

球墨铸铁件补缩冒口的新进展

H. Roedter

(Rio Tinto Iron and Titanium, 德国 法兰克福)

摘要: 对于铸件使用者来说, 最主要的要求之一就是保证铸件品质, 无缩孔或缩松等铸造缺陷, 因为这些缺陷的存在容易导致零部件的突然失效。所有铸造材料在冷却过程中均存在液态收缩, 因此通常都要设计补缩冒口。在铸铁(如球墨铸铁)凝固过程中, 因为石墨膨胀是有利于补缩的, 如果模型设计师懂得凝固机理的话, 他就会利用这一特点设计较小的冒口。综述了球墨铸铁冒口设计的基本原理。运用该原理可以减小冒口尺寸同时保证生产的球铁铸件无收缩缺陷, 从而进一步提高工艺出品率, 提高球铁件生产的经济效益。

关键词: 球墨铸铁; 补缩设计; 微型冒口; 触点冒口

中图分类号: TG143.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-8365(2009)10-1241-05

News about Riser/Feeding of Ductile Iron Castings

H. Roedter

(Rio Tinto Iron and Titanium, Frankfurt, Germany)

Abstract: One of the main requests from castings uers is the guaranty that the part is sound and free of shrinkage or porosity defects that could result in catastrophic failure. Since all materials liquid contraction during cooling, the use of risers/feeders is a common practice. However, because graphitic irons, such as Ductile Iron, can benefit from the expansion of graphite during solidification, the pattern plate designers can take advantage of this characteristic and use smaller risers if he understands the solidification mechanisms. In this paper, the principles of risering Ductile Iron are reviewed. In order to further improve pattern yield and, as a consequence, the economics of Ductile Iron castings production, these principles are applied in order to reduce the size of the risers, while maintaining the objective of producing shrinkage free Ductile Iron castings.

Key words: Ductile iron; Riser design; Mini-riser; Contact riser

球铁铸件的使用性能一方面取决于由微观组织决定的性能, 如石墨球数, 球化率和金属基体, 另一方面还取决于铸件中存在的宏观和微观缩孔。为了获得优质球铁产品, 最重要和关键的步骤就是设计出补缩系统。

球铁铸件的补缩技术需要铸造工作者和设计者深刻理解球铁的凝固行为。此外, 技术革新进一步推动利用球铁的自补缩特性以提高铸件的工艺出品率。这项技术显著降低了铸造厂的成本, 促使球铁成为与之竞争的铸钢和铝合金铸件等的替代产品。综述球铁的凝固特性, 并利用此特性描述新式冒口可以获得的

效益。

1 球铁的凝固

图1给出了冷却过程中绝大多数金属材料(如钢铁, 白口铸铁, 有色金属合金)的体积变化简图。在这些实例中, 冷却时首先产生液态收缩, 随后是凝固过程中的收缩。为了生产高品质的铸件, 在整个液体冷却

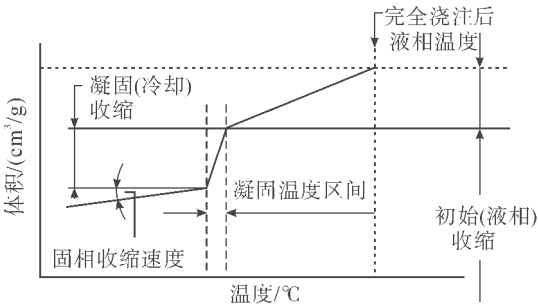


图1 非石墨铸铁凝固过程中体积变化图

Fig. 1 Schematic of volume changes occurring during solidification/ cooling of a non-graphitic alloy

凝固中,所有的液相收缩必须加以补充,从而避免铸件的缩孔缺陷。最后的固相收缩被称作铸造收缩率。就是说,假若固相收缩显著,模样尺寸必须做的比所需的铸件尺寸要大。

但是,对于石墨铸铁,如灰铸铁,蠕铁和球铁,碳化物以石墨形式析出,它的密度比液态铸铁要小(分别为2.2 kg/l 和 7.6 kg/l),由于两者密度差导致析出过程中液态金属膨胀。见图2。

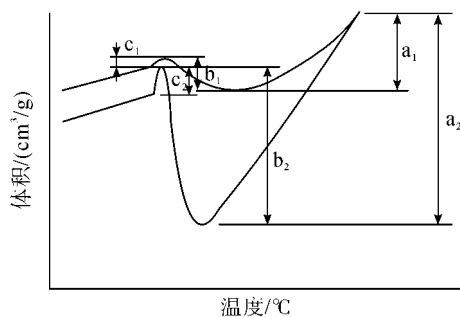


图2 球墨铸铁凝固过程中体积变化图。较低的曲线属于典型的冶金质量较差的合金

Fig.2 Schematic of volume changes in ductile Iron during solidification. The lower curve is typical of a low metallurgical quality iron

石墨的析出产生的膨胀能减少获得高品质铸件所需补充金属的总量。对石墨膨胀影响因素的理解和控制有利于获得高工艺出品率。这就可以节省相当多的金属,特别是相对于铸钢而言。

当所用造型材料可生产出紧实度较高的铸型,如化学粘结剂型砂,同时存在其它的重要条件时^[1],铸造灰铸铁和球铁铸件不需要冒口就成为可能。例如,无冒口铸造已经广泛应用于生产球铁重型风力发电机轮毂零部件^[2,3]。但是,在潮模砂,壳型或者其他不适合无冒口生产的条件下,就需要补缩金属液以确保生产的铸件无内外缩孔,缩松。冒口的数量和尺寸受铸件几何尺寸等因素影响。

2 优化冒口设计

铸件凝固后,在随后清理过程中,随同浇注系统和废铸件一起,冒口将成为回炉料。这些回炉料通常被用作后续生产中的金属炉料。这些回炉料的经济价值是有争议的。一些铸造厂认为他们没有价值,认为他们只是抵消了一部分所需购买的废钢和废铁。然而,回炉料的价值是否相当于铸件的价值仍然有争论。另一些铸造厂认为同样的电能,同样的处理和孕育,金属材料搬运就像生产可销售的铸件一样用于生产浇道,冒口和废品铸件。回炉料至少应该与市场上可回收的铸铁件的价格相当。但是仍应该严格控制炉料中回炉料所占的百分比,因为他们会产生更多的熔渣^[4],对孕育

处理也有不良的影响^[1]。

因此,从经济和技术考虑需要优化工艺出品率。使用多个大冒口既降低了工艺出品率,又增加了生产成本。切除这些冒口以及打磨冒口颈又是一个附加的费用。因此,减少冒口的尺寸和数量可以在铸件生产的最后一道工序上,即在清理工序上产生积极效果。

传统上,砂型铸造,冒口是补缩的唯一选择。“梨型”冒口使冒口的模数最大化,这样就可使冒口与冒口所连接的那部分铸件整个凝固期间保持液体状态。早期许多关于减小冒口尺寸的技术创新和研发都是在铸钢厂完成的。铸钢件的收缩特性使得它需要比铸铁件体积更大的冒口。对铸钢件,一个冒口可以补缩的距离比铸铁件的要小得多。因此一般来讲,铸钢件比铸铁件需要更多更大的冒口。另外,铸钢件的冒口几乎总是采用定向(顺序)凝固方法。任何能减小铸钢件冒口尺寸的措施都会节省成本。第一个技术创新就是使用纸浆冒口套。这些纸浆冒口套能更好地保证冒口形状,并为正在冷却的补缩金属液提供一定的绝热作用。冒口套材料从绝热冒口套发展到发热冒口套。

绝大部分冒口体积计算的理论和实践都遵循 N. Chvorinov 早期的工作。Chvorinov 引入了模数的概念,定义为所考虑的那一部分铸件的体积除以那部分的冷却表面积。这种方法可使铸造工程师为具有相同的横截面积,而冷却速度各异的铸件部分设计补偿冒口体积。两个铸件或铸件的两个部分或许有相同的质量,但是由于几何形状不同而具有不同的模数。计算需补缩金属总量时,所使用的可作为冷却表面型芯,也应该考虑进去。

计算模数是必须的。因为通过计算模数,才能确定铸件的最大模数断面(指的是保持液相最长时间的那部分),确定需要对最大模数断面那部分铸件补缩的冒口的尺寸,以及冒口和铸件连接处(冒口颈)的尺寸。对不同的合金,给定的模数的那部分铸件的凝固时间可由下式计算得出:

$$T_s = M^2 \times f$$

式中, M 为模数, f 为材料因子。表1给出了几种金属材料的 f 值。

表1 铸造材料因子 f 的取值
Tab.1 Typical “f” for several metal types

材料	f
钢	2.2~2.9
球墨铸铁	4.2~4.6
Al 合金	4.5~9.8

表2比较了不同材料的凝固时间。从中可以看出,这几种金属的凝固时间是不同的。表2清楚地表

明,生产球铁的冒口需要保持液态的更长时间。此外,为了使冒口能输送补缩金属到正在收缩的那部分去,冒口顶端必须与大气相通以保持补缩通道畅通,而且只要那部分铸件需要补缩,冒口颈就必须保持为液态。

表 2 各种铸造材料可计算凝固时间(模数=2 cm)
Tab.2 Calculated solidification times for rarious cast materials
(Modulus=2 cm)

材料	凝固时间/ min
钢	$2^2 \times 2.2 = 9$
灰口铁	$2^2 \times 3.4 = 14$
球墨铸铁	$2^2 \times 4.4 = 18$
Al 合金	$2^2 \times 7.2 = 29$

典型地,无绝热套或发热套的砂型冒口能提供其体积的 15%用于补缩。这类冒口的效率有限,但是使用最为广泛。提高冒口效率的最有效方法就是使用发热冒口套。它有利于增加冒口内铁液温度,允许液体在冒口中保持更长时间,从而增加了冒口的有效模数。冒口内形成的缩孔表示了冒口套的绝热程度或发热冒口的发热的程度,如图 3 所示。现有的最有效的发热冒口可将冒口中的铸铁加热到 1 600 °C左右,使液相保持在 1 500 °C 以上 5 min 甚至更长的时间。

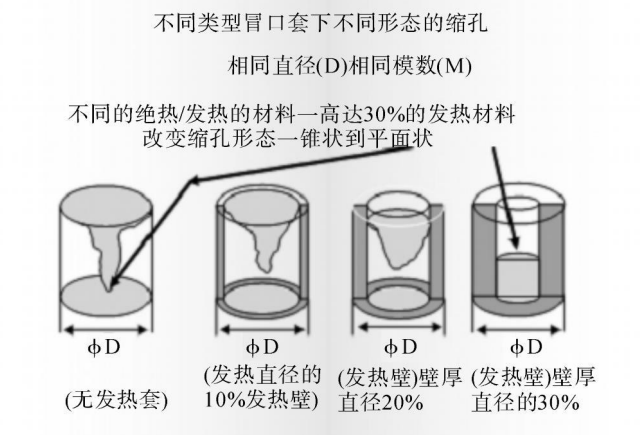


图 3 不同类型的冒口套铸造缩孔实例
Fig. 3 Examples of shrinkage cavities obtained with different types of sleeves

一种用这种发热材料制作的冒口被称作微型冒口,它可以使冒口内的液态金属保持很长时间。石墨析出过程中的液相膨胀可能超过铸件体积的 5%。使用微型冒口可以在铸件整个冷却过程中,既提供足够的补缩液态金属,又可接收石墨析出过程中膨胀出来的液体。在石墨析出过程中,膨胀的液体增加了型腔内的压力。如果没有一个敞通的冒口颈,这种压力就很难被释放。如果没有“冒口减压作用”,铸型壁将产生变形,生产出来的铸件尺寸就不正确。这在潮型砂铸造和壳型铸造中尤为常见。这种既能提供液态收缩

所需补缩金属,又能接收膨胀液体的冒口称为压力控制冒口。

如图 4 所示的铸件,其重量为 60 kg,关键模数为 2.5 cm。能为铸件充分补缩的砂型冒口直径为 12.5 cm,高为 18 cm。这个冒口的质量约为 16 kg。当使用微型冒口时,补缩冒口尺寸可以大为减小。与之前所述的砂型冒口 15%的效率相比,微型冒口的效率可达 70%。60 kg 的铸件需要 3%的补缩金属,即 $0.03 \times 60 \text{ kg} = 1.8 \text{ kg}$ 。如果 70% ($0.70 \times 2.6 \text{ kg} = 1.82 \text{ kg}$) 的效率可以实现的话,总重量为 2.6 kg 的微型冒口就能满足补缩需求。采用更保守的计算,需要 5%的补缩金属,所需微型冒口重量为 4.2 kg。与砂型冒口相比,使用微型冒口可以节省近 75%的冒口体积。



图 4 使用普通冒口(左)和微型冒口(右)生产铸件的对比图

Fig. 4 Comparison of casting assemblies produced with conventional risers (left) and mini-risers (right)

微型冒口的两个优点是:不论浇注温度如何,冒口的补缩方式都相同,冒口和铸件之间的接触面积与砂型冒口相比较小。这就可以缩短铸件打磨和清理时间。图 5 用图示方式给出了砂型冒口,发热冒口和微型冒口的冒口尺寸及其必须的冒口颈尺寸之间的差别。由图 5 中可以看出,微型冒口能提供最有效的补缩系统。图 6 给出了采用微型冒口成功生产的尺寸相对较大的铸件,很明显,它有很高的工艺出品率。

使用微型冒口最大的优点在于它能够在型板上安置更多的模型。图 7 表示使用微型冒口如何在原来仅能放置两个模型的型板上安放了 3 个模型。采用镶入(或嵌入)式冒口,提高冒口效率并延长了冒口补缩时间,铸造工程师就可以将冒口放置在铸件的轮毂上,而不是放置在轮缘上。这就在型板上产生了安置第 3 个模型的位置。通常,嵌入式冒口颈需要较少的打磨,生产的铸件外观较好。

型板中增加模型和减小冒口尺寸就节省了铸造成本。工艺出品率的提高降低了金属需求量,减少了能耗。由于减少冒口的数量,就减少了炉料的搬运。如果

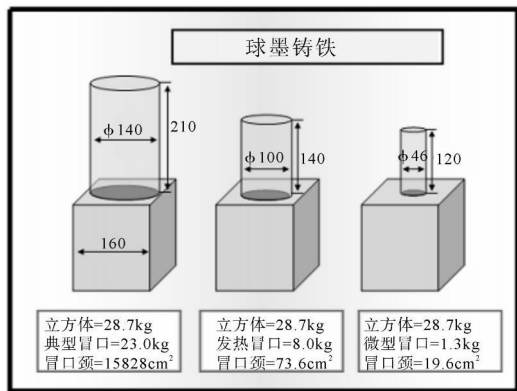


图 5 普通冒口和微型冒口的冒口尺寸及其冒口颈尺寸之间的对比

Fig. 5 Comparison of riser sizes and riser neck cross sections for conventional risers and mini-riser

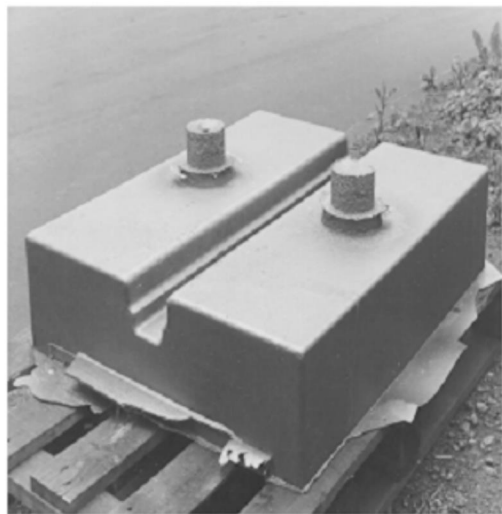


图 6 仅有 2 个微型冒口的铸件

Fig. 6 Example of a casting produced with only two mini-risers

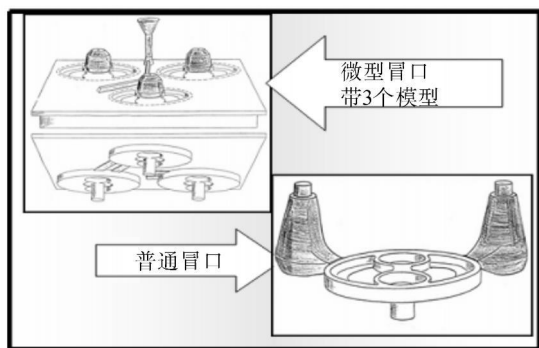


图 7 带有微型冒口和普通冒口的型板对比图

Fig. 7 Comparison of pattern plates with mini-risers and conventional risers

熔炼的金属数量保持恒定, 较高的工艺出品率将会在不需增加能源或采购炉料的情况下生产更多的铸件。

发热冒口套和微型冒口都是预先制好的镶入式冒口。使用这些冒口必须格外小心。如果将发热冒口套

或微型冒口简单地放置在型板上, 加砂和紧实型砂时会导致其损坏。如果在镶入冒口中加上一个易割片, 在砂型紧实阶段它也可能受损。安放一个弹簧销能够减轻型砂对镶入冒口的挤压作用, 并确保镶入冒口在铸件上的位置准确。图 8 给出了弹簧销工作原理示意图。镶入冒口底端和型板表面之间的型砂可以被压实, 在镶入冒口和铸件表层之间形成一个易割片。在紧实过程中, 镶入冒口可以上下运动, 优于粘有易割片的冒口套。一个小缺点是, 当使用弹簧销替代易割片时, 冒口颈尺寸偏大。

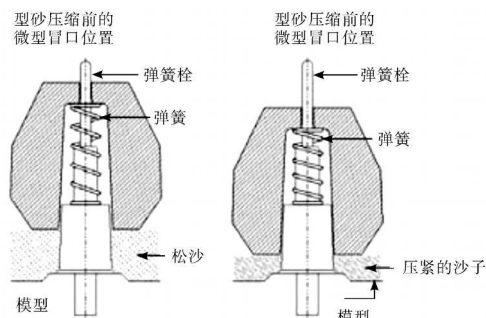


图 8 带有弹簧销系统的微型冒口位置

Fig. 8 Positioning of a "mini-riser" with a spring pin system

铸件使用者一直要求铸件产品尽可能接近产品的最终尺寸, 甚至更接近无需加工的尺寸。如果冒口颈的打磨量能减少的话, 这个目标就可以实现。改进冒口/铸件接触的创新方法就是使用微型冒口, 即“触点冒口”。在这一改进的设计中, 一小段薄壁钢管预先放置在微型冒口的冒口颈处。这样, 实际接触面积达到最小值 7 cm^2 。冒口就可以放置在铸件的法兰或凸台上。液态收缩时薄壁钢管允许从冒口进行补缩又能释放石墨膨胀时的压力, 这种冒口也放在弹簧销上。这样就不需要冒口易割芯片, 因为型砂在管道四周被挤压和紧实时就形成了易割芯片。钢套可以向上通到冒口空腔。冒口接触面积小而且相对干净。图 9 给出了



图 9 触点冒口的实例

Fig. 9 Example of a "contact riser" assembly

典型的实例。图 10 对比了触点冒口和传统冒口的成本。用锤子轻轻敲打就可以轻而易举地去掉触点冒口,其后仅需要少量打磨就可以了。

普通冒口与触点冒口成本对比			
浇注重量	普通(a)	100%	节约35%
	触点(b)	65%	
产量	普通(a)	50%	节约25%
	触点(b)	75%	
安装成本	普通(a)	100%	节约25%
	触点(b)	75%	
冒口尺寸	普通(a)	100%	节约65%
	触点(b)	35%	

图 10 触点冒口和普通冒口的成本对比

Fig.10 Cost comparison between contact and conventional risers

3 结束语

很明显,如果其他条件都相同的话,具有较高工艺出品率的铸造厂较之低工艺出品率的铸造厂效益更好。为了通过改进冒口来节省成本,铸造厂必须掌握凝固过程中影响凝固过程膨胀和收缩的完整的知识。这些知识包括冶金质量、冒口设计以及冒口材料。运

用这些知识,本文所介绍的关于冒口补缩的基本原理和方法的进展可以用来提高工艺出品率。

致谢

作者感谢同事 E. C. Muratore 和 M. Gagné 对本文的修改,感谢 Jolie Soulières 夫人为本文准备文稿。感谢同意作者将本文译稿在《铸造技术》杂志发表,感谢刘金城教授的推荐及对本文的校译。

参考文献

[1] Mation Gagné Rio Tinto iron and Titanium, The soremetal Book of Duckile Iron[M] . Montréal, 2004.

[2] H Poedter and M. Gagné, Ductile Iorn for Heavy Section wind Mill Casting An European Experience[R] . Keith Millis symposium on Ductile Iron, Dcutile Iron Society, Hilton Head 2003.

[3] P. M. Cabanne and M. Gagné, “ Ductile Iron and wind Energy: A Symbiotic Relationship”[R] . World Foundry Congress, Istanbul, 2005.

[4] C. Labrecque, M. Gagné and E. Planque, Effect of Charge Materials on slag Formation in Ductile Iron Production [R] . Keith Millis Symposium on Ductile Iron, Ductile Iron Society, Hilton Head, 2003.

[5] Rio Tinto Iron and Titanium, The Essential of Gating and Rising[M] . Montréal, 2000, 33-43.

ICE 禹兵冷却

YUBING COOLING

典型中频熔炼炉水系统布置简图



公司介绍:

无锡禹兵冷却设备有限公司坐落于无锡张泾开发区内,交通方便,紧邻S288省道、无锡硕放机场、火车站以及沪宁高速。公司占地面积20 000 m²,厂房面积12 000 m², 本公司是江苏省质量信誉先进单位和优质服务诚信AAA单位、获得无锡市高新技术企业认证证书。是一家国内开发、设计、制造、服务冷却设备的知名企业。

本公司主要生产封闭式冷却塔(代替板换+水池+开塔),该设备专业冷却中频熔炼炉、中频电源、透热炉、真空炉、淬火液、注塑机、地源热泵、空压机发动机组、玻璃溶窑以及锅炉蒸汽冷凝等。被广大钢厂、石油厂、电厂、化工厂、铸造厂以及锻造厂等工业企业评为节水节能环保企业。

无锡禹兵冷却设备有限公司

地 址: 214191 无锡张泾开发区泾瑞路31号

联系人: 冯连阔

电 话: 0510-83792968 15806190965 18921531896

传 真: 0510-83792908

Http://www.wxyubing.com

E-mail:wxyubing@126.com