

文章编号:1003-8345(2004)05-0004-09

对“均衡凝固技术”几个基本问题的讨论

——球墨铸铁缩松、缩孔问题探讨(三)

周 亘

(中国第一汽车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:就球铁件缩松、缩孔问题对“均衡凝固技术”几个基本问题进行讨论。指出作为该理论的基础的缩胀叠加图不完全符合实际情况;石墨化膨胀提前不利于消除缩松、缩孔。对薄小件缩松倾向大的原因、冒口是否应当靠近和离开铸件热节、是否可以早于铸件热节凝固、冷铁能否使膨胀提前,以及顶注的优点等问题提出不同的看法。认为按比例进行的均衡凝固不可能实现,而且依靠膨胀提前达到的均衡凝固对防止缩松、缩孔不利。

关键词:均衡凝固;缩松;石墨化

中图分类号:TG250.6;TG255

文献标识码:A

A Discussion on Several Basic Problems of “Proportional Solidification Technology”

——An Approach to Shrinkage Problems of Nodular Iron (III)

ZHOU Gen

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

Abstract: With respect to shrinkage problems of nodular iron, a discussion on several basic problems

铜能抵消部分铬对珠光体的硬化作用,还能稳定珠光体基体、促进A型石墨析出,促进铬在显微组织中起细化作用。若无铬加铜也能起到稳定、细化珠光体,硬度均匀的作用。

如今HT200缸体的化学成分($w_B/\%$)已经改进,一般是3.05~3.2 C,1.95~2.05 Si,0.6~0.8 Mn,≤0.07 P,0.08~0.1 S,0.18~0.23 Cr,0.4~0.5 Cu,0.07 Sn。与原来相比有大的改进,感应炉熔炼,铁液成分是能够严格控制的。

5 其他的影响

①型砂水分不宜高,水分多了容易引起激冷效应,同时铸型变形严重。6B缸体铸件质量散差4~5 kg,型砂、水分多是主要原因。

②型砂中煤粉不宜少加,型砂中煤粉少了容易引起铸件表面脱碳,丧失石墨易断屑和不沾刀的优越性。

③加工余量要合适,过大过小都不好,原铸件周边余量3~10 mm,说明变形大不均匀。

④热芯盒呋喃树脂砂中含氮越多对铸件硬度

影响越烈,若形成(C,N)化合物,硬度更高(1500~2000 HV),比珠光体高5倍。

6 结束语

为改善铸铁件的加工性能,从熔化角度要抓好如下环节①选择合适成分;②选用优质炉料;③快速熔化缩短高温时间;④合适的铁液处理工艺;⑤控制结晶过程。

参 考 文 献

- [1]刘文今,黄惠松.合金铸铁熔炼的若干问题[J].铸造技术,1989,(4):39.
- [2]二汽科委.英国汽车铸铁件生产和质量控制[Z].专题资料.1983:1.
- [3]王坦.我厂灰铸铁件应用新型孕育剂试验[C].一汽学术论文,1985:4.
- [4]赵新裔.轿车铸铁件铸态金相结构的生产控制研究[C].汽车工程学会铸造7届学会论文,天津:1995.
- [5]浙江大学,杭州机床厂.几种孕育剂对提高铸铁性能的对比研究[C].交流资料.1985:1.
- [6]肖柯则.高Si/C值铸铁的强度和内应力[J].铸造技术,1988,(2):33.
- [7]BCIRA 活页资料[Z].224.

of the "Proportional Solidification Technology" was held. It was pointed out that, as the basis of this theory, the contraction-expansion superposition graph doesn't conform to reality comprehensively; advanced graphitization expansion is unfavorable to shrinkage prevention. Different viewpoints were proposed on the reasons why castings with thin section and of small size are more easy to suffer from shrinkage defect? whether should the feeder be kept close to and also away from the hot spot of casting? whether could the feeder be earlier solidify than the hot spot of casting? Could the expansion be advanced by chills? what is the virtue of top pouring? It was considered that it is impossible to realize proportional solidification, and that the proportional solidification realized by advancing expansion is unfavorable to shrinkage prevention.

Key words: proportional solidification; shrinkage; graphitization

“均衡凝固技术”^[1]发表以来,反应不一。为了解其究竟,承蒙该理论的主要创始人魏兵教授的热情支持,最近笔者也进行了学习。可能由于实践经历和看问题角度的差别,笔者觉得该技术对几个基本问题的解释未必正确,谨在此介绍自己的认识和看法,以供讨论。错误之处希望同行专家指正。

1 球铁件是否可能实现“均衡凝固”? 有利还是有弊?

(1) 均衡凝固技术的基础是收缩-膨胀叠加图(图1),该技术的很多论断均以此图为依据。但此图与实际情况并不完全相符。例如,就球铁而言,C.E.Bates等人^[2]采用尺寸为 $\phi 12.7 \times 7.01$ mm的薄小试样测试,冷却过程的体积变化(亦即收缩-膨胀叠加结果,图2)并非“先收缩后膨胀”,也不是“集中收缩、骤然膨胀”^[1],而是先胀后缩→缩了又胀→胀了又缩(由于温度随时间而降低,图2的横坐标可间接地看作时间坐标)。B.P.Winter等人^[3]用 $\phi 91 \times 229$ mm的试样测试,属厚大件,且用于型浇注,刚度高,冷速慢,按[1]的说法,应该有利于均衡点前移,而实际结果是“持续收缩”(图3),根本没有出现均衡点。结果也与[1]的说法不一致。文献报道的试验结果和实际生产中的铸件还可能还有其他体积变化模式。图1把各种铸件凝固过程的收缩膨胀叠加结果统统画成“先收缩后膨胀”,显然不能全面代表各种铸件的实际情况。因此,按此图

作出的各种推论的可靠性就值得怀疑了。

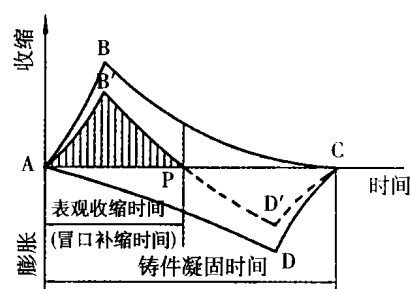


图1 铸铁件收缩与膨胀的叠加^[1]

Fig.1 Superposition of contraction and expansion of iron castings^[1]

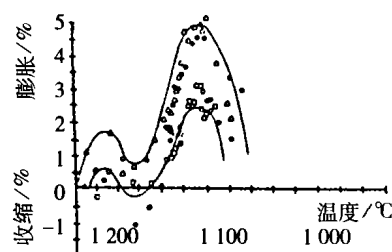


图2 球铁在1250 °C至1050 °C的体积变化(成分 $w_B\%$ 为:3.57 C, 2.78 Si, 4.5 CE, 0.075 Mg)^[2]

Fig.2 Volumetric changes of nodular iron from 1250 °C to 1050 °C^[2] (composition $w_B\%$: 3.57 C, 2.78 Si, 4.5 CE, 0.075 Mg)^[2]

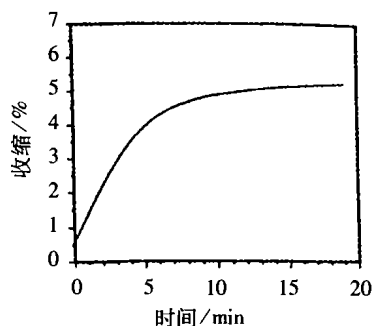


图3 在1357 °C浇注的球铁的体积收缩(成分 $w_B\%$ 为:3.5 C, 2.51 Si, 4.34 CE, 0.032 Mg)^[3]

Fig.3 Volumetric shrinkage of nodular iron poured at 1357 °C^[3] (composition $w_B\%$: 3.5 C, 2.51 Si, 4.34 CE, 0.032 Mg)^[3]

收稿日期:2004-05-25

作者简介:周亘(1937-)男,退休高级工程师,长期从事球铁试验研究及生产技术工作,是原无锡柴油机厂稀土镁球铁早期开发工作的主要试验研究人员。

(2)“均衡凝固技术”认为:“凡有利于铸件收缩后移和石墨化提前的因素都有利于胀缩相抵,使均衡点前移,使冒口尺寸减小”,因此,该技术始终以“使石墨化膨胀相对提前”作为防止缩松、缩孔的核心措施。而 R.W. Heine 发现^[4,5],过共晶石墨或其他先共晶石墨析出使石墨化膨胀提前,不但使膨胀不能用于补缩,反而会使铁液倒流进入冒口而引起缩松。后者是实况观测的发现,前者是根据图 1 作出的推测,而图 1 并不能反映各种因素对补缩、以及对膨胀可利用程度的影响。膨胀提前对防止缩孔、缩松到底有利还是有弊?笔者认为,在铸件外形不胀大的情况下,铸件的致密度与其材料含量密切相关。尽管文献报道的理论计算及试验结果各不相同,根据笔者的实践^[6],按目前生产所用成分和浇注温度,把液态收缩考虑在内,球铁凝固过程中体积变化结果是收缩大于膨胀,石墨化膨胀不足以抵消收缩,球铁件铸造必须外部补缩。因此,除了确保充分石墨化和提高铸型刚度之外,消除缩松、缩孔的另一个关键在于如何利用液态补缩增加铸件的材料含量来弥补缩胀差额。因为液补不但增加金属含量,而且也增加石墨碳总含量,因而也增加膨胀总量。由于目前大批量生产仍以湿型为主,即使采用高压、气冲或静压造型,型腔扩大亦无法避免。除石墨化膨胀外,浇注后型砂受热膨胀隆起也会使型腔扩大^[6],因而液态补缩更显得重要。为此,应力求在铁液流动性好、进铁口和补缩通道尚未关闭之前,铸件内尽量少发生膨胀,尽量加速收缩,尽早形成体积空缺,多进铁液,增加铸件的材料含量,待进铁口和补缩通道关闭后,再发生膨胀,这样才可以在液态补缩停止后,有较大的膨胀量来弥补收缩。因此,收缩相对提前比膨胀相对提前更利于防止缩松、缩孔。由图 2 和图 3 可以看出,收缩并非如同图 1 所示都集中在凝固前期,中、后期仍旧有收缩,其量甚至大于前期。由于中、后期液补已趋于停止,因而更需要膨胀进行自补。如果用膨胀提前达到“均衡”,必然会阻止补缩铁液进入型腔,既错过液补时机,也浪费有限的膨胀,导致铸件材料流失,对自补和液补都不利,使进铁口和补缩通道关闭后,没有足够的膨胀用于抵消收缩,导致缩孔、缩松。下面的事实可以为证:

锡柴发现,曲轴($\phi 90\sim 120$ mm, 4.3~4.5%

CE)和发电机支架(壁厚 4.5 mm,局部 25 mm, 4.4~4.7% CE)等球铁件以及蠕铁缸盖(壁厚 5.5 mm,局部 50 mm, 4.5~4.7% CE)采用随流孕育后,性能是提高了,缩松废品也明显增加,而且薄件表面缩凹也增加(HWS 静压线造型,砂型 B 刻度硬度高于 90 度,随流孕育用瑞士 MACANA 自动浇注机进行,随流孕育量不超过 0.08%,孕育过程用计算机控制,能确保准确、均匀)。一家为锡柴生产曲轴的配件厂采用型内孕育也发现同样情况;东汽铸造二厂也发现孕育过量引起缩松、缩孔增加^[7]。原因可作如下解释:如果铁液石墨化不充分,导致碳化物析出而引起缩松,适当强化孕育,对减少缩松当然有好处。R.W. Heine 认为球数高对减少缩松有利^[8],就是从保证石墨化充分考虑的。然而,当 C、Si 量一定时,孕育强度超过保证充分石墨化的需要后,石墨碳析出总量不会再增加,只会使石墨核心大量增加,使石墨提早析出,使膨胀相对提前,不但使铁液外流,而且由于球数和共晶团数大幅度增加,固-液区扩展迅速,“糊状凝固”倾向更明显,液态通道容易堵塞,导致液补受阻,因而使缩松、缩孔倾向增大。

(3)球铁的石墨核心是在液相中析出的,当核心在液相中长大到一定程度、被奥氏体包围、进入共晶凝固以后,石墨的生长就会受到奥氏体的限制,而只有石墨析出才会引起剩余铁液成分改变,才会导致奥氏体的析出,因而,石墨生长所产生的膨胀必然与奥氏体析出所产生的收缩同步发生,并且互为条件,膨胀既不可能提前,也不可能推迟,直到石墨析出结束为止。因此,要使石墨化膨胀相对提前,只能通过提高碳硅量、强化孕育使石墨核心提早析出和长大,使石墨数量增加。但具体能提前多少,仍然无法做到按比例定量控制。铸型工艺设计并不可能进行这种调节:例如采用冷铁强化冷却,首先是使液态冷却加速和使收缩提早,然后才是石墨析出提早,膨胀仍旧不能相对提前;反之,如果采用保温、工艺补贴等方法降低冷却速度,液态收缩慢了,石墨析出也推迟了,石墨核心还可能消失,膨胀反而可能相对推迟。下文将继续说明,“均衡凝固技术”所采用的各种措施实际上都没有起到使膨胀相对提前,从而提高“均衡程度”的作用。而正是由于膨胀没有提前,液补才免于受阻,缩松、缩孔才得以避免。

(4)“均衡凝固技术”提出要“研究铸件整体单位时间内膨胀量和收缩量的关系”,但这只能是愿望。迄今为止,铸件凝固过程中体积变化的总体情况可以测定,但各个时刻的具体膨胀量和收缩量以及它们的变化模式并不可能测定,调整和控制更是不可能了。如图2和图3曲线上的数据点只代表不同时刻的缩-胀叠加结果,具体由多少收缩量和多少膨胀量叠加而得?收缩和膨胀各自的变化模式如何?均无法获知。况且,要做到缩-胀和缩-补始终“按比例”进行,收缩、膨胀和补缩就必须始终保持固定的数值关系,而且始终都要同步地保持相同的变化模式,而收缩、膨胀和补缩各有各的变化规律和影响因素,不可能保持同步变化。因此,要实现“使单位时间的收缩与膨胀,收缩与补缩按比例进行”的“均衡凝固”根本不可能。事实上在迄今所有宣称按“均衡凝固技术”设计工艺的实例中,根本不知道铸件凝固过程中的具体缩-胀比例和缩-补比例(不知道均衡情况),不知道收缩和膨胀各自的变化模式,也就谈不上有调控和保持比例的具体方法,实际上都没有实现“按比例进行的均衡凝固”。这些实例所采用的措施仍旧是一些并不能使膨胀提前和对两个比例进行调控的常规工艺方法。因此,如果说其中一些实例确实解决缩孔、缩松问题,也就正好说明问题的解决并非是由于实行“按比例进行”的“均衡凝固”。另外一些实例则采用了不恰当的工艺方法(如采用冷冒口铸造球铁齿轮和其他球铁件),能否解决缩松、缩孔问题,值得怀疑^[12]。

2 薄小件缩松倾向比厚大件大的原因

均衡凝固技术认为厚大件是“收缩分散,石墨化膨胀相对提前”;小件属于“集中收缩、骤然膨胀”。“由于薄小件在早期集中的液态收缩阶段会过多地从冒口吸收铁液,凝固后期石墨化膨胀过大,除补偿一部分收缩量外,剩余的膨胀挤压型壁产生型腔扩大”。因而认为薄小件的缩松倾向和型腔扩大倾向都较大。但又认为“越是小件越是要强调补缩”。既然担心“早期收缩阶段会过多地从冒口吸收铁液”为何又要强调补缩?既然担心“剩余的膨胀挤压型壁产生型腔扩大”为何又认为“研究球铁中、小件的冒口补缩技术比追求提高铸型刚性对提高铸件致密性更有效”?岂非

前后矛盾?笔者的看法如下:

(1)厚大件碳当量相对较低,而且冷却慢,不但液态收缩慢,石墨析出更慢,因为只有冷却到一定温度、达到足够的过冷度,石墨才会析出,况且已析出的核心还可能被熔解而消失(厚大件石墨稀少,心部容易出现晶间碳化物可以为证),所以膨胀不可能相对提前,反而可能相对推迟。如图3的试样,显然没有早期膨胀。与之相反,图2的薄小件由于碳当量高,而且冷却快,过冷度大,形核速度快,核心多而且不容易消失,先共晶石墨析出量反而多,因而并非“集中收缩、骤然膨胀”,也不是“先缩后胀”,而是出现了共晶前膨胀,膨胀反而相对提前。实际生产中,薄小件的碳当量一般都为4.40%~4.70%,而且多数偏上限,个别工厂甚至高达4.90%,因此图2的情况并非偶然。显然,均衡凝固技术的解释与实际情况不符。

(2)笔者多年观察到的情况是:薄小件(如各种支架、薄壁框架、壳体等)外形胀大很少发生,最常见的倒是表面缩凹(特别是在凸台与薄板交接处和筋条、薄板之间的交接处),文献[9~11]所报道的情况也是如此;而采用冒口补缩的球铁厚大件(如曲轴、凸轮轴、飞轮等)外形胀大反而较为常见。厚大件冷速慢,球数和共晶团数相对较少,“糊状凝固”相对不太明显,液态通道畅通,补缩液体和补缩作用传递距离可以相对较远(见文献[12]中图13的试验),补缩比较容易。随着收缩的发生,能及时得到铁液补缩。由图3可以看出,凝固早期净收缩率急速增大,说明有较大的体积空缺迅速形成,此时补缩通道畅通,铁液流动性也较好,是补缩最佳时刻,只要液源充分,可以吸进较多的补缩液体,增加铸件材料含量,在补缩通道关闭、液补停止后有较大的膨胀量弥补收缩(图3的试验故意在进铁口设冷铁切断补缩源^[3],因而后期膨胀仍小于收缩,与有补缩的铸件有所不同),只要铸型刚度足够,就不会产生缩松;如果刚度不足,则会发生外形胀大而引起内部缩松,因而对铸型刚度要求较高。薄小件冷速快,铁液进入型腔后,很快就完成部分收缩,但由于过冷度大,碳当量也往往偏高,二者均使石墨形核速度加快,引起较多的先共晶石墨析出,产生较大的早期膨胀,使液补受阻,甚至将部分铁液挤出型腔,所以凝固初期不可能“过多地吸收铁液”。早期膨胀

结束,进入收缩阶段时,由于球数和共晶团数量多,“糊状凝固”比较明显,液态通道堵塞较快,而且铁液温度和流动性也已降低,因而难以进入铸件。随后心部被阻塞分割的残液区凝固收缩时,由于前期膨胀耗费石墨碳量较多,还有可能铁液外流,材料含量少于浇注结束时原有量,致使后期石墨化膨胀量减少,石墨化膨胀不足以弥补收缩,因而容易形成缩松、缩孔(图2的试样型腔是封闭的,不会发生铁液外流,实际生产中,铸件型腔有进、出口,初期膨胀必然引起铁液外流,导致后期净膨胀量减少)。F.Wallace 等人的研究^[13]发现,球数越多,缩松倾向越大,也证实这种情况。以上是对球铁而言,研究证明^[14],随着共晶团数量增加,灰铸铁的缩松倾向也同样增大。就此而言,其规律也有与球铁相似之处。

缩松、缩孔的产生引起了负压,使铸件外壳在大气压力作用下被压成凹陷,造成“内缩外凹”的现象。因此,薄小件对铸型刚度要求相对较低。这与无冒口铸造曲轴时,由于补缩不足引起的内缩外凹^[6]既相似、又不相同,差别在于:薄小件是“补不进”,无冒口曲轴是由于内浇道凝固早,厚大部位冷却慢,来不及收缩而造成“来不及补足”。

由于球铁的液态通道通流时间有限,因此液态补缩宜早不宜迟。因而希望浇注期间和凝固初期尽早发生收缩,不发生膨胀。厚大件比较符合这种条件,故缩松倾向较小;薄小件正好相反,因此缩松倾向较大。尽管均衡凝固技术认为“不仅要注意收缩和膨胀的量值,还要注意它们的时间性”,但却忽视了型腔入口和液态通道通流情况的时间性和它们的影响因素,以及对液态补缩和膨胀可利用程度的影响,特别是忽视了膨胀对液补的影响,因而作出了错误的论断。

针对薄小件的补缩难点,文献[12]已介绍了相应的对策。此外,对薄小件既要防止石墨化不充分导致膨胀不足,也要避免碳当量过高和孕育过度,以减少共晶前膨胀以及共晶团数量过多对补缩的不利影响。

3 为何厚大件比薄壁小件更适合于无冒口铸造?

均衡凝固技术^[11]认为“厚大件冷速慢,收缩相对分散,单位时间的收缩容易被同时间棱角边缘、

细薄部位的石墨析出产生的膨胀所抵消,使铸件的整体收缩值很小,甚至为零,所以适合于小冒口或无冒口铸造”。对此,笔者看法如下:

(1)只要成分均匀,如果先凝固部位有多余膨胀,后凝固部位也就同样有多余膨胀,也就用不着由先凝固部位来补缩了。而文献[6]已证实:铸铁件收缩大于膨胀,先凝固部位体积变化结果只能是体积空缺,根本不可能有多余体积弥补后凝固部位的收缩。因此,铸件中总是先凝固的薄小部位从后凝固的厚大部位吸取补缩液体导致后者缩松,相反情况从未发生。球铁件也是如此。

(2)铸件越是厚大,其表面积/体积比越小,早凝固的棱角边缘、细薄部位的体积与后凝固部分的体积比也越小,早凝固部位的石墨化膨胀用于自身补缩也不够,岂能抵消体积比这些部位大得多的后凝固部分的收缩?薄小件的表面积/体积比例相对较大,早凝固部位的体积也就较大,岂不更适合于无冒口铸造?但实际情况并非如此。

(3)铸件的补缩在浇注过程中已在进行^[6],而铸件冷却速度会影响凝固模式,进而影响补缩通道畅通情况和补缩效率,因此用大小不同的试样测试,即使浇注结束立即切断浇口,也无法排除试样大小对液补效率的影响,使测量结果无可比性。由于厚大件充型时间较长,补缩通道比较畅通,而且没有早期膨胀阻碍补缩,比薄小件更容易在浇注过程中获得较多的补缩,因而浇注结束后补缩需要量相对较少,较易获得充分补缩,冒口尺寸也可以适当减小,但单位铸件体积的补缩总量并未减少。

(4)无冒口铸造同样需要补缩^[6],因此,除石墨化充分、铸型刚度高之外,缩松能否消除仍与液补是否充分有关。如上所述,厚大件补缩有利条件较多,因而无论是用冒口补缩还是用浇注系统补缩(无冒口铸造),液补效果都比薄小件好,因此都比较容易成功。但在无冒口条件下,为使厚大件液补充分,往往需要强化冷却使收缩提前和加快。薄小件补缩通道及其入口容易堵塞,液补较困难,而无冒口铸造采用浇注系统补缩,浇道凝固较快,不利于延长补缩通道入口关闭时间,因此,薄小件比较适合采用冒口补缩,并且冒口直径/铸件壁厚比宜较大,以便延长通道入口关闭时间。

4 冒口能否设在热节上?

均衡凝固技术认为,在热节处设冒口会形成大于铸件几何热节的“接触热节”(图4),使铸件热节变大,成为引起冒口颈处产生缩孔、缩松的原因,因而认为冒口“不应该也不能安放在铸件的热节上”,主张“冒口应靠近铸件热节,又要离开热节”。对此,笔者要说明:对于冷冒口而言,由于这种冒口只有排气、排放冷铁液、卸压和防止铸型泄漏的作用,无论放在任何部位都没有补缩作用,反而会引起冒口颈缩松、缩孔^[12],因此,从减少不利影响考虑,冷冒口当然应该远离热节。热冒口的情况不一样:

(1) 冒口设在热节处有大量的成功实例。其中如自上世纪50年代至今,国内外各球铁曲轴生产厂的砂型铸造工艺,冒口全部都是设置在铸件端部最大的热节上,近50年的实践证实是成功的。除曲轴外,其他铸件实例举不胜举。

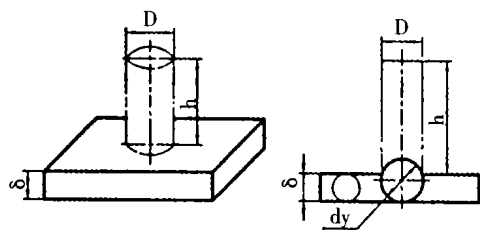


图4 平板铸件中央圆柱冒口与接触热节^[1]
Fig.4 Central cylinder feeder of a plate casting and combined hot spot^[1]

(2) 图4的冒口没有冒口颈,平板也没有典型热节,是导致“接触热节”大于铸件原有热节的原因,和图1一样,也不切合实际。除了便于清理之外,冒口颈的主要作用就是控制冒口与铸件之间的通道热节大小。如图5所示的4A110曲轴冒口,通过调整冒口颈直径及长度,完全可以使补缩通道热节既符合补缩条件,又不至于使铸件热节增大,确保铸件热节和通道热节小于冒口热节。该铸件冒口直径与铸件热节直径之比仅为1.08,试验和生产验证证明,已足以确保冒口迟于铸件凝固^[12]。曲轴是锡柴长期大批量生产的球铁件,包括探伤在内的各种检查极为严格,上述尺寸关系自1967年使用至今,已经历了37年的考验。可见,将冒口放在铸件热节上并不会使铸件热节变大。

(3) 即使“接触热节”大于铸件原有热节,只

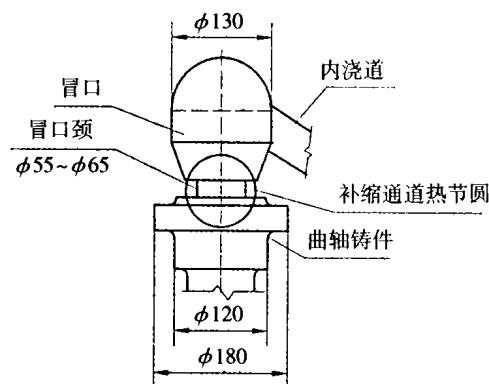


图5 4A110曲轴冒口^[12]
Fig.5 Feeder of 4A110 crankshaft^[12]

要通过冒口进铁,确保冒口凝固迟于“接触热节”,内浇道能及时凝固封闭,冒口颈处就不会产生缩松、缩孔^[12]。其道理如同热节小的铸件能做好,热节大的铸件也应该能做好一样简单。

(4) 薄小件冷却快,补缩通容易堵塞,如果将冒口设在非热节部位,将会因为这些部位早于热节凝固,切断通道,使最后凝固的热节得不到补缩而产生缩松。因此,冒口不但要设在热节处,而且还要采用工艺补贴或增大冒口直径/铸件厚度比,增大“接触热节”,降低冷却速度,延长通道入口关闭时间,并形成向冒口方向提高的温度梯度和逐渐扩大的补缩通道,使铸件得到充分的补缩。如文献[12]的A110球铁缸套工艺就是将铸件顶部加厚,并在其上设置厚大冒口,使该部位热节扩大,推迟补缩通道入口关闭时间,解决了薄件补缩困难、容易产生夹心缩松的问题。6110蠕铁缸盖排气侧部位的一些热节由于靠近冒口而偏离冒口,因而容易生产缩孔、缩松,扩大冒口压边范围,使这些热节直接处在冒口之下后,问题才得到解决。

(5) “均衡凝固技术”一方面主张冒口要离开热节,另一方面又要求冒口与热节之间的“补缩通道的模数不小于铸件(热节)的收缩模数”,说明也意识到冒口离开热节可能会使补缩受阻。按此要求,很多铸件都没有适合设置冒口的部位:如轴类、棒条类、圆筒、平板等断面均等的铸件,各个部位的热节都相同,也就不可能避开;轮类铸件也没有适合设置冒口的部位:如图6a所示,轮毂和轮缘都是热节,冒口如果要靠近和离开热节,只能设在轮辐上靠近轮毂处。由于轮辐薄,不符合补缩通道条件,轮毂处必然发生缩松、缩孔;如果在轮

辐部位加工艺补贴(图 6b)以满足通道条件,不但加工困难,更会使轮毂的热节变大,冒口要增大,不如将冒口移到轮毂上(图 6c),通过冒口颈控制,反而有可能避免热节增大。球铁连杆的情况也相似,由于杆身太薄,不符合通道条件,冒口只能设在大头或小头热节上,不可能为了避开热节而设在杆身上。事实上在均衡凝固技术的轮形和连杆铸件实例中,冒口并没有避开热节,在其他铸件实例中,冒口设在热节处的情况也甚为普遍,实际上都否定了“避开热节”的原则。

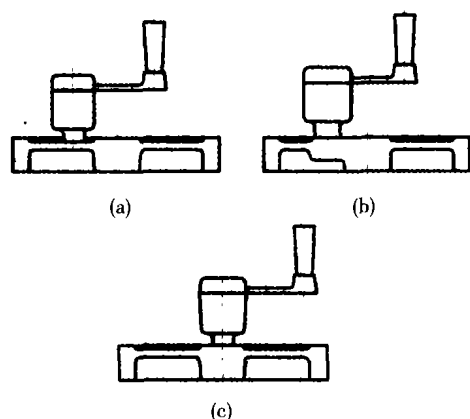


图 6 球铁轮的冒口设置

Fig.6 Feeder placement of the nodular iron wheel casting

5 冒口能否早于铸件热节凝固?

由于很多均衡凝固应用实例报道经常忽视冷冒口与热冒口的区别(铁液是否经由冒口进入铸件往往不说明),笔者仍要强调:冷冒口根本没有补缩作用^[12],尺寸当然是越小越好,不用最好。对于热冒口,情况完全不一样:

(1)“铸铁件冒口尺寸或模数可以小于铸件壁厚或模数”是不考虑其他因素,单纯根据缩胀叠加图作出的推论,不切合实际。如图 3 的试样厚大,曲线没有均衡点,按此推理,凝固过程始终需要补缩,冒口不能小于铸件热节;图 2 的试样为薄小件,曲线有均衡点,冒口反而可以比铸件小;但实际上铸件越是薄小,冒口直径铸件厚度比越是要大。

(2) 缩胀叠加图只能反映铸件补缩需要情况,而决定冒口大小不但要考虑铸件的补缩需要,更要考虑冒口能否对铸件进行补缩。其中,下面两个情况尤其重要:

①铸件中厚壁与薄壁相邻时,缩松之所以总是发生在厚壁处,是因为薄壁先凝固、先收缩,抢先从厚壁处吸取补缩铁液;冷冒口即使比铸件厚大、位置高于铸件,照样要引起铸件缩孔,原因也是由于冒口早于铸件凝固^[12]。因此,即使铸件需要补缩时间短于其凝固时间,如果冒口早于铸件热节凝固,冒口必然会先产生收缩,必然会抢先从铸件抽吸铁液,使铸件产生缩松、缩孔。同样道理,尽管球铁件的缩-胀差额不到 2%^[6],冒口体积并不可能就等于、而必须远远大于铸件体积的 2%;因此,即使采用某种方法能使铸件的补缩需要量减少,冒口尺寸的减小仍应以确保其迟于铸件凝固为限度。

②补缩铁液能否顺利进入铸件,还取决于补缩通道入口是否畅通。薄小件的补缩通道窄小,入口容易关闭,铁液很难补进,因此,薄小件的冒口直径往往要比铸件壁厚大得多,以便扩大补缩通道入口热节,延长其畅通时间。如文献^[12]提到的球铁支架类铸件,厚度一般为 10~20 mm,冒口直径一般都在 60 mm 以上,为铸件厚度的 3~6 倍。厚大件铁液容易补进,所以冒口只要略大于铸件热节,比热节凝固稍迟即可。如 4A110 和 6110 曲轴冒口直径仅为铸件热节直径的 1.07~1.08 倍^[12]。如上所述,按照胀缩叠加图(图 2 和图 3)来决定冒口大小,将会得到相反的结果,显然是不恰当的。

(3) 文献^[12]已用 4A110 曲轴为例,证明冒口不能小于铸件热节,至少应能保证冒口迟于铸件热节凝固。其中提到:原来用比铸件热节大得多的冒口和冒口颈时,冒口颈处从未发生缩孔、缩松;冒口小于热节、或者冒口颈偏小时,缩孔、缩松就比较容易发生。

(4) 无冒口铸造用浇注系统补缩属于多补缩点、快速补缩,每个点承担的补缩量较小,以利于型腔提早关闭,提高膨胀利用率。为此要大量使用冷铁强化冷却,使收缩提早和加速,提高液补效率,甚至还要依赖型腔缩小或型芯膨胀弥补收缩^[6],因此不能作为冒口可以小于铸件热节的依据。

应当说明,冒口避开热节和早于热节凝固可能会使热节的冷速略为加快,但上文已指出,即使强化冷却,也不可能使膨胀提前,因而同样无助于实现均衡凝固。

6 冷铁能否使膨胀提前?

“均衡凝固技术”认为“冷铁可以使铸件一部分石墨化提前,有利于胀缩的早期叠加,使均衡点提前,有利于增强自补作用”,因而认为对消除缩松、缩孔有利。按此说法,无法解释为何没有石墨化膨胀的铸钢和非铁合金,冷铁也有消除或减轻缩松、缩孔作用?况且,上文已阐明,石墨化提前对补缩有弊无利。实际情况是:对于铸铁件,冷铁的作用首先是使液态收缩提早和加快,然后才是促使石墨加快析出。由于二者都提早,所以膨胀并没有“相对提前”。由于冷铁使整个冷却和凝固过程都加快,提早产生体积空缺,故能及时地利用有限的液态补缩时间多吸进补缩液体,增加铸件材料含量(对任何铸造合金都一样);对于球铁件,还可以使表层迅速凝固结壳,防止铸件外形胀大,所以对防止缩松、缩孔有利。对厚大件,由于冷铁在对铁液激冷后,自身的温度升高,激冷作用降低,因而其作用只限于表层,对心部影响不大,不会使心部球数增多,也就不会引起心部的补缩通道堵塞。对薄小件,如果使用过厚的冷铁,则可能会引起补缩通道阻塞,导致缩松产生。

7 顶注的优点

“均衡凝固技术”认为顶注的优点是“使先浇入型的铁液尽快静止下来,提前石墨化膨胀,以提高自补缩的利用程度”。如此解释同样说明不了为何顶注对没有石墨化膨胀的合金也有好处,况且膨胀提前对防止缩松、缩孔不利。所以,这种解释不可能正确。通过冒口顶注的主要优点是:①有利于建立向冒口方向升高的温度梯度,形成向冒口方向扩展的补缩通道;②使浇、冒口有较高的补缩压力。二者均有利于补缩。先入型的铁液提早凝固也是整个凝固过程都提前,膨胀并不相对提前,结果仍然是缩大于胀,不可能有多余体积对后凝固部分进行补缩,只能是提早形成体积空缺,趁早吸收补缩铁液,增加铸件的材料含量,因而有利于防止缩松、缩孔。

8 结论

(1) 由于球铁的石墨化膨胀不足以抵消收缩,因此,即使采用高刚度铸型,不需要补缩的

“均衡凝固”不可能存在;铸型刚度不足更是如此。由于凝固过程中各个时刻的收缩量和膨胀量无法获知,而且收缩、膨胀和补缩的变化模式及影响因素各不相同,无法调控和保持同步变化,因此“按比例进行的均衡凝固”不可能实现,而大量的铸件成功实例表明,它们的成功并非由于实行“均衡凝固”。

(2) 均衡凝固技术对厚大件和薄小件缩松倾向的差别、冷铁能否使膨胀提前以及顶注的优点等问题的分析论据不足。

(3) 冒口应尽可能设在铸件热节上,并且不应早于铸件热节凝固,薄小件更应如此。

(4) “使收缩推迟、膨胀提前”是均衡凝固技术的核心措施,而实践证明,收缩推迟、膨胀提前会使液补受阻,使冒口失去补缩作用,对防止缩松、缩孔反而不利。

(5) 均衡凝固技术所采用的工艺措施和方法并不能使膨胀提前和实现“两个按比例进行的均衡凝固”,因此,即使有部分实例解决了缩孔、缩松问题,并不能说明该理论正确。如何正确解释各种工艺措施和方法防止缩松、缩孔的作用原理值得讨论。还有一些实例所用的工艺方法显然不恰当,能否解决缩松、缩孔问题,值得怀疑。

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]Bates C.E.,Patterson B.Volumetric Changes Occurring During the Freezing of Hypereutectic Ductile Iron [C].Transactions of AFS.1979:323~334.
- [3]Winter B.P., Ostrom T.R.,Hartman D.J., Trojan P.K.,Pehlke R. D. Mold Dilation and Volumetric Shrinkage of White, Gray and Ductile Cast Irons[C]. Transactions of AFS.1984:551~560.
- [4]Heine R.W. Major Aspects of Processing Cast Irons [C]. Transactions of AFS. 1994:985~1002.
- [5]Heine R.W. Influence of Floatation on Some Foundry properties of Ductile Iron[C].Transactions of AFS.1991:159~164.
- [6]周亘.球墨铸铁件无冒口铸造可行性论证和实践——球墨铸铁缩孔、缩松问题探讨(一)[J].现代铸铁.2004(3):1~8.
- [7]杨新华,曾大新,魏伯康等.有关球铁铸件缩孔缩松形成及预防的文献综述[J].现代铸铁.2002(4):19~24.
- [8]Heine R.W. Nodule Count: The Benchmark of Ductile Iron Solidification [C].Transactions of AFS.1993:879~884.
- [9]梅桂清,赵东山,赵增礼.薄壁球铁件缩陷缺陷的原因及防止[J].现代铸铁.2003(1):46~50.

文章编号:1003-8345(2004)05-0012-04

铸铁用湿型砂取消煤粉的理论与实践

黄建成,武炳焕,盛文贤

(东风汽车有限公司 商用车铸造二厂,湖北 十堰 442050)

摘要:介绍了湿型砂中煤粉的作用和机理,分析了湿型砂取消煤粉的可能性,通过实例,证明在手工造型的情况下,只需在砂型表面喷涂一薄层固砂剂,煤粉是完全可以取消的。

关键词:湿型砂;煤粉;固砂剂

中图分类号:TG221.1

文献标识码:B

Theory and Practice of Canceling Coal Dust in Green Moulding sand for Iron Castings

HUANG Jian-cheng, WU Bing-hua, SHENG Wen-xian

(No.2 Commercial Vehicle Foundry, Dongfeng Automobile Co. Ltd., Shiyan 442050, China)

Abstract: The effect and its mechanism of coal dust in green moulding sand was introduced. The possibility of canceling coal dust in green sand was analyzed. It was verified with practical case that, it's possible, under the conditions of manual moulding, to cancel the coal dust from moulding sand with the only necessity to spray a thin layer of some surface-strengthening agent onto the surface of sand mould.

Key words: green sand; coal dust; strengthening agent

湿砂造型历史悠久,在铸造行业中一直占据着主导地位。由于其成本低廉,机械化程度高,其它造型方式从目前来说还没有大范围取代湿砂造型的可能性。铸铁件生产80%以上采用煤粉粘土湿砂造型,砂中含有4%的黑色煤粉,这是产生黑色污染的最主要根源。每生产一吨铸铁件将产生一吨左右旧砂。排放含有大量的煤粉的旧砂,给人类生存环境带来很大的危害。许多发达国家出于环保的要求,正在逐渐关闭铸造厂,把铸造这种高污染行业向第三世界转移。发达国家铸造厂治理环保方面的资金投入约占整个铸件成本的30%。

收稿日期:2004-04-21

作者简介:黄建成(1964.10-),男,本科,高级工程师,目前主要从事铸造工艺,造型材料等方面的研究。

我国加入WTO后,特别是我国政府于2001年加入《关于持久性有机物污染的斯德哥尔摩环境公约》后,我国政府将承担越来越多的环保义务。我国铸造行业煤粉湿砂造型引起的环境污染问题,也越来越引起政府及公众的关注。因此,如何减少湿型砂煤粉污染的问题,是摆在铸造工作者以及铸造行业面前的一大难题。

1 湿型砂代用品和掺用品情况

由于湿型砂中煤粉对环境的污染问题,铸造工作者一直设法寻找合适的代用品,如淀粉和植物产品、合成树脂及聚合物、油类、沥青类、膨润土和煤粉混合料,以及一些成分不公开的抗粘砂材料。这些材料在国内外的一些厂家得到了局部应

[10]张云新,王国柱,马敏,舒涛.牵引板球铁件的无冒口铸造[J].现代铸铁.2003(1):28-29.

[11]朱彦方.球墨铸铁热节部位表面缩凹缺陷的形成机理及消除对策[J].造型材料,2004(1):23-25.

[12]周亘.球墨铸铁件冒口补缩失败原因分析——球墨铸铁缩孔、

缩松问题探讨(二)[J].现代铸铁.2004.(4):7-14.

[13]Wallace J.F., Samal P.K., Voss J.D. Factors Influencing a Shrinkage Cavity Formation in Ductile Iron[C].

[14]中国机械工程学会铸造分会.铸造手册(第8版)第一卷.铸铁[M].机械工业出版社.2002:207.