reflection on Green Casting and Countermeasures

Sheng da

(Mechanical Engineering Dept. of Tsinghua University,Beijing,100084)

Abstract:China is No.1 in casting production in the world. But its productive level is low, because there are too many little casting works in china. Its energy consume/ton casting is high. Such works are one of important resource to environmental pollution. In order to carry out green casting production, To eliminate the little casing works is the key for green casting. The strict policy and system of institution and education of green casting to the people working in casting works are necessary ensuring .Then application of new equipments、new technologies and new materials also can promote casting greatly. In this field china still has long distance to go, but green casting must be carried out in China.

Key words: green casting; reflection; countermeasures

1 前言

采用先进的铸造设备和铸造工艺技术，可以提高铸件质量、降低废品率、减少铸件的加工余量，节约金属材料；同时提高型砂的循环利用效率，减少废气、废渣、废砂等废物的排放量，综合利用废砂、废渣，实现铸造行业主要污染物的少排放并达到标准。减少和降低噪声的污染，提高铸造工作者的环保意识，对实现绿色铸造都有重要的作用。例如采用中频感应电炉代替冲天炉熔炼，熔化每吨铁水节省能耗 45 公斤标准煤（kgce/t）。炉渣排量冲天炉为中频电炉的 10 倍，排尘量为 30 倍以上，排烟量也是 30 倍以上。采用先进的近似于精密铸造的消失模技术，即可减少加工余量和铸件的清理工作量，又可大大地减少废砂的排放量，为实现绿色铸造做出了巨大贡献，因此被国内外铸造界誉为“二十一世纪的铸造技术”和“铸造工业的绿色革命”。只要坚持不断的努力，绿色铸造必将逐步实现。

2 世界铸造业仍处在发展中

2.1 我国是世界上最大的铸件生产国[1]

根据 Modern Casting Dec.2009 上发表的文章“43rd Census of World Casting Production-2008”，中国 2008 年各类铸件总量为 33,500,000t，比位居第二的美国高出 22,716,171t，世界上排在前十位的铸

- 1 -

件生产国是中国、美国、俄罗斯、印度、德国、日本、巴西、意大利、法国、韩国。中国自 2000 年至 2008 年连续处于世界首位。表 1 列出了 2008 年世界上排在前五位的铸件生产国。

表 1 2008 年世界上排在前五位的铸件生产国（t）

	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	钢	有色金属	总量
中国	16,400,000	8,200,000	500,000	4,600,000	3,800,000	33,500,000
美国	3,502,640	3,597,894	60,000	1,172,082	2,457,223	10,783,829
俄罗斯	3,320,000	1,800,000	200,000	1,300,000	1,200,000	7,800,000
印度	4,532,000	785,000	无	915,000	547,000	6,840,500
德国	2,577,647	1,846,793	94,588	220,132	998,254	5,783,691
全世界	42,958,542	23,841,444	1,504,777	10,538,385	14,590,822	93,449,270

按最新发表的数据表明，在最近的五年中，世界铸件产量在 2004-2007 年中逐年是递增的，2008 年略有下降，包括中国在内下降幅度较小，不包括中国在内则下降幅度较大（见表 2）。

表 2 2004-2008 年世界铸件产量（不包括中国）（t）[1]

年份	产量	变化百分数（不包括中国）	变化百分数（包括中国）
2004	57,310,000	+3.5	+8.4
2005	61,320,000	+7	+7.5
2006	63,270,000	+3.2	+7.2
2007	63,650,000	+0.6	+4
2008	59,950,000	-5.8	-1.5

虽然世界 2008 年铸件产量与 2007 年相比略有降低，中国的产量却从 2007 年的 31270000t 增加到 2008 年的 33500000t（增加 7.13%），因此不包括中国世界铸件产量下降 5.8%，当包括中国在内时则只下降 1.5。表明中国对世界铸造业的巨大影响。

2.2 中国铸件产量很大，但生产水平不高[1-3]

中国铸造产业有明显的发展中国家的特点：

（1）中国铸件总产量居世界之首，但工厂数量多，全国约有 30,000 家，而且规模小、产量低，平均每个工厂产量仅有 1117t。而美国仅有铸造厂 2170 个，每个工厂产量为 4970t。中国人均占有铸件量仅为 20.9kg，而美国为 358.1kg，日本为 443.7kg，德国为 70.345kg。

（2）生产碳消耗高，我国每吨铸件的能耗比日本、德国、美国高出 1 倍左右，比英国高出 20%。

（3）高品质铸件在铸件总量中占有的比例低。在发达国家优质球墨铸铁在铸铁总量中占很大比重。美国占 50.2%、日本占 41.6%、德国占 40.9%，而中国仅占 32.7%[1]，与前者相比还有很大差距。

（4）我国铸造厂污染严重。据统计，我国每生产 1 吨合格铸件，大约要排放粉尘 50kg，废气 1000～2000m^3，废砂 1～1.3t，废渣 300kg。整个铸造行业 2006 年排放污染物总量约为：粉尘 150 万 t，废气 300 亿～600 亿 m^3，废砂 3000 万 t，废渣 900 万 t，是一些工业发达国家三废排放量的 10 倍。

- 2 -

（5）环境治理投资小。我国铸造企业在节能减排方面的投资仅占其设备总投资的 5%～8%，相当于工业发达国家的 1/4。因此为实现绿色铸造要比发达国家付出更大的努力。

（6）铸造业的从业人员环保意识较大急待提高，特别是企业决策人员对企业利益考虑多。对社会效益则考虑较少。同时我国关于铸造车间能耗、废气、废液、废弃固体废料的排放标准与发达国家相比有很大差距。

3 为实现绿色铸造应采取的对策

3.1 绿色铸造从低碳开始

铸造生产是造成污染的重要源头之一，包括有害气体、液体、固体和噪声的污染。低碳经济是以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式，低碳经济实质是能源高效利用、清洁能源开发、核心是能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变，节能减排指的是减少能源浪费和降低废气排放。 中国“十一五”规划纲要提出，“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20％左右、主要污染物排放总量减少 10％。这是贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的重大举措，是推进经济结构调整，转变增长方式的必由之路，是维护中华民族长远利益的必然要求。然而铸造产业是能源消耗大户，我国目前吨铸件的能耗，与发达国家相比是其一倍以上（见表 3）。

表 3 几个主要国家吨铸件的能耗[3]

国家	日本	德国	美国	英国	中国
能耗(kgce)	334	356	364	536	830

无论从国家要求还是与国外同行相比，中国每吨铸件能耗必须降低，为此建议国家有关部门对铸造部门的能耗再做一次普查，确定目前铸造业的能耗和三废的实际状况，在此基础上，建议国家有关部门制定吨铸件能耗标准，三废的排放标准，超过标准可给予罚款并限期改进，严重者应予以关闭。

3.2 加紧清理合并小铸造厂

我国小铸造厂数量多，近年来变化不大，铸造厂的污染状况（除少数大型现代化的铸造厂外），并无根本性的变化。正是由于大量小厂存在，制约了铸造厂向机械化、自动化方向发展。有相当一部分铸造企业设备老化、工艺装备落后。能耗高，三废排放量大，检测手段不全，产品加工余量大，废品率高达 6-16%，有的甚至高达 20%。小厂是实现绿色铸造的最大阻碍。必须严格的清理，把小厂合并为大厂。建议借鉴我国在关停小电厂、小高炉方面的经验，例如在山西省很快的清理了遍地开花，当时大家称之为“一脚蹬”的小高炉。在发电业方面则规定发电功率在一定数值以下时则一律关闭。

3.3 大力使用新设备新工艺新材料

整顿了大量的小铸造厂，工厂规模扩大后，铸造生产方面有诸多先进设备、新工艺和新材料有了应用的可能。

3.3.1 使用先进的熔化设备

铸造车间熔化铁水的能耗约占车间总能耗的 50%左右，目前中国大多数工厂因生产规模小，使用的是冲天炉，而且是小于 10 吨的，这种设备能耗高环境污染大，因此小厂必须兼并，扩大规模改用 10 吨以上的大型热风冲天炉，并用铸造焦，或用冲天炉电炉双联或只用电炉，这样既可省能源有利于环境的改善。

- 3 -

冲天炉熔炼过程中会产生大量的 CO、CO_2、SO_2气体和粉尘，如果直接排放，将造成大气的严重污染，为了炉渣粒化，通常还会有废水需要排放，随着人类环保意识的逐渐增强和环保法规的不断健全，要满足达标排放，必须设置昂贵的冷却及除尘装置，处理后的废气浓度可控制在 50mg/m^3 以下。对于单一中频感应炉熔炼，由于炉料中不含焦炭、石灰石，同时加料后炉料不再受外界冲击，因此，粉尘很少，与冲天炉相比，排烟排尘及排渣量大大降低。配备除尘系统后，排放标准可达 10mg/m^3 以下，亦无需要炉渣粒化处理，所以环保设备的投入大大减少，有利于环境保护。同时也减少了操作管理及日常的维护保养工作量。比如第二汽车制造厂（现为东风汽车公司）建厂时提出要建无冲天炉铸造厂，其铸造一厂和铸造二厂全部用电炉熔化铁水。

3.3.2 使用先进的铸造工艺

铸造车间使用先进工艺，对改善环境起到很大作用，如近年发展的消失模铸造就是一个典型的例子。消失模铸造技术是将与铸件尺寸形状相似的发泡塑料模型粘结组合成模型组，刷涂耐火涂层并烘干后，埋在干石英砂中振动造型，在一定条件下浇注金属液体，使模型气化并占据模型位置，凝固冷却后形成所需铸件的方法。 对于消失模铸造，有多种不同的叫法。国内主要的叫法有“干砂实型铸造”、“ 负压实型铸造”，简称 EPC 铸造。国外的叫法主要有：Lost Foam Process (U.S.A)、 POlicast Process(Italy)等。与传统的铸造技术相比，消失模铸造技术具有无与无伦比的优势，因此被国内外铸造界誉为“二十一世纪的铸造技术”和“铸造工业的绿色革命”。 该法按 EPC 工艺先制成泡塑模型，涂挂特制涂料，干燥后置于特制砂箱中，填入干砂，三维振动紧实，抽真空状态下浇铸，模型气化消失，金属置换模型，铸造出与泡塑模一样的铸件，冷凝后释放真空，从松散的砂中取出铸件，进行下一个循环。但小厂很难使用这一先进工艺。因为消失模铸造砂处理系统的投资大、能耗高、噪音大、维修量大且维修不方便的弊端。许多先进工艺的使用都必须有大量的投资，为此小厂必须兼并成大厂。

3.3.3 使用先进的合金

稀土元素对铸铁、铸钢、铸造有色合金的性能改进都有良好的作用被美誉为铸造金属中的维生素（维他命）有时也被称为“万金油”。它对铸铁组织与性能改善有明显的规律（双峰之效应曲线）[4]

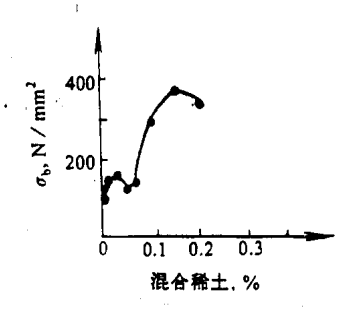

图 1 共晶铸铁的拉伸强度与混合稀土金属量之间关系

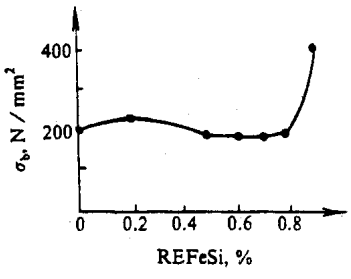

图 2 亚共晶铸铁的拉伸强度与稀土硅加入铁加入量之间关系

在第一个峰值处是改善灰口铸铁的组织与性能，在第二个峰值处是改善球墨铸铁的组织与性能。现在稀土已是球墨铸铁、奥贝球铁、蠕墨铸铁、奥贝蠕铁生产所必须的元素。球墨铸铁、蠕墨铸铁的组织和性能大大优于灰口铸铁。普通灰口铸铁的拉伸强度在 150-200N/mm^2,而奥贝球铁的性能最高可达 1585N/mm^2(见

- 4 -

表 4)。用优质铸铁生产铸件可优化铸件结构，减轻铸件重量，从而大大节约了金属用量，可促进节能减排，为实现绿色铸造做出贡献。因此在发达国家优质球墨铸铁在铸铁总量中占很大比重。美国占 50.2%、日本占 41.6%、德国占 40.9%，而中国仅占 32.7%[1]，中国与他们相比还有很大差距。

表 4 美国奥贝球铁牌号[4]

牌号	σ_b N/mm^2 ≮	σ_s N/mm^2≮	δ%≮	HB
美国				
Grade 1	860	550	10	269~321
Grade 2	1035	690	7	302~363
Grade 3	1205	830	4	363~444
Grade 4	1380	965	2	388~477
Grade 5	1450	1105	-	418~512
Grade 6	1585	1240	-	444~555

3.4 制定实现绿色铸造必须的法规

（1）制定铸造厂的准入制度，不达标的铸造厂不许进行生产。

（2）制定铸造厂“三废”的排放标准，超标视不同情况给与不同的处罚直至停产。

（3）制定铸造厂的退出制度，整改后仍达不到标准的坚决关闭。

（4）为推动绿色铸造，对绿色铸造好的单位，应给与奖励，使之制度化。

3.5 对三废产物应再处理，实现循环利用，如废炉渣制砖，废沙、废水再生循环利用等，即可降低治污成本，又可改善环境

提高全体铸造工作者的环保意识，人是进行绿色生产的主体，只有人的认识提高了，出现了各种环保问题后就会千方百计想方法去解决。在铸造厂要开设各种与环保有关的课程。特别是决策者，在投资方面不仅要考虑工厂效益，更要考虑社会效益。

4 结论

（1）关停并转小铸造厂扩大铸造厂规模是能否实现绿色铸造的关键。只有大厂才有能力对治理环境进行投资，对环境进行充分的治理。为此必须制定铸造厂的准入法规，达到标准的铸造厂才能获得进行生产的资格。

（2）制定实现绿色铸造必要法规与制度思想教育现结合是实现绿色铸造的保证。在治理方面没有强制性的法规是不行的，思想认识不够在进行绿色生产方面就会打折扣。

（3）规定“三废”强制性的排放标准，对不达标的工厂应根据情况给予不同的处罚，直至关闭停产。采用新设备、新工艺、新材料时要进行综合效益分析，因为它们可大大降低“三废”的排放，是实现绿色铸造的物资保证。不要因投资大而拒绝使用。

（4）“三废”产物回收再处理，变废物为有用物质，是实现环境治理良性循环必要手段。在中国实现绿色铸造是可能的，但任务是艰巨的，还要经过几十年的努力才行。

- 5 -

参考文献：

[1] A Modern Casting Staff Report,“43rdCensus of World Casting Production-2008” Modern Casting Dec.2009,p17-21.

[2] 中国铸造协会，铸造业节能减排任重道远 ，中国铸造装备技术，2009 年第 2 期，47-56.

[3] 中国热加工网, 我国铸造行业节能减排现状及对策，信息加入时间：2009 年 1 月 9 日 9:5.

[4] Sheng Da, Liu Jincheng, CAST IRONS CONTAINING RARE EARTHS, Tsinghua University Press, Beijing 2000,P19-72 ，73-102.

- 6 -