

文章编号:1003-8345(2005)03-0009-07

## 球铁件应当如何补缩?

周 亘

( 一汽集团解放汽车有限公司 无锡柴油机分公司 江苏,无锡 214026 )

**摘要** :由于球铁的收缩大于膨胀,球铁件铸造必需外部补缩。后凝固部位必然是先凝固部位的补缩源,因此,要使冒口具有补缩作用,必须使冒口迟于铸件凝固。为增强外补与自补,冒口颈宜适当厚大,内浇道、排气眼及冷冒口均应在浇注结束时尽快封闭,以增加进铁量,减少排铁量,增大铸件材料含量。实现“均衡凝固”会减少铸件材料含量和膨胀量,对防止缩孔、缩松不利。

**关键词** :球铁;补缩;均衡凝固

中图分类号 :TG 250.6 ;TG 255 文献标识码 :A

### How Should Nodular Iron Castings Be Fed?

ZHOU Gen

(Wuxi Diesel Engine Branch, Jiefang Automotive Co.Ltd, China First Automotive Group, Wuxi 214026,China)

**Abstract:** Since contraction of nodular iron is bigger than its expansion, nodular iron castings must be fed from outside to prevent shrinkage defect. A later solidifying location always is the feeding source of the earlier solidifying location, therefore, in order to make the feeder have feeding capacity, it is a must to make the feeder solidify later than the casting. To improve both the feeding from outside and self-feeding, it is necessary to adopt properly bigger section area of the feeder neck, all ingates, vents and overflowing risers should be blocked at the pouring end as sooner as possible in order to increase material content of the casting by increasing amount of the melt entering into mould cavity, and reducing amount of the melt running out mould cavity. Realizing proportional solidification would reduce material content of casting, so it is unfavorable for shrinkage prevention.

**Key words:** nodular iron; feeding; proportional solidification

1.0%。由于  $w(\text{Si})$  大于 0.6% 时使合金淬透性降低,故将合金的  $t$  值取 120 min (比板锤半冷却时间多出 30 min 左右)。由于当前钼铁价格飞涨,故尽量降低 Mo 的加入量,初步拟定按下列数据计算  $t$ ,其中 3.2% C, 21% Cr, 1% Mn, 0.4% Mo, 0.5% Ni, 1.0% Cu:

$$\lg t = 2.24 + 0.58 \times 1 - (3.2 - 2.96) \times 0.51 + 0.05 \times (21 - 17.6) + 0.41 \times 0.4 + 0.84 \times 0.5 + 0.46 \times 1 = 3.9116$$

$$t = 8.158 \text{ s} = 136 \text{ min} > 120 \text{ min}$$

生产中使用的合金成分 ( $w_B/\%$ ) 为 2.9~3.2 C, 20~23 Cr, 0.7~1.0 Si, 0.4~0.5 Mo, 0.4~0.5 Ni, 1.0~1.2 Mn, 1.0~1.2 Cu。热处理温度为 1 020 °C,

保温 4~5 h, 空冷。

实测板锤硬度为 62~63 HRC, 生产中使用表明十分抗磨。

### 参 考 文 献

- [1] Dodd J L Parks. Factors Affecting the Production and Performance of thick Section High Chromium-Moly & denum Alloy Iron Castings [J]. Climax Moly & denum company. Metals Forum, 1980, (3) 3-26.
- [2] W Fairhust, K Röhrig. Abrasion-resistant High-Chromium White Cast Irons [J]. Foundry Trade Journal. 1974, (5) 685-695.
- [3] W W Cias. Austenite Transformation Kinetics and Hardenability of Heat-Treated 17.5% Cr White Cast Irons [C]. AFS Transactions, 1979, (82) 317-328.

学习“均衡凝固技术”<sup>[1]</sup>后,感到其理论未必正确。从学术交流的愿望出发,并听取有关专家意见后,笔者对几个基本问题发表了不同看法<sup>[2]</sup>。之后,陆续接到一些铸造同行、专家来电,认为不同观点的交流确实有助于正确认识缩孔、缩松问题,因而希望继续作更深入的探讨。为此,本文将就“球铁件应该当如何补缩?”问题继续介绍笔者的认识和体会,以供讨论。

## 1 球铁件必须外部补缩

文献[3]已提及,球铁的浇注温度一般为1350℃左右,即使扣除浇注过程降温约50℃,液态和凝固收缩总量也有5.4%~5.7%,按平衡相图计算,含3.5%C、2.5%Si时的石墨化膨胀量为3.8%~3.92%,比收缩少1.48%~1.9%。由于测定平衡图的条件很严格(冷速缓慢0.5℃~2.5℃/min)、炉料纯净、负压熔炼等,而生产所用铸铁杂质多,冷速比平衡状态快得多,因此,铸件的凝固实际上都是不平衡凝固,平衡相图不适合实际铸件的凝固分析<sup>[4]</sup>。为此,R.W.Heine在1986年建立了更切合铸铁件实际凝固情况的铸铁凝固相图<sup>[5]</sup>,并用该相图对铸铁凝固过程的体积变化重新进行计算<sup>[6]</sup>,其中含2.4%Si、3.5%和3.7%C的球铁在1155℃凝固时的体积变化结果是净收缩1.85%和1.35%,加上浇注温度1350℃至1155℃的液态收缩(每100℃温降的液态体缩量为1.6~1.8%,共约3.12%~3.51%),数值就较大。大量生产使用湿型,型腔膨胀必然发生,所需补缩量还要大。因此,球铁件铸造必需进行外部补缩,以增加铸件材料含量,直接抵消凝固前期的收缩,减少收缩积累,同时也增加石墨碳总量,使凝固后期有足够的膨胀抵消收缩。文献[3]已证实,球铁件无冒口铸造实际上是利用浇注系统补缩,决非不需要补缩,原因就在于此。

## 2 先凝固部位和后凝固部位的补缩关系

球铁的凝固一般是先析出少量初生奥氏体或初生石墨,然后共晶团出现、数量由少变多,并不断长大直至凝固结束。由于球铁多用共晶或近共

晶成分,故其组织主要由共晶团组成,初生相数量一般不多。石墨在液相中析出时,其体积膨胀必然与同部位的液态收缩相抵消;初生奥氏体析出只会增大收缩;共晶凝固开始后,在同一共晶团内,石墨和奥氏体的长大是同时进行的,因而它们所产生的膨胀和收缩必然同时发生,也就必然互相抵消。此外,同一部位的初生相和共晶团的析出和长大必有先后,它们的收缩和膨胀也必然交错、重叠,也可以互相抵消。因此,一个部位的膨胀必然先抵消本部位的收缩,不存在“同一部位胀缩不能相抵消”的情况。由于收缩大于膨胀,任何先凝固部位的凝固结果都是收缩,只会形成体积空缺,不可能有多余膨胀抵消后凝固部位的收缩,只会从后凝固部位吸取补缩液体,使后者成为补缩源而容易产生缩松、缩孔。铸件中厚壁与薄壁相邻时,缩松、缩孔总是发生在后凝固的厚壁部位,厚大件的缩松、缩孔不发生在棱角边缘、细薄部位,而总是发生在后凝固的中心部位,均可以作为证明。因此,冒口要有补缩作用,就必须比其所补缩的热节迟凝固。当然,这并非要求冒口尺寸一定要大于铸件热节,如采用内浇道通过冒口、冒口加发热套或强化铸件冷却等措施,虽然并不能减少铸件的补缩需要量,但可以使冒口推迟凝固或加速铸件凝固,即使冒口尺寸接近、甚至略小于铸件热节,也可能迟于铸件凝固。其中强化冷却(如采用冷铁和覆砂铁型)可以使铸件加速凝固,加速形成体积空缺,有利于充分利用补缩通道畅通时间,多吸进铁液。此外,一些技术要求不高,如只要求加工后没有外露缩松、缩孔,不必作严格检查的铸件,特别是低牌号灰铸铁件,有时也采用偏小的冒口,甚至采用湿型无冒口铸造,但往往经不起严格检查,一般不适合球铁件。如锡柴的各种灰铁和蠕铁飞轮(累计近20种),近30年来一直采用湿型无冒口铸造,甚至不用冷铁(工艺为环形横浇道、多道内浇道分散进铁),超探能发现有内部缩松,但都控制在允许范围;曾试图用球铁浇注,结果缩松严重超标。

## 3 “均衡点”不能作为决定和减小冒口尺寸的依据

“均衡凝固技术”认为:“均衡点”以后,铸件已不需要补缩,因而认为冒口可以在到达均衡点

收稿日期 2005-03-02

作者简介:周亘(1937-),男,退休高级工程师,曾长期从事球墨铸铁试验研究和生产技术工作。

时先于铸件凝固。如此推理显然过于片面：

(1) 铸件要收缩,冒口也要收缩。如果冒口先凝固,就会先收缩,就会抢先从铸件抽吸铁液而使铸件产生缩孔、缩松。因此,冒口尺寸不但取决于铸件需要补缩的时间,更要确保冒口迟于铸件凝固和收缩。厚大件可以曲轴为例:由于厚大件补缩通道比较畅通,冒口直径/铸件壁厚比可以相对较小<sup>[2]</sup>,但试验证明,冒口偏小、早于铸件热节凝固就会引起缩孔<sup>[9]</sup>。其中 A110 系列柴油机 3 缸曲轴比 4 缸曲轴的重量少约 20%,由于冒口端热节尺寸完全相同,故冒口大小相同;120 系列的 2 缸曲轴比 4 缸曲轴重量少约 35%,冒口大小也一样。原因是由于只要冒口迟于铸件热节凝固,其能提供的补缩量往往已经超过补缩需要量,因此,冒口内的缩孔体积往往只占冒口体积的小部分,但并不因此就可以缩小冒口(因而补缩需要量与铸件重量成正比)也就不是决定性因素了。对于薄小件,由于补缩通道容易提早堵塞,确保冒口迟于铸件凝固还有助于延长补缩通道入口凝固时间,因而往往需要采用较大的冒口直径/铸件壁厚比<sup>[2]</sup>。

(2) 即使“均衡点”提前,只要铸件仍旧需要补缩,冒口仍要迟于铸件热节凝固,尺寸仍不能减小。例如,薄小件碳当量高,膨胀量大,补缩需要量较小;“均衡点”提前,由于补缩困难,冒口尺寸反而要大,与[1]的论断恰恰相反。

(3) 各种因素对体积变化的影响并非只影响“均衡点”的位置,而且会影响体积变化的模式。例如碳当量低、试样厚大会发生持续收缩,不出现“均衡点”<sup>[7]</sup>;而碳当量高或强化孕育会增加先共晶石墨析出,引起先胀后缩和出现两次膨胀高峰和“均衡点”<sup>[8]</sup>。各个铸件凝固过程体积变化是否有“均衡点”?何时出现?不经过测量根本不可能知道,而实际生产不可能对每个铸件都进行这种测量。况且,就算知道“均衡点”的时间,也不可能准确计算冒口的尺寸使冒口准时凝固。在所有宣称采用“均衡凝固”的实例中,都没有进行上述测量,也就谈不上按“均衡点”设计冒口。因此,即使不考虑上述因素,按“均衡点”设计冒口,也没有可操作性。

可见,“均衡点”不可能作为决定和减小冒口尺寸的依据。

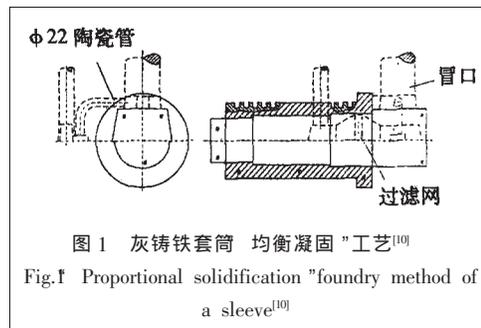


图1 灰铸铁套筒“均衡凝固”工艺<sup>[10]</sup>  
Fig.1 Proportional solidification "foundry method of a sleeve"<sup>[10]</sup>

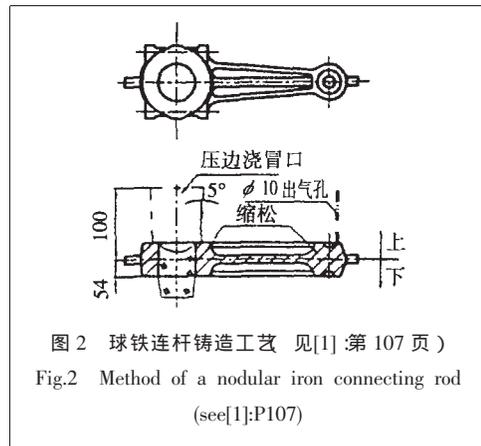


图2 球铁连杆铸造工艺 见[1]:第107页)  
Fig.2 Method of a nodular iron connecting rod  
(see[1]:P107)

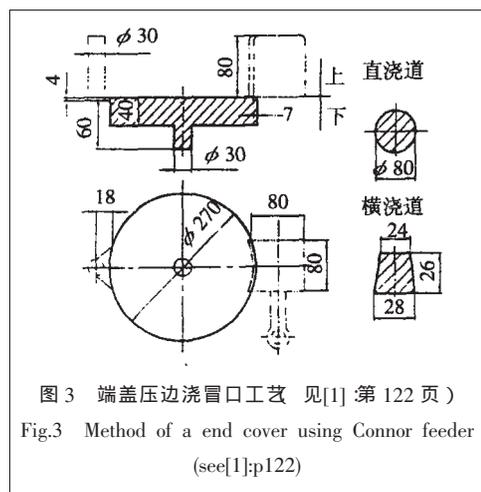


图3 端盖压边浇冒口工艺 见[1]:第122页)  
Fig.3 Method of an end cover using Connor feeder  
(see[1]:p122)

#### 4 “均衡凝固技术”仍然采用顺序凝固

“均衡凝固技术”认为顺序凝固工艺中,冒口安放在铸件热节上会造成热节变大、冒口要增大,易引起冒口根部缩孔、缩松。文献[2]已用实例证明,只要恰当设计冒口、冒口颈和浇注系统,这种问题根本不会发生。由于谁先收缩,谁就抢先抽吸铁液,因此,从任何被补缩热节到补缩冒口的凝固过程都是顺序凝固过程。不管冒口设在铸件热节上

还是避开热节,都要迟于热节凝固,否则冒口与铸件的补缩关系就要倒置。即使是采用“同时凝固”的无冒口工艺,也只是把铸件分成多个区段,使各区段的凝固同时开始、同步进行而已<sup>[3]</sup>,每个区段的凝固过程仍然是从快冷部位到慢冷部位的顺序凝固。尽管“均衡凝固技术”否定顺序凝固,但只要用冒口补缩,就必然要采用顺序凝固,冒口就必然是顺序凝固的终端,否则补缩与被补缩关系就要倒置。如文献[10]的实例(图1),冒口设在铸件最厚处,也是最高点处,直径为铸件热节厚度的两倍,是典型的边冒口补缩、顺序凝固工艺。图2和图3都是[1]的实例。图2的冒口设在铸件最厚处,直接从冒口浇注;图3的端盖也经由冒口进铁,冒口都远比铸件厚大,都迟于铸件凝固,显然都是顺序凝固工艺。这种压边冒口工艺早在上世纪50年代很多工厂就已使用,除铸铁件外,还用于有色金属,后者并没有石墨化膨胀,没有任何根据说明它们能实现“收缩与膨胀按比例进行的均衡凝固”。因此,不管能否消除缩孔、缩松,都与“均衡凝固”无关。类似实例很多,不一一列举。

## 5 如何充分利用石墨化膨胀进行补缩?

为使石墨化膨胀能用于补缩,防止铸件材料流失和压力松弛,除了要求铸型刚度之外,还必须确保膨胀发生时型腔进出口及时关闭。具体方法讨论如下:

### 5.1 如何使型腔进口及时关闭?

**5.1.1 无冒口工艺**——采用薄而小的内浇道,使其在浇注后较快凝固。铸件外层在浇注过程及浇注后短时间内,因受型腔激冷凝固较早,可以从浇注系统获得少量补缩,然后内浇道凝固关闭。为增大补缩量,一般需用大量冷铁使铸件加速凝固和收缩,迅速形成体积空缺,使补缩铁液快速进入型腔,并采用多个内浇道同时补缩。此外,往往仍因为补缩量不足而要借助于型腔缩小和砂芯膨胀来弥补一部分体积收缩<sup>[3]</sup>。

### 5.1.2 冒口补缩工艺

——方法有两种:

(1)冒口颈封闭法:“均衡凝固技术”主张采用薄的冒口颈,或者在冒口颈设冷铁,使冒口颈在浇注后较快凝固(图4A和B)。这种方法最早是由S.I. Karsay<sup>[11,12]</sup>提出,与“均衡凝固”并无关系。

他认为只要冒口颈在铸件液态收缩终了时及时凝固就可以利用全部膨胀来补缩。显然有如下问题:

①铸件各部位的凝固进程不可能一致,冒口颈凝固如以先凝固部位为准,将使后凝固部位得不到液补,如以后凝固部位为准,先前的膨胀都要浪费,结果都是顾此失彼。

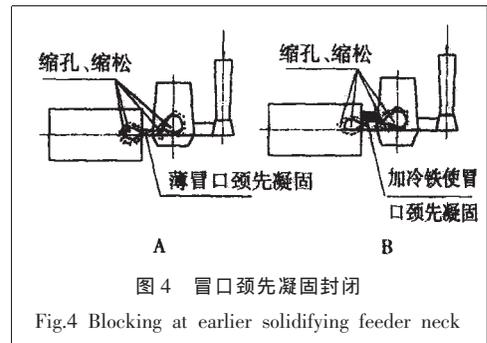


图4 冒口颈先凝固封闭

Fig.4 Blocking at earlier solidifying feeder neck

②铸件的体积变化模式和收缩结束时间不可能预知,其中厚大件有可能直至凝固结束都在持续收缩<sup>[7]</sup>,冒口颈早凝固会导致补缩不足;薄小件则可能由于碳当量高和强化孕育,凝固初期就出现石墨化膨胀高峰<sup>[8]</sup>,如果浇注一结束冒口颈立即凝固,会将外部补缩切断,如果不立即凝固,则对防止材料流失不利,两者矛盾无法解决。

③冒口颈散热条件复杂,不可能准确计算其尺寸,使其准时凝固,没有可操作性。

(2)内浇道封闭法:使内浇道在浇注结束时尽快凝固,将冒口与铸件一起封闭起来,把冒口变成铸件的一部分,而且是最后凝固部分,使容易形成缩孔、缩松的最后凝固区从铸件移入冒口。为此冒口必须是暗冒口,必须迟于铸件凝固,内浇道宜薄、宜长(图5A),甚至可用冷铁激冷(图5B)。在兼顾清理困难的前提下,冒口颈宜尽量厚大,并尽量设在铸件热节处,以延长冒口的有效补缩时间,增大液补量。内浇道凝固后,铸件和冒口即被

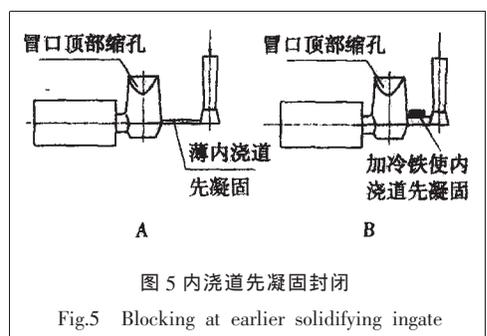


图5 内浇道先凝固封闭

Fig.5 Blocking at earlier solidifying ingate

一起封闭。由于铸件先凝固而先收缩,必然从冒口抽吸补缩液体,使冒口内液面降低,促使冒口顶部形成穿顶缩孔,使“冒口+铸件”总体积缩小。接着缩孔底部凝固,将下降后的冒口顶部也封闭起来。这种方法既能延长冒口的补缩时间,又能自始至终防止膨胀压力松弛,解决外部补缩与自补缩的矛盾。早在1957~1972年,锡柴的曲轴采用卧浇竖冷(图6A),为了挡渣,内浇道做得较薄,最先凝固,加上浇注一结束立即用湿泥塞头将直浇道堵死使其冻结,防止铁液泄漏,也就防止压力松弛。试验证明,在内浇道最先凝固,冒口最后凝固的情况下,冒口颈大有利于补缩,冒口颈越小,缩孔倾向越大<sup>[9]</sup>。1998年6110曲轴采用卧浇卧冷、边冒口补缩工艺上静压线生产时,内浇道厚度曾较厚大(45×20mm),结果引起冒口颈缩孔和外部缩凹,将其改薄(109×8mm,图6B)后,问题得到解决。凸轮轴的情况也完全相同(图6C)<sup>[9]</sup>。更有说服力的实例是6110蠕铁6缸连体缸盖工艺<sup>[13]</sup>。该

铸件是典型的多热节点复杂件,加上蠕铁的铸造性能接近球铁(特别是球墨偏多时),缩松、气缩孔倾向大,1983年投产后,废品率一直高于25%。曾请过多位外国专家解决,均未获成功。1999年上静压线生产时曾采用6个 $\varnothing 200 \times 200$ 压边冒口补缩,每个压边量为8×60mm,内浇道共6道,截面为38×8mm(图7A)。试生产结果,缩松、气缩孔引起报废达40%~50%。之后,有人认为冒口颈(压边部位)封闭太慢,于同年10月把压边面积改小为6×60mm,结果当月平均废品率猛增至62.5%,个别炉次高达70%以上。失败教训说明:冒口颈宜大不宜小。因而改用3个55×200×90mm(高)的扁长方形冒口,每个冒口的压边面积增大到10×200mm(图7B),内浇道截面改小为20×5mm。结果情况立即好转:月平均废品率降低到5%~6%<sup>[13]</sup>,冒口总重量从31.2kg减少到16.8kg。迄今已连续稳定生产了5年,年产量由10万件递增至16万件,每年少报废约5万件,铸造分厂每年节约废品赔偿费约2500万元(每件赔偿500元)。成功的原因是:封闭点移到了内浇道,可以在浇注结束立即实施封闭,既可以防止材料流失、压力松弛,又可以采用大冒口颈,增大补缩通道面积和覆盖范围,延长液补时间,有利于消除缩孔、缩松,还可以使型腔较长时间保持高的液体压力,阻止造型材料发气,防止气孔和气缩孔发生<sup>[13]</sup>。

1982年R.W.Heine提出锥形冒口补缩技术<sup>[14]</sup>时,明确提出要使内浇道先凝固,其目的是为了冒口形成穿顶缩孔(见图5),改善液态补缩(内浇道不及对凝固会使冒口缩孔移至下部并延伸入铸件,如图4所示),实践证明此方法也起到防止材料流失、膨胀压力松弛的作用。

与无冒口工艺(浇注系统补缩)相比,冒口补缩工艺的主要优点就是其有效补缩时间较长,液补量较大,因而不必过多地依赖铸型刚度和冷铁,如果用冒口颈提早凝固来防止压力松弛,必然会丧失这一优点,使冒口的补缩作用不能充分利用。但要强调:

①冒口必须与内浇道连接,并且应尽可能设在主要热节处,覆盖范围应尽量宽(详见文献<sup>[9]</sup>),并有足够的高度,确保补缩压力。

②冒口应为暗冒口,宜采用平顶(球顶不宜),以促进顶部缩孔的形成;

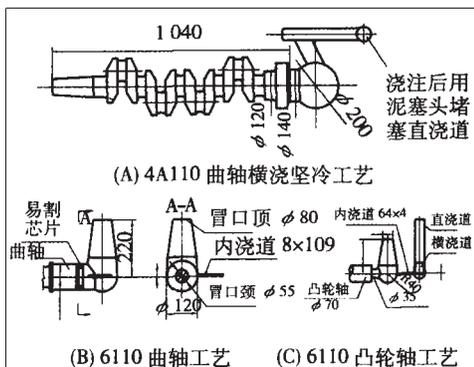


图6 4A110曲轴的早期工艺和6110曲轴、凸轮轴工艺

Fig6 Original method of 4A110 crankshaft and methods of 6110 crankshaft and camshaft

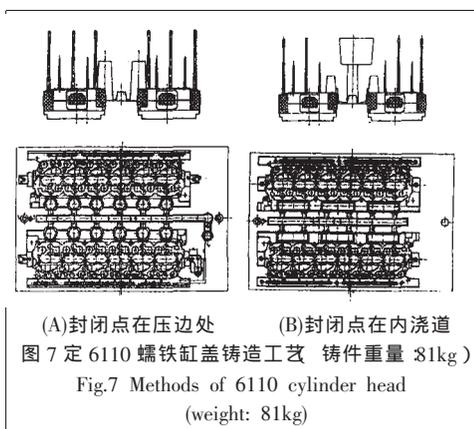


图7 6110蠕铁缸盖铸造工艺(铸件重量:81kg)  
Fig.7 Methods of 6110 cylinder head  
(weight: 81kg)

③为确保内浇道首先凝固和挡渣,横、直浇道截面积及横浇道高度均应大于内浇道。

④为保证浇注速度,在减小内浇道厚度的同时,应相应加大其宽度,或增加内浇道个数,或采用较厚的截面并加冷铁。

## 5.2 如何使型腔出口及时关闭?

型腔出口包括各种排气眼和冷冒口,都是排放冷铁液、使铸件材料流失、压力松弛的部位,为此应注意:

①气眼个数越少越好,尺寸越小越好。

②宜用边气眼取代本体气眼,而且边气眼与铸件的连接片越薄越好。

③用插气眼机插气眼时,要避免掉砂过多而在气眼顶部形成凹坑,导致冷铁液排放量过大。

④用于排气和卸压的明冷冒口宜用排气眼代替,以减少型腔铁液流过量 and 冷铁液排放量。

⑤暗冷冒口既无补缩作用,也无排气作用,不宜使用。

气眼仅在浇注过程中有排气作用,铁液进入其内后,即失去排气作用。多开气眼决非解决气孔问题的根本方法<sup>[13]</sup>,因为每个本体气眼的根部都是热节,排放铁液越多,根部热节过热越严重。机器造型时,气眼针容易弯曲,往往做得很粗大,加上插气眼时顶面掉砂形成凹坑,导致冷铁液排放过多,往往是气眼根部产生缩孔和气缩孔的原因,但却常常被误认为是排气面积不够而继续增加、增大气眼,结果气缩孔更加严重。

冷冒口只能排气、卸压和储存铁液以防型腔发生泄漏,并无补缩作用<sup>[9]</sup>,其排放铁液比气眼更多,容易使铸件与其邻接部位过热,温度高于冒口而容易产生缩孔、缩松。浇注后往明冷冒口冲注铁液偶尔可以避免冒口引起缩孔、缩松,但并不能减轻型腔过热,故其效果不可能稳定<sup>[13]</sup>。将冷冒口的冒口颈做薄,使其提早凝固,有时可以减轻缩孔、缩松,使缺陷不外露而使铸件侥幸通过验收,但这只说明冷冒口提早停止抽吸铁液,并不说明冷冒口有补缩作用。此外,一些采用冷冒口铸造的大型壳体铸件没有产生缩孔、缩松,往往被误认为是冷冒口有补缩作用,实际上是浇注系统和砂芯膨胀的共同补缩作用<sup>[9]</sup>。因此,冷冒口最好是不用,或者改为气眼针。

## 6 “均衡凝固”对外部补缩和自补缩都不利

石墨化膨胀的补缩作用至少在上世纪50年代就为铸造界认识和利用,并且已有较成功的经验<sup>[3,15,16]</sup>。“均衡凝固技术”有充分利用膨胀进行补缩的愿望,但并没有找到正确方法:

### 6.1 “均衡凝固”不可能实现

(1)“均衡凝固”要求做到“采取工艺措施,使单位时间的收缩与膨胀,收缩与补缩按比例进行”,而铸件凝固过程的体积变化不可能有统一的模式,即使同一铸件采用同一工艺,其体积变化模式也会因工艺因素的波动而受影响,而且复杂铸件各个区段的情况还有差别,这就要求对每个铸件凝固过程的体积变化都逐一进行跟踪监测,实际生产根本不可能做到,按比例进行调控也就没有依据。

(2)要使膨胀提前,只可以通过提高碳当量和强化孕育,但提前多少量、多少时间,不可能做到按比例定量和定时控制。改变铸型工艺顶多只能改变铸件某些部位的冷却速度,使它们的整个凝固进程、使收缩和膨胀一起提早或推迟,不可能使膨胀相对提前,更不可能按比例需要对膨胀或收缩进行定量和定时调控,因此“按比例进行的均衡凝固”根本不可能实现。

(3)迄今还没有任何实例有测量数据可以证明实现了“均衡凝固”。

### 6.2 “均衡凝固”不利于外部补缩和自补缩

“均衡凝固技术”提出“以自补为基础”,“冒口只是补充自补不足的差额”,其想法是:认为所有铸件凝固过程都是“先收缩后膨胀”(已被试验否定<sup>[7,8]</sup>),企图通过使膨胀相对提前,使凝固前期的收缩也先由膨胀抵消,不足额才由外部补缩抵消。认为这样就可以减少外部补缩需要量,减小冒口尺寸,提高自补缩利用率和工艺出品率,实际上是企图通过减少铸件材料含量来提高工艺出品率,其结果必然是出品率并不能提高,反而对防止缩孔、缩松不利,因为:

(1)膨胀提前必然减少外部补缩量,而只要仍旧需要冒口补缩,冒口仍必须迟于铸件凝固,其尺寸仍然不可能减小,提高出品率的愿望仍旧不能达到。

(2) 外补量减少,铸件材料含量和膨胀量也随之减少,反而降低自补能力,增大缩孔、缩松倾向。

## 7 结论

(1) 球铁的收缩大于膨胀,因而无论采用何种铸造工艺都需要外部补缩,以增加铸件材料含量,直接抵消前期收缩,减少收缩积累,并为后期的自补缩增加材料储备。

(2) 强化冷却,使铸件加速凝固,可以加速形成体积空缺,使补缩铁液快速进入型腔,增大补缩量。企图通过使膨胀提前、收缩推迟达到“均衡”,减少外补量来提高工艺出品率,必然会使铸件材料含量减少,膨胀量不足,对自补缩、以及对防止缩孔、缩松都不利。

(3) “均衡点”不可能作为决定和减小冒口尺寸的依据,也无可操作性。由于先凝固部位必然要从后凝固部位吸取补缩铁液,后凝固部位必然是先凝固部位的补缩源,即使补缩需要量减少,冒口要有补缩作用,仍必须迟于铸件凝固,其尺寸仍不能因此而减小。“均衡凝固技术”实际上仍然采用顺序凝固,必然也要遵这一原则。

(4) 冒口颈早凝固对补缩不利。为增强外补与自补,内浇道、排气眼及冷冒口均应在浇注结束时迅速关闭,冒口颈宜适当厚大,以便延长补缩时间,增加进铁量,减少排铁量,增大铸件材料含量,并有利于最后凝固区移入冒口。

(5) 冷冒口增加型腔铁液流量,使型腔过热而容易引起缩孔、缩松,应避免使用。

(6) 迄今所有宣称采用“均衡凝固”工艺的实例都没有实现“均衡凝固”,它们成败与否、优缺点如何,都是另有原因,都与“均衡凝固”无关。

## 参 考 文 献

- [1]魏兵,袁森,张卫华:“铸件均衡凝固技术”及其应用[M].机械工业出版社.1998.
- [2]周亘.对“均衡凝固技术”几个基本问题的讨论[J].现代铸铁.2004(5):4-12.
- [3]周亘.球墨铸铁件无冒口铸造可行性论证和实践[J].现代铸铁.2004(3):1-8.
- [4]周继扬.影响铸铁凝固组织的隐形因素(1)[J].现代铸铁.2005(2):20-25.
- [5]Heine R W.The Fe-C-Si Solidification Diagram for Cast Iron [C]. Transactions of AFS.1986:391-402.
- [6]Heine R W.Model for Specific Volume and Expansion and Contraction Behavior of Solidifying and Cooling Ductile and Gray Iron[C]. Transactions of AFS.1988: 413-422.
- [7]Winter B P, Ostrom T R, Hartman D J, Trojian P K, Pehlke R D. Mold Dilation and Volumetric Shrinkage of White, Gray and Ductile Cast Irons[C]. Transactions of AFS.1984: 551-560.
- [8]Bates C E, Patterson B. Volumetric Changes Occurring During the Freezing of Hypereutectic Ductile Iron [C].Transactions of AFS.1979:323-334.
- [9]周亘.球墨铸铁件冒口补缩失败原因分析[J].现代铸铁.2004(4):7-14.
- [10]陈建军,王守志.套筒类铸件卧浇爬芯单边浇冒口工艺[J].铸造技术.2004(10):746-747.
- [11]Karsay S.I. 球墨铸铁的浇口和冒口[M].北京.清华大学出版社.1983.
- [12]Karsay S.I. Ductile Iron Production I [M].1976.Q.I.T
- [13]周亘.车用柴油机蠕墨铸铁缸盖铸造工艺探讨[J].现代铸铁.2004(5):34-38.
- [14]Heine R W.Design Method for Tapered Riser Feeding of Ductile Iron Castings in Green Sand[C]. Transactions of AFS.1982: 147-158.
- [15]Reynolds C., Mailre J., Tailor H., Feed Metal Requirements of Ductile Iron Castings [C].Transactions of AFS. 1958:386-389.
- [16]周庆德 陆文华 徐承祖.球墨铸铁缩松形成机理的探讨与防止方法的研究[J].西安交通大学学报.1963(4):31-57.

## · 业界信息 ·

### 亚洲铸造论坛在日本名古屋召开

由日本素形材中心主办的“亚洲铸造论坛”于2005年2月23日在日本名古屋召开。

本次论坛是首次举办,主题是“亚洲铸造业的发展与日本的未来”,只有日、中、韩三国铸造业代表参加,主要为了沟通情况、探讨合作。

2月23日上午10时会议开始。日本素形材中心企划室主任知地正兹先生主持会议并致欢迎词。日本铸造技术协会、日本刃铁协会会长加藤喜久雄先生发表了题为“根据日本铸造业的现状和发展趋势,看今后铸造业的前景”。日本素形材中心高级顾问田村启治先生发表演讲的题目是“从亚洲铸造生产情况和世界的走向看日本今后的发展”,中国铸协李永圣常务副理事长演讲的题目是“中国铸造业发展概况”,韩国铸造学会副会长发表的演讲的题目为“韩国铸造业的现状,当前的问题及向海外转移的情况”。

(本刊讯)