

9-12

③

铸钢件冒口离开热节动态顺序凝固补缩特性的研究

TG260.7

西安理工大学(陕西省西安市 710048) 袁 森 费保平 魏 兵 张卫华
陕西建设机械厂 何晓峰 刘治国

摘要:采用正交设计现场浇注,试验研究了铸钢件冒口离开热节动态补缩特性。结果表明,冒口位置对补缩效果影响显著,铸钢件冒口在离开铸件的几何热节处,实施动态顺序凝固补缩,提高了冒口补缩效率和工艺出品率。在试验条件下,冒口离开几何热节的距离为一倍热节圆直径时,补缩效果良好。

关键词: 铸钢件 冒口离开热节 动态顺序凝固 补缩特性

A Study on Dynamic Feeding Character in Directional Solidification Under the Condition of Riser being Away From Hot Spot of Steel Casting

Yuan Sen Fei Baoping Wei Bing Zhang Weihua

(Xian University of Technology)

He Xiaofeng Liu Zhiguo

(Shaanxi Constructional Machinery Plant)

Abstract: With the help of orthogonal experiment design and in-situ pouring tests the dynamic feeding character of riser being away from hot spot of steel casting is studied. The results show that the influence of riser position on feeding is noticeable. Under the test conditions, when the distance between riser and geometry hot spot of casting is equal to hot spot diameter, casting quality is better. According to the technical principle the dynamic directional solidification feeding efficiency of riser and steel casting yield could be promoted.

Key words: Steel casting Riser being away from hot spot Dynamic directional solidification Feeding character

1 问题的提出

铸钢合金的凝固温度高,收缩值大,易发生缩孔、缩松、热裂纹等收缩缺陷。为此,生产中普遍采用“顺序凝固”原则设置冒口补缩,以获得致密健全的铸件。冒口尺寸一般用模数(当量厚度)来表示,R. Wlodawer指出^[1],冒口模数 M_r 应比冒口颈模数 M_n 大10%,后者又必须比铸件的模数 M_c 大10%,这样才能在铸件—冒口颈—冒口之间建立起递增的模数梯度,使冒口晚于铸件凝固。为了创造顺序凝固的条件,一般是将冒口置于铸件最后凝固的热节处。从接触热节^[2]的概念出发,冒口和铸件接触处的几何热节圆直径加大,同时减小了几何热节处的散热表面积,延长了热节处的凝固时间,再加上冒口中金属液补缩流动造成的流通效应,使冒口与热节接触处的凝固模数和凝固时间远大于热节本来的凝固模数和凝固时间。除非冒口的尺寸大到足以将最后凝固点移入冒口,否则便会发生冒口

根部常见的缩孔、缩松和热裂等“烂脖子”现象。

对铸铁件冒口工艺的研究发现,冒口离开热节能够防止和消除接触热节,避免冒口对铸件的热干扰,有效克服冒口根缩孔、缩松和热裂^[3]。是否也可以将铸钢件的冒口离开热节放置,利用冒口和铸件交接处的接触热节对铸件几何热节实现动态顺序凝固补缩,这是铸钢补缩设计的新思路,是一个需要研究的理论课题。

实际生产中也有铸钢冒口离开热节而获得合格铸件例子^[3,4]但工艺设计往往是在受客观条件限制的情况下迫不得已作出调整,并非主观上有意识地应用。

· 本文进行了铸钢件冒口离开热节补缩规律的试验研究,探讨冒口离开热节的可行性,以求深入认识几何上的顺序凝固与冒口离开热节动态顺序凝固之间的区别及其内在联系。

2 试验设计

2.1 试验铸件设计

《铸造技术》5/1996

轮类铸件在铸钢生产中占有相当大的数量,尤其是齿轮,对轮缘处的质量及致密度要求较高,而在轮辐与轮缘的结合部位往往形成热节。轮缘展开后类似于带有热节的杆件,取轮缘结构的一部分作试验铸件,在“T”型热节处设置腰圆形冒口补缩,冒口下面带有补贴,形状及尺寸见图1。

2.2 正交试验设计

采用正交试验设计,冒口位置和尺寸是主要考察因子。因为试验铸件是模拟轮缘的一部分,同时将端面传热条件作为一个因子。每个因子取三个水平,选用 $L_9 3^4$ 正交表。

冒口尺寸用冒口模数与铸件模数的比例系数 K 表示。冒口位置(见图1)指冒口中心与铸件热节中心的相对距离 l ,用 l 与热节圆直径 D 的比值 S 表示冒口离开热节的偏离系数,即 $S=l/D$, $S \neq 0$,冒口中心线与热节中心线不相重合,即为冒口离开热节,T型铸件热节圆直径 $D=75\text{mm}$ 。铸件端面传热条件取三个水平:①三端面都绝热,②仅长端不绝热,③仅短端不绝热。正交试验因子和水平,见表1。

2.3 冒口尺寸

按“一倍厚法”^[1]计算铸件热节模数 $M_c=1.6\text{cm}$,铸件体积 $V_c=1800\text{cm}^3$,冒口模数 $M_r=K \cdot M_c$ 。冒口尺寸符号,见图1,有关设计参数,见表2。

2.4 试验结果考察指标及评分

①铸件质量指标 m 。主要考察冒口根下面的铸件、几何热节处及热节中心至冒口中心之间铸件轴线附近

的缩孔、缩松情况。 $m=0$,铸件健全; $m=-1$,考察的三个部位有一处发生缺陷; $m=-2$,两处出现缺陷; $m=-3$,三处都出现缺陷。

②冒口补缩效果指标 n 。冒口根部发生缩孔、缩松的程度,反映不同冒口位置和尺寸的补缩效果。以冒口和铸件的连接面为基准面, n 表示缩孔或缩松的最深处与基准面的距离(见图2)。 $n=0$,收缩缺陷最深处刚好位于接触面上; $n>0$,收缩缺陷在冒口内,高于铸件 n/mm ; $n<0$,收缩缺陷在铸件内,低于铸件上表面 n/mm 。

2.5 铸件的制取

试验条件为5t电弧炉,明冒口漏包浇注,材质为

表1 正交试验因子和水平表

Tab.1 orthogonal experiment factor and level

因 子	水 平		
	1	2	3
冒口比例系数 K	1.1	1.2	1.3
冒口偏离系数 S	0	0.93	1.87
端面传热条件	三端绝热	长端不绝热	短端不绝热

表2 冒口设计参数

Tab.2 The design parameter for risers

K	$\frac{M_r}{\text{cm}}$	冒口尺寸/mm						冒口体积 V_r/cm^3	工艺出品率 $\eta/w \times 10^2$
		a	b	a'	b'	A			
1.1	1.76	85	128	95	138	106		985.7	64.6
1.2	1.92	93	140	103	150	116		1290	58.3
1.3	2.08	100	150	110	160	125		1605	52.9

表3 $L_9 3^4$ 正交试验分析表

Tab.3 $L_9 3^4$ orthogonal experiment analysis

试验 件号	A K	B S	C 端面传热条件		试验 方案	试验指标	
			n	m		n	m
1	1	1	1		$A_1 B_1 C_1$	-6	-1
2	1	2	2		$A_1 B_2 C_2$	+10	0
3	1	3	3		$A_1 B_3 C_3$	+6	-2
4	2	1	2		$A_2 B_1 C_2$	-13	-1
5	2	2	3		$A_2 B_2 C_3$	+12	0
6	2	3	1		$A_2 B_3 C_1$	+15	-1
7	3	1	3		$A_3 B_1 C_3$	0	0
8	3	2	1		$A_3 B_2 C_1$	+6	0
9	3	3	2		$A_3 B_3 C_2$	+14	-1
<hr/>							
K_1	+10	-3	-19	-2	+15	-2	
K_2	+14	-2	+28	0	+11	-2	
K_3	+20	-1	+35	-4	+18	-2	
K_1	+10/3	-1	-19/3	-2/3	+5	-2/3	
K_2	+14/3	-2/3	+28/3	0	+11/3	-2/3	
K_3	+20/3	-1/3	+35/3	-4/3	+6	-2/3	
R	10/3	2/3	18	4/3	7/3	0	

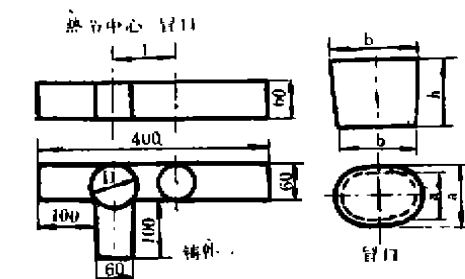


图1 试验铸件及冒口位置

Fig.1 Casting and riser position for experiment

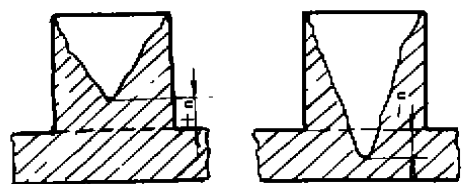


图2 指标 n 的测量法

Fig.2 The measuring of n

ZG45, 出炉温度为 1550°C 。造型用 CO_2 硬化水玻璃石英砂。试件用锯床解剖, 观察缩孔缩松的分布和大小。将切取的试片在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的 50% 的 HCl 水溶液中浸蚀 20min, 用 K_2CO_3 溶液清洗后烘干, 用放大镜观察缩松情况。

3 试验结果分析

正交试验观察结果列于表 3。 $S=0$, 除了最大的 $3^{\#}$ 冒口尺寸外, 其余两种冒口中的缩孔都延伸至下部的铸件热节处。 $S=0.93$, 三种冒口尺寸的铸件都是健全的。 $S=1.87$, 三种冒口尺寸的铸件热节处都出现集中缩孔。试验号 3 在冒口与热节之间的铸件轴线上出现直径为 $\varnothing 10\text{mm}$ 的缩松区。

各因子水平与 K 值的关系如图 3。可以看出:

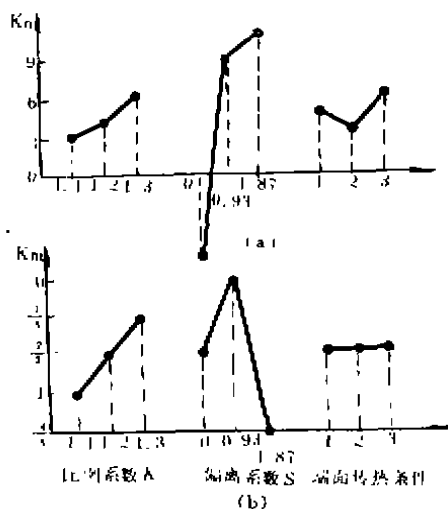


图 3 各因子水平与 K 值关系图

Tab. 3 Relationship of factor levels and value of K

① K_m 和 K_n 值随比例系数增加呈上升趋势, 即冒口根部缩松上移, 铸件整体缺陷出现的部位减少。

② $S=0.93$ 时, K_n 值较大, 而 K_m 最大。综合 K_m 和 K_n 两个指标, $S=0.93$ 的冒口位置较为有利。

③ 端面传热条件对 K_m 无影响。对 K_n 来说, 短端不绝热时冒口根下铸件质量最好, 全绝热次之, 长端不绝热时冒口补缩效果差。

④ 对于 m 和 n 两项指标, 冒口偏离系数 S 的极差 R 都较大, 即冒口位置影响最显著, 冒口尺寸因素次之, 而端面传热条件影响最小。

采用多指标综合平衡法进行分析, 对 m 而言, 较优方案为 $B_2A_3C_1$; 对 n 而言, 较优方案为 $B_3A_3C_3$ 。上面两个方案, 比较 B_2 和 B_3 , B_2 对 n 来说不算最优, 对 m 来说却是最优, 故选 B_2 。A、C 两个因子皆以 A_3 、 C_3 为最佳。

较为理想。考虑到工艺出品率这个经济指标, 比例系数 K 影响最为显著, 且以 A_1 最佳, 而冒口位置和端面传热条件两个因子无影响, 综合平衡得到方案 $A_2B_2C_3$ 。从表 3 中也可发现, 此方案无任何收缩缺陷, 且比 $A_1B_2C_3$ 工艺范围更大。故以 $A_2B_2C_3$ 方案 ($K=1.2$, $S=0.93$, 短端不绝热) 的工艺搭配为最优方案。另外, 表 3 中的方案 2 ($A_1B_2C_2$) 也是优选方案之一, 其效果和 $A_2B_2C_3$ 相差小, 也具有一定的保险余量, 铸件无缺陷, 冒口中缩孔高于铸件。

4 关于冒口离开热节补缩特性的讨论

4.1 热节模数与凝固时间

冒口放在热节上, 减小了热节的散热表面积, 增加了热节的凝固模数, 相应延长了热节的凝固时间。以 $K=1.2$ 的冒口为例, 热节处的模数为 1.6cm , 冒口设计模数为 1.92cm 。实际上, 若把接触面当做绝热面, 铸件热节模数变为 1.85cm , 远大于铸件热节的本来模数。另外, 铸件还受到来自冒口补缩金属液所携带的热量影响, 即流通效应的作用。凝固数值模拟和实际测温结果都表明, 冒口放在热节上, 可使热节处的凝固时间延长到 1.8 倍, 很可能导致冒口残余模数小于接触热节处的模数。这就是冒口根下铸件容易发生收缩缺陷的原因。几何计算可知^[2], 要使最后凝固单元移入冒口, 冒口直径必须大于铸件热节圆的 2 倍, 且应具有一定高度, 是以更低的工艺出品率为代价的。试验结果表明, 当 $S=0.93$ 时冒口边缘已离开热节中心, 与冒口放在热节上相比, 热节的散热条件有所改善, 凝固时间缩短, 故冒口补缩时间相对缩短, 冒口补缩效率提高。

4.2 动态顺序凝固

动态顺序凝固可以定义为: 冒口离开热节, 放在近热节的次热节处, 利用冒口根处形成接触热节和冒口中补缩液的流通效应, 实现铸件各部分按远离冒口的部分先凝固, 几何热节后凝固, 冒口最后凝固的凝固顺序。这里的“动态”有两层意思, 一是冒口不固定于热节处, 可以偏离热节而移动; 二是铸件几何结构上的热节与设置冒口形成的接触热节相分离。动态顺序凝固和传统几何顺序凝固 (冒口和铸件几何结构上的模数梯度与凝固顺序) 相比既可以避免几何热节热量过份集中, 又可以在冒口和几何热节之间形成定向凝固顺序。应该指出, 冒口偏离热节的距离是有限的, 否则冒口和热节之间的凝固顺序会被破坏。在本文条件下, 冒口离开热节的距离以 $S=0.93$ 较为合理。

4.3 补缩液量

补缩液量与冒口补缩效率有关, 其值一般按经验

12-15

4

铸造合金深过滤机理的研究 1427

沈阳工业学院(辽宁省沈阳市 110015) 李玉海 郭广思 毕健智 董秀琦

摘要: 论述了铸造合金的液态结构、表面张力、流动产生的扰动以及真空度对铸造合金深过滤的影响,从流体力学的角度提出了过滤器设计的基本要求。

关键词: 铸造合金 过滤 流体力学

A Study on Mechanism of Deep-bed Filtration of Casting Alloy

Li Yuhai Guo Guangsi Bi Jianzhi Dong Xiuqi

(Shenyang Institute of Technology)

Abstract: The effects of casting alloy internal structure and surface tension and the disturbance and vacuum attributed to the alloy flow on deep-bed filtration have been discussed. From the view of fluid mechanics, the essential requirements of filter design have been suggested.

Key words: Casting alloy Filtration Fluid mechanics

1 概述

铸造合金的过滤净化基本上是属于深层过滤,即杂质质点与流体的分离过程发生在过滤介质的“内部”,被滤除的杂质颗粒尺寸小于或远远小于过滤介质的孔隙^[1]。用过滤网、芯型过滤片或者陶瓷过滤片过滤铸造合金,均能除去合金液中的大部分非金属杂质及气体,使合金液的流动性有所提高,并使铸件的机械性能有较可观的改善。在生产实践中甚至出现这样的情况,在浇注系统中放置一片孔径为 $\phi 10\text{mm}$ 的过滤砂芯时,铝铁锰黄铜(牌号为ZHAL66-6-3-2)的铸件内部质量良好,强度指标达到要求。取消过滤砂芯时,铸

件的强度则达不到要求,而且车削加工时零件表面上出现极细小的黑色斑点。那么,为什么合金液流经过滤砂芯上这十几个 $\phi 10\text{mm}$ 的孔道后,细小的杂质就会被除去呢?要解释类似的现象就会涉及到过滤机理的问题。

为了揭示过滤现象的内在规律,从而遵循这些规律进一步完善铸造过滤净化技术,有必要更深入地探讨液态合金的过滤净化机理。

2. 液态金属内部结构的作用

由于液态金属内剧烈的热运动,使原子的排列在远观上可能由无序到与气相更为相似。混在液态金属

选用。本文选定值为14%,但在 $K=1.2$ 时,冒口放在热节上,冒口底下仍然有缩孔延伸到铸件中。同样的凝固体积,冒口离开热节($S=0.93$),补缩液量却能够满足,道理是冒口离开热节后,热节凝固时间缩短,冒口持续补缩的时间相应缩短,减少了自身凝固的体积消耗,能够提供的补缩量增加。方案2更能说明这个问题, $K=1.1$ 时,按冒口补缩效率14%校核,补缩液量是不足的,但当 $S=0.93$ 时,并无收缩缺陷发生,这足以证明冒口所能提供的补缩液量与冒口位置密切相关。

5 结论

5.1 试验所考察的三个因素中,冒口位置对补缩效果

影响最显著。

5.2 铸钢件的冒口可以离开铸件几何热节,实施动态顺序凝固补缩。

5.3 冒口离开热节动态顺序凝固补缩,铸件收缩时间缩短,可以用较小的冒口进行有效补缩,提高冒口补缩效率和工艺出品率。

参考文献

- 1 R. W. Lodawer. Gelenkte Erstarrung von Gußeisen. 1977.
- 2 魏兵,肖志杰. 铸造, 1985(2), 15~56
- 3 H. N. Аверых. 国外铸造, 1964(3), 37
- 4 肖永铭,王复兴. 铸造技术, 1993(增刊), 37
- 5 [日]大中逸雄. 计算机凝固传热解析入门. 北京:机械工业出版社, 1988.

《铸造技术》5/1996