

浅谈中小铸造企业如何摆脱经营困境

◎朱永敏(南京铸之杰铸锻件有限公司 电话:025-83153062 Email:yongminzhu288@126.com)

当前,中小铸造企业面临着日益严峻的经营形势。除了国家对铸造企业设置更高的准入门槛外,严格控制新增产能,淘汰落后产能,对现有的铸造企业要求技术改造、产业转型升级,为贯彻“十二五”规划,以转变生产方式为主线,要求铸造企业做到“资源节约,环境友好”。为了达标排放,许多冲天炉企业淘汰冲天炉,新上了感应电炉,但在熔炼上出现了一系列的质量问题,导致废品率居高不下。随着生产要素的涨价,生产成本提高,蚕食着本来就微薄的企业利润。笔者从业铸造多年,发现大多数企业经营者存在着诸多理念上的误区。这种误区有的在经营上,有的在工艺上。意识决定行为,笔者提出如下一些见解,希望对铸造企业的经营者有所帮助。

1 盈利企业的经营模式

1.1 3S特征

大凡盈利的企业,无不具有以下特征,简称3S特征。第一个S为single,产品单一化;第二个S为specialization,产品专业化;第三个S为scale,产品规模化,即把一种产品大规模生产做到极致,你不盈利也难。可惜多数企业做不到,尤其是铸造企业,没有自己的定型产品,号称“吃百家饭”,今天不知道明天的活。这种多品种、多牌号、少批量、粗放型的生产方式,是我们目前多数铸造企业的现状。为改变这种现状,作为经营者,在产品决策上要下功夫,选择好的产品去做。有些产品宁可不做,一旦要做,就要把它做精、做专、做好、做强。

1.2 适度规模与投资扩张

众所周知,企业盈利必须要靠产量来支撑。理论上规模越大,盈利能力越强,事实却不完全如此。边际利润最大化所对应的规模,即为最佳规模。换言之,企业运转效率最高之相适应的规模,盈利能力才是最强的,而不是一味的追求做大做强,做大未必就能做强。掌握定价权的企业占据了金字塔的顶端,这种资本不是民营企业所能做到的。而做大又是民营企业经营者的天性,不能说做大做强就是错的。鲜花和掌声谁不

喜欢?但这些都是靠资金来支撑的。有些企业没有长远的规划,超越自身能力做低水平的投资扩张,以为扩大产能、提高规模就能做强,结果往往事与愿违。

1.3 必要的产业链延伸

机加工是铸造的下道工序,许多铸造企业却没有机加工或者委外机加工。这会带来许多问题,许多铸造缺陷需要机加工才会发现,哪怕粗加工后交货,绝大多数铸造缺陷就可以被发现而加以修补,尽可能减少用户机加工环节的投诉,还可以提高产品的附加值。有条件的加工成成品交货,或组装成总成交货,形成自己的品牌和具有自主知识产权的产品。

1.4 人才与培训

何谓现代化企业制度?即为拿薪水的职业经理人管理企业的制度。当企业规模达到企业所有者管理能力以外时,就要聘用职业经理人。如何用好这个职业经理人,是当老板必须首先解决好的问题。老板想要用好职业经理人,以下两点是共同的:一、交人要交心。光靠钱是能把人留住,但留不住心。二、管理要靠制度。企业这个系统是要靠制度来维系运作的,是要靠文化把人团在一起的。好的企业制度及文化所营造出来的环境,员工置身其中,不是从事枯燥的体力劳动,而是一种愉快的精神享受。企业若能经营到这种境界,虽尚未盈利,亏损已离他远去。

优秀的员工是靠企业自己培养的,不要舍不得在员工身上花钱,培训是企业永恒的主题。尤其是自动化程度不高的,大多数靠员工技能作业的企业。出点废品不可怕,怕就怕怎么出废品不知道。企业物质财富是靠有智慧劳动者创造的。企业老板如何把员工变成有智慧的劳动者及千方百计留住骨干,这就变成考验企业老板智慧,验证企业老板经营能力的一个重要指标。

2 熔炼工艺

2.1 在技术环节上,熔炼被轻视

重生产轻工艺,轻熔炼,轻后道工序是企业的通病。产品质量差或产品质量不稳定,首先考虑的是造型工艺,不知道绝大部分是熔炼问题造成的。由于产

品报废率高,盈利能力差,就在原辅材料上面动脑筋,试图降低成本。结果原辅材料越用越差,导致恶性循环。企业的工艺技术工作是一个系统工程,贯穿企业生产经营的全过程。好的企业技术工作应该这样做,首先是产品工艺技术的评定,这要从产品的设计开始。不要认为任何图纸都是合理的,都是不可更改的。一个好的产品设计必须铸造工艺性要好,这方面国外的图纸就做得比较好,这就需要与客户、设计单位沟通。有些产品只要结构上做一点小小的改动,铸造上却可以省好多功夫。第二步,利用计算机做些模拟。现代由于计算机技术的发展,完全可以帮我们做一些充型、温度场、缩孔等模拟,辅助做一些工艺设计。不能说十分准确,但对我们优化工艺设计十分必要,尤其是新品、大件。不能凭老经验,不要小看这些前期工作,这往往是企业软实力的表现,特别在跟国外客户打交道的时候。第三,工艺技术制度要规范化,最后,工艺设计上要有创新思维。例如,工艺上运用均衡凝固理论,球铁的少无冒口铸造工艺,发热冒口代替保温冒口及铸钢件保温补贴的应用等等。

许多铸造缺陷,如气孔、缩孔、裂纹、力学性能不达标,往往多数企业想到的是工艺问题。在浇冒口系统及型砂上动脑筋,其实绝大部分是熔炼问题。我们与国外铸造水平的差距,本质上是熔炼水平的差距。

2.2 全废钢增碳工艺是感应炉熔炼铸铁的唯一优势工艺

2.2.1 只有感应炉全废钢熔炼铸铁,才能做到高的增碳率

许多铸造企业淘汰了冲天炉,新上中频感应电炉,习惯去拿感应炉铁液的成分、温度与冲天炉相比,总以为这样的铁液铸造性能、冶金性能与冲天炉应该是一样的。其实不然。感应炉熔炼出来的铁液过冷度大、收缩倾向大、成熟度低、硬度高。有许多企业对感应炉炉料只算经济账,哪个价格低就用哪个,废钢低就用废钢,生铁低就用生铁,增碳剂也用最便宜的,有的甚至大量使用铁屑。结果除了上述问题外,还导致铁液气孔倾向大、流动性差、缩孔大、硬度高,废品严重。

冲天炉熔炼与中频感应炉熔炼到底哪个好?我想这是铸造企业经营者们非常纠结的问题,衡量铁液冶金特性好坏,除了成分、温度、杂质含量指标以外,其中最最重要的一个指标就是铁液增碳率——可惜长期不被我们认知。铁液的增碳率决定了其石墨化程度,这个增碳率是指铁液在熔炼过程当中新增的碳,而不是炉料新生铁所带入的碳。这种靠增碳剂所增的碳,

我们把它称之为活性碳。这种高度弥散的碳是铁液在随后凝固过程中的结晶核心,渗碳率越高,铁液的形核能力越强,石墨的分布形态更细小均匀、更弥散,且这种弥散程度成几何级数增加。像这种高增碳率的铁液,只有感应炉全废钢增碳才能最大限度的实现。如果这样做了,即使什么工艺都未改变,熔炼水平就已经提高了二个档次。

铸铁的性能除基体外,完全取决于石墨形态。石墨形态的千变万化,才构成铸铁性能的巨大变化。对灰铸铁而言,总的变化趋势是石墨越细小,越弥散,单位面积共晶团数量越多,强度越高,弹性模量越高,硬度却增加不多。为什么感应炉熔炼新生铁所带入的碳就不能成为结晶核心参与石墨化呢?原因在于感应炉熔炼时铁液温度太低、时间太短(1550℃、10来分钟),生铁锭中的石墨没有被溶解。这种未溶解的石墨不可能参与凝固过程中的石墨化,在凝固过程中被原封不动的保留下来,称之为生铁锭的“石墨遗传性”。这才是铁液在凝固过程中在其冷却曲线反映出过冷度偏大的原因。而冲天炉熔炼就不一样了,冲天炉炉缸高温区的温度大于1700℃,且铁液以极细的液滴形式流过炽热的底焦层,铁液很容易被过热,在这种条件下,原铁液里的碳会发生部分溶解,焦炭中的碳也会向铁液中渗透,炉渣对铁液有冶金作用。衡量冲天炉熔炼水平,最关键的就是温度。温度越高,废钢用量越多,渗碳率越高,氧化烧损越低,铁液的冶金特性就越好。故冲天炉一切提高炉温的措施,均有利于提高冲天炉的熔炼水平。

综上所述,只有感应炉全废钢增碳工艺熔炼铸铁,才能获得最大限度的增碳率。而废钢由于现代炼钢技术的发展,废钢中的杂质元素已经远远低于任何生铁,可与高纯生铁相媲美,用废钢增碳工艺熔炼成的铁液是冶金特性最好的高纯铁液,比用高纯生铁感应炉熔炼出来的铁液还要好,如果感应炉熔炼铸铁舍弃废钢增碳工艺,而采用其他任何工艺都被证明是落后的。

2.2.2 感应炉全废钢熔炼铁液的成分与性能

本人在许多工厂做过试验,用全废钢增碳工艺熔炼的铁液与相同成分、经冲天炉或冲天炉+感应炉双联所熔炼出的铁液浇注试样对比,得到的结果是在相同的浇注参数下,铁液的白口倾向、铁液的收缩倾向、截面的硬度差异、石墨形态、力学性能均显示全废钢感应炉熔炼的铁液比冲天炉或冲天炉+感应炉双

联所熔炼出的要好。

力学性能表征为强度高、塑性好、冲击值高、截面敏感性小、硬度低、切削性能好。用共晶度Sc、成熟度RG、硬化度HG、品质系数 θ_i 等表征。其共晶度Sc接近1、成熟度RG>1,硬化度HG<1,品质系数 θ_i >1。这种高碳当量接近于1的共晶度铁液,具有很强的石墨化能力及最佳的铸造性能。相比日本、德国在灰铸铁生产上,日本的FC35与中国的HT250共晶度、碳当量相当,而抗拉强度却与HT350相当。相同牌号的国外灰铸铁的共晶度却比国内的平均高出0.05-0.08,碳当量高出0.20%-0.33%。那么国外如何在高的碳当量和高的共晶度条件,获得很高强度的铸铁的呢?

原来冲天炉熔炼HT200铁水的成分,如果用感应炉全废钢增碳工艺熔炼,已达到HT300的水平了,熔炼水平提高了两个档次。当感应炉全废钢增碳工艺碳含量降到3.1%-3.2%时,灰口铸铁的性能可达到HT350水平。机床类铸件是最能体现灰口铸铁材料性能的领域,也是最能体现铸造水平的领域。笔者特地摘录了国内外此类铸件碳当量的对比,见表1、表2。

表1 国内外机床铸件碳当量对比^[1]

牌号	碳当量均值(%)	
	国外	国内
HT250	3.95	3.75
HT300	3.82	3.55
HT350	3.76	3.45

表2 机床铸件化学成分(WB/%)^[1]

牌号	C	Si	Mn	P	S
HT250	3.25-3.35	1.85-2.10	0.8-1.2	<0.12	0.06-0.10
HT300	3.15-3.25	1.80-2.00	0.8-1.2	<0.12	0.06-0.10
HT350	3.10-3.20	1.75-1.95	0.8-1.2	<0.12	0.06-0.10

科技的文明是人类共同的成果,是人类可以共享的。外国人能做到的,我们为什么做不到?国外就是感应炉熔炼采用废钢加渗碳剂工艺,新生铁的加入量一般低于10%,以前我们做HT300以上的铸件是在大幅度降低碳当量及合金化的条件下达到的,此时铁液的缩孔增加、疏松增加、应力增加、加工性能变差,截面性能差异大。现在用全废钢增碳工艺熔炼铸铁,可以在高碳当量下获得高强度,这是多么大的好处。

如果用这种铁液来做球墨铸铁,石墨球数量从未使用增碳剂的42个/mm²增加到使用增碳剂后的

200个/mm²^[2],这对改善球墨铸铁厚大断面石墨形态变差“断面效应”的好处是不言而喻的。碳作为自发形核核心有一个好处,它不自溶,是一个长效结晶核心。不像绝大多数孕育剂作为外来形核核心,会自溶、衰减。这对有低温冲击功要求的球墨铸铁有很大的好处,提高低温冲击值,且无须热处理,更不需要合金化。有这样高纯度高石墨化基础的铁液,接下来不管做什么合金铸铁、蠕墨铸铁、球墨铸铁均很容易。

2.2.3 状态曲线是预测铁液性能的最可靠手段

高增碳率铁液的性能是可以被预测的。固定凝固条件下,任何影响铁液状态的因素都会在冷却曲线上特别是凝固段上得到反映,一定形状凝固段的冷却曲线对应一定的铁液状态。所以固定凝固条件下的冷却曲线凝固段的整体形状可做为铁液状态的表征。通过状态曲线的模式识别结合数据库的方法实现铁液状态综合预测。测试水平决定了控制水平,热分析仪就具备这种预测功能,因此在铸铁熔炼炉前控制手段上,优先选用热分析仪来观察状态曲线,可以有效预测铁液状态,这是浇注合格铸件的前提。

2.2.4 高炉-感应炉短流程工艺

短流程源自炼钢产业,凡是直接用废钢熔炼成钢水的过程,即称为“短流程”,而用在铸铁的短流程,是指将高炉铁水通过储铁容器运输到感应炉,再调整成分、提升温度、精炼、变质等处理后,变成合格的铁液浇注铸件,这样确实省了一次重新熔炼的成本。但是,这就有新问题出现了,高炉铁液里的碳处于过饱和状态,高炉铁液中的石墨尺寸比较大,这种铁液里石墨的形核结晶变得相当困难,石墨化程度很低,反映在状态曲线上即过冷倾向很大,金相显示石墨异形。总之,这种高炉铁水因其增碳率很低,不管随后如何变质处理,终究改变不了高炉铁水带来的粗大石墨的影响,这就是为何短流程工艺难做出力学性能很高的铸件的原因。

2.3 冲天炉新工艺

笔者花了大量篇幅介绍了感应炉全废钢增碳熔炼铸铁的工艺优势,并不是说冲天炉没有优势。熔化率越大,连续熔炼时间越长,冲天炉的优势越明显。如果感应炉熔炼还像冲天炉一样配料,熔炼质量还不如冲天炉。现在绝大多数没有电炉的企业还在用着冲天炉。以后上电炉越来越困难。冲天炉用惯的企业一下子改成电炉会很习惯。制约冲天炉使用与发展的就是排放,要做到达标排放,必须上除尘设备。除达标排

放外,笔者着重就如何提高冲天炉熔炼水平,围绕着提高温度、多用废钢、提高增碳率、提高燃烧效率,减少氧化烧损方面提一些改进措施。即以空冷代替水冷,热风再被循环利用,并以外热风形式尽可能的提高热风温度,热风温度越高越好。以双向锥形预热带代替筒形预热带,以龙卷风供风代替直线型气流供风,以铸造焦代替其他焦,再辅以除湿富氧送风等等。这么多先进的工艺不需全部用,只要用其中几个即有效。温度 $>1500^{\circ}\text{C}$,最好在 1550°C ,当然也要考虑性价比及做什么档次的铸件。

2.4 氩气精炼熔池

氩气精炼熔池,是笔者在铸钢企业推广比较多的工艺,原因是多数小铸钢企业由于上不起电弧炉设备,用中频感应炉熔炼铸钢。由于缺乏电弧炉吹氧脱碳工序,及造碱性渣对钢水进行精炼、导致感应炉钢水杂质含量及气体含量高。而采用氩气精炼工艺,可以达到电弧炉熔炼的3/5水平,且成本也很低,工艺上很方便。铸铁由于其碳含量高,对气体本不敏感,但由于是大量使用废钢,用石墨增碳,带来了[H]、[N]、[FeO]的增加,或大量使用铁屑,故氩气精炼非常重要。方法是中频炉炉底吹氩,透气砖预埋在感应炉底部,让氩气从底部导入铁液(钢液)。出炉前15分钟导入氩气,流量、压力以液面不沸腾为界,时间大于10min。另一种方式,对 $>2\text{t}$ 浇包包底吹氩,透气砖预埋浇包底部,出水后即可通气精炼。大型铸钢浇包也可在水口中设置吹氩孔,或者插入式吹氩装置。时间视温度而言,不可影响浇注,通常5-10分钟即可。这种工艺尤其对熔炼低碳钢、不锈钢、高强度钢及铜合金,特别是铝青铜、纯铜更好。铝合金可用 N_2 代替氩气精炼。

有些感应炉熔炼铸钢的企业,铸钢做力学性能时,化学元素都合格,S、P含量也很低,为何低温冲击值上不去及UT探伤过不了(热处理合格的前提下)?主要就是气体含量高,而吹氩对提高此性能有明显的好处,对改善不锈钢力学性能及耐腐蚀性能的好处更大。

透气砖用铝镁尖晶石浇注料成型,已商品化。有些大型底注包滑动水口的碳砖也具有透气功能,可以直接用于氩气精炼。

2.5 几处细节问题

(1)铸铁用全废钢(当然可用部分回炉料)感应炉增碳要用大量增碳剂,切不可图便宜货,一定要用经过高温石墨化处理的晶型石墨增碳剂,此决定增碳铁

液的质量。好的增碳剂指标如下: $W(\text{C})>99.8\%$, $W(\text{S})<0.03\%$, $W(\text{H})<2\text{PPm}$, $W(\text{O})<40\text{PPm}$, $W(\text{N})<30\text{PPm}$,吸收率 $<90\%$,早期加入。如果用差的增碳剂,吸收率低、电耗增加、杂质增加、气体增加、熔炼环境变差且增进的碳石墨化程度低,得不偿失。

(2)铸铁的废钢炉料慎用打包料。因打包料含有较多细化晶粒的微量合金元素,对要求高的铸铁可能会有影响,尤其是有低温冲击值要求的球墨铸铁。打包料即为冷轧薄板边角料,铸钢可以放心用,铸铁废钢宜选用优质热轧低碳钢板的边角料、各种型材,除锈后入炉。

(3)全废钢增碳工艺熔炼灰铸铁时,要增硫。灰铁里的硫不可以低,而球铁里硫不可以高。全废钢增碳工艺铁液的硫含量约在 0.03% ,灰口铸铁的硫宜控制在 $0.08\%-0.12\%$ 。

(4)孕育剂尽可能少用。使用孕育剂的目的是促进石墨化、减少白口。全废钢增碳工艺所增的碳均为活性碳都是可以成为结晶核心且是长效,本身就是最好的孕育剂,加之足够量的硫,石墨的细小程度及分布形态足以保证。孕育剂的使用原则,视白口程度,以不出现白口为原则,取下限,提倡随流孕育。在孕育剂的选用上,优先选择SiBaCa,再次用SiSrZr的孕育剂。

(5)冲天炉熔炼可以在配料中加 $0.3\%-0.5\%$ 的SiC,珠光体球铁慎用合金Sb,会引起脆断。要获得珠光体基体,可用MnFe及FeSi组合成复合孕育剂,Mn以孕育剂的方式加入比原铁液中的含有Mn促进珠光体的作用要大许多。

(6)提倡喂丝球化、密封球化等方法,投资省的、见效快的是盖包球化代替冲入法。这样处理,球化反应在正压无氧状态下进行,镁的吸收率可以从冲入化的 $30\%-40\%$ 提高到 60% ,球化剂用量减少 $1/3$ 以上。球化率达到 90% 以上,石墨球圆整。全废钢增碳工艺由于是高纯铁液,球化剂中的稀土及Mg大部分是用来脱硫、脱氧净化铁液。由于铁液本来就纯净,故球化剂加入量还可以减少,具体加入多少需要做些试验,以确定最佳加入量。在确保球化前提下,球化剂用量越少越好。在球化剂越来越贵的情况下,这一招很有效。

(7)铸钢浇包可以用纤维棉挡渣。有些小型铸钢件采用漏底包浇注不方便,采用摇包浇注,摇包浇包的缺点就是钢渣挡不住。这时可采用纤维棉一块挡住浇嘴部位。工人浇铸时,一人用挡渣棒压住挡渣棉,另一人浇注

即可。这时摇包浇注小件比漏底包方便得多。另外要注意不可以用水玻璃砂搪包,要用专用的搪包材料。

3 造型工艺

3.1 型砂的选择

铸造企业最大的环保问题其实是砂的循环利用问题。砂的循环使用及其程度是衡量一个铸造厂是否绿色环保,是否可持续发展的关键。铸造企业尤其是铸钢企业大部分还在用第一代水玻璃砂,由于旧砂不可回用,旧砂无处排放,成为令铸造企业经营者头痛的问题。型砂的选择必须兼顾质量、环保、成本。铸铁用型砂、粘土砂、呋喃树脂砂回用性均很好,关键是铸钢用砂。铸钢用砂分为两大类,一为无机粘结剂,即常用的水玻璃做为粘结剂,硬化有CO₂气硬化、脂硬化、真空-CO₂气硬化,加热微波硬化等;二为有机粘结剂,即为合成的树脂粘结剂,有尿醛树脂、酚醛树脂、糠醇树脂三类,各有利弊。可以说,没有一种十全十美的型砂和粘结剂。笔者权衡再三,对中小型铸造厂还是推荐改性水玻璃CO₂气硬化,湿法回用新工艺。理由如下:

水玻璃砂不如树脂砂,不能生产优质铸件这是误区。表面质量取决于所用原砂质量和涂料,跟所采用的粘结剂无关。笔者推荐的水玻璃为改性水玻璃,不是第一代加入量7%~8%的水玻璃砂,水玻璃砂改性后流动性提高,加入量可以降到3%~4%,甚至可以降到<3%。这样水玻璃砂溃散性能差的缺点可以大大改善。为何第二代改性水玻璃脂硬化型砂许多铸钢厂用得不好,而纷纷改用树脂砂?主要是其再生性不好,由于采用干法再生,氧化钠含量难以降低,导致再生砂性能不稳定,而旧砂湿法再生则很好解决了这一问题。水玻璃及添加剂均是水溶性物质,经水一泡全部溶解,再生后跟新砂一样,且比新砂膨胀率更低。强碱性废水经酸中和可循环使用,沉淀物水玻璃可凝聚分离。关键问题是如何把湿砂烘干,这样水玻璃砂呈现出来的全是优点。

(1)铸件质量好,相对于呋喃树脂,裂纹、气孔倾向小,与碱酚醛树脂相当。

(2)环保性能好,造型、浇注时都无气味,不像合成树脂有气味。

(3)价格便宜,水玻璃改性后成本只是树脂及粘结剂成本的1/5左右。

(4)CO₂气体硬化,工艺性好,可以保证瞬间硬化,

也可以用酯硬化。

(5)回用的砂性能好于新砂,回用砂可以无数次循环,真正实现绿色环保。基本上很少排放。

(6)投资省,可再生。

旧砂经磁选、破碎后进行搅拌水洗。砂水分离后,旧砂经晒干或烘干回用,污水经处理后亦可循环使用。污水处理:碱性污水通过加酸调节PH值,再针对污水中存在大量悬浮物,通过加相关溶剂,使其凝聚沉淀。现在技术可使水玻璃还原再用。通过涂料改变完全可以用于铸铁件生产用型砂。由于型砂可回用,完全可以用质量好一点的天然海砂或者擦洗干砂。这样,企业就进入良性循环。对于绝大多数用CO₂水玻璃型砂做铸钢、旧砂尚不能回用的企业,可以参考实施。湿砂干燥,笔者认为除了太阳晒干以外可利用热处理炉余热及感应电炉循环热水余热来烘干。

条件好一点的企业可以考虑用档次更高的人造砂,有铝系、铝锆系、莫来石系,这三种砂有共同的特点,非常圆整,杂质含量少,熔点高,难烧结,回用率高。这样做出来的铸件品质高,粘结剂用量也少,工厂环境好,缺点是第一次投资较大。

3.2 浇注系统设计

当熔炼问题解决以后,浇注系统设计就变得相对容易了。笔者想表达的是,如果熔炼质量不高,浇注系统设计得再好都没有用。浇注系统设计除通用原则外,想补充以下几点。

(1)浇注系统越简单越好,要防止温度的下降及压头的损失,铸钢件通常采用漏底包浇注,无需考虑挡渣。因为浇注系统是挡不住渣的,不可以造成飞溅、瀑布、紊流,造成二次氧化。

(2)铸钢件浇注系统宜底注、阶梯式浇注为主,宜快不宜慢,内浇口宜大不宜小,因其对温度梯度敏感。浇注系统最好用陶瓷管铺设。

(3)铸钢件浇冒口系统设计是贯彻魏兵教授的均衡凝固及大口出流理论应用最有效的典范,冒口尽可能放在次热节上,因冒口越大,凝固时间越长,组织越差。但这有两个前提,次热节上设置冒口叠加以后的热节要大于主热节,另外对主热节补缩的通道要通。

(4)铸钢件内冷铁的应用。通常认为要探伤的铸件部位不宜放置内冷铁,这是个误区。笔者认为,铸钢工艺设计除了内外冷铁、冒口补贴以外,没有其他的手段来改变凝固顺序。尤其对大模数、大热节的铸