

常用铸造合金炉前质量检验

康积行

福建科学技术出版社

常用铸造合金 炉前质量检验

康 积 行 编著

福建科学技术出版社

一九八二年·福州

常用铸造合金炉前质量检验

康积行 编著

*

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 7.625印张 178千字

1982年10月第1版

1982年10月第1次印刷

印数: 1—3,300

书号: 15211·22 定价: 0.75元

前 言

炉前质量检验是铸造生产过程中保证铸件质量的重要环节。因此，要提高铸件质量，合金在浇注以前必须严格地进行质量把关，否则将会“铸成大错”，造成难以挽救的损失。为了总结交流几种铸造合金炉前质量检验方面的经验，根据我国铸造生产的现状，编写了这本书。本书着重介绍了几种常用铸造合金（铸铁、铸钢、铸铜、铸铝等）常规的炉前检验的原理与工艺，同时还简介了几种近年来才发展起来的新的测试方法。

本书可供铸造工人和有关的技术人员学习参考，或作为铸造工人培训的补充教材。

在本书编写过程中，曾得到福州大学机械系的领导以及铸工专业师生的大力支持和协助；全国铸造学会质量控制和测试技术学组顾问清华大学黄惠松副教授对本书作了详细的评阅；福建省、福州市机械工程学会还专为本书组织了由杨家声高级工程师等参加的审稿会；陈哲先同志对全书作了审校。在此，谨向这些单位和有关同志表示感谢！

由于本人经验不足，水平有限，书中还可能存在不少缺点和错误，望广大读者批评指正。

编 者

一九八二年一月

目 录

绪论	(1)
第一章 铸铁的炉前检验	(3)
第一节 铸铁	(3)
一、铁碳状态图	(4)
二、铸铁的结晶过程	(8)
三、铸铁的组织	(17)
第二节 普通灰铸铁的炉前检验	(20)
一、用三角试样检验	(21)
1.试样的制备	(21)
2.断口的分析与判断	(32)
二、用棒状试样检验	(51)
1.试样的制备	(51)
2.断口的分析与判断	(52)
三、铁水表面花纹的判断	(60)
1.铁水花纹的类型	(60)
2.铁水翻花的分析	(63)
3.铁水花纹的判断	(65)
4.判断时应注意的问题	(70)
四、铁水溅花的判断	(74)
五、用热分析法检测	(76)

1.热分析法测试原理·····	(76)
2.碳当量和碳硅含量的测定·····	(80)
第三节 高强铸铁的炉前检验·····	(84)
一、孕育铸铁的炉前检验·····	(84)
1.孕育铸铁·····	(84)
2.炉前检验·····	(86)
二、蠕墨铸铁的炉前检验·····	(91)
1.蠕墨铸铁·····	(91)
2.炉前检验·····	(92)
三、球墨铸铁的炉前检验·····	(95)
1.球墨铸铁·····	(95)
2.炉前检验·····	(102)
四、可锻铸铁炉前检验·····	(113)
1.可锻铸铁·····	(113)
2.炉前检验·····	(115)
第二章 铸钢的炉前检验·····	(118)
第一节 铸钢·····	(118)
一、铸钢的分类与牌号·····	(118)
二、铸钢的特性·····	(119)
三、铸钢的熔炼工艺过程·····	(121)
第二节 钢水温度的检测·····	(126)
一、热电偶高温计检测法·····	(126)
二、光学高温计检测法·····	(129)
三、经验观测法·····	(132)
1.钢水结膜法·····	(132)
2.直接观察法·····	(134)
3.钢水沾勺法·····	(134)

4. 钢棒测温法	(135)
5. 浇注测温法	(135)
6. 熔焊测温法	(136)
7. 合金熔化法	(136)
第三节 钢水成分的检验	(137)
一、钢水含碳量的检验	(137)
1. 经验观碳法	(138)
2. 钢水结晶定碳法	(152)
二、钢水含硅量的检验	(156)
1. 试样上涨收缩法	(156)
2. 液面黑点数量法	(158)
三、钢水脱氧质量的判断	(158)
第三章 铸造铜合金的炉前检验	(161)
第一节 铸造铜合金	(161)
第二节 铜合金材料的识别	(167)
一、根据用途识别	(167)
二、根据颜色识别	(168)
三、根据硬度识别	(169)
四、根据比重识别	(170)
五、根据火花特征识别	(172)
六、根据液滴特征识别	(173)
七、根据浇冒口特征识别	(174)
第三节 铜合金的炉前检验	(176)
一、含气检验	(176)
1. 大气下凝固检验	(177)
2. 减压下凝固检验	(178)
3. 现场测氢仪	(179)

二、弯曲检验	(182)
三、断口检查	(185)
四、温度检测	(185)
第四章 铸造铝合金的炉前检验	(188)
第一节 铸造铝合金	(188)
第二节 精炼效果的检验	(196)
一、常压凝固法	(198)
二、减压凝固法	(201)
三、第一气泡法	(203)
四、热真空萃取法	(205)
第三节 变质效果的检验	(205)
一、根据弯角判断	(207)
二、根据断口判断	(208)
三、根据液面特征判断	(209)
四、利用变质测量仪检测	(209)
附 录	(212)
常用铸造合金机械性能试验方法	(212)
一、灰铸铁机械性能试验方法	(212)
二、球墨铸铁机械性能试验方法	(218)
三、可锻铸铁机械性能试验方法	(219)
四、铸钢机械性能试样	(222)
五、铸造铜合金机械性能试样	(223)
六、铸造铝合金机械性能试样	(224)
七、金属材料静拉伸试验试样	(228)
八、金属常温冲击韧性试验方法	(230)
参考文献	(232)

绪 论

随着四化建设的迅速发展，人们将对机器的质量更加重视。铸件在机械产品中，一般占50%，甚至高达90%，因此，离开了铸件质量谈产品水平是不现实的。为了适应机械产品的质量要求，必须对铸件的材质、成分、性能、几何形状和有无铸造缺陷等进行严格地检查。经检查认为不合格的铸件，则往往由于很难修复或即使可以修复，也常常因不经济，只好报废。而且这种报废往往是大批的。

因此，为了保证铸件质量，减少废品，单纯依靠事后检查那是消极的办法，必须重视浇前把关，才能防患于未然。所以，进行必要的炉前检验就显得更加重要。通过把好炉前检验这一关，做到合金液在未浇注之前，就能大致判断出它的材质的成分、质量等是否达到要求。如发现偏差，立即采取措施，进行调整或处理，使本来有可能报废的成批铸件得到挽救。

可见，对炉前检验重视与否，常成为提高铸件质量，减少废品的关键。实践证明：这一关把好了，铸件质量就会大大提高，废品将会大量减少。但是，有些工厂对炉前检验不甚重视，而使废品堆积如山；有的铸件虽然没有报废，但由于质量差而装机出厂，使机器的使用寿命大大降低，其结果所造成的浪费更大。

根据铸件的不同要求和合金的特点，炉前检验的内容也有所不同，一般应包括：

检验合金的主要成分与要求有否偏差。如通过分析三角试样的白口宽度等，来判断灰铸铁的碳当量和碳、硅含量是否符合牌号要求；又如通过分析弯曲试样的折断角大小，来判断锡青铜的

含锡量和黄铜的含锌量等。

检验合金在熔炼过程中某一处理措施的效果。如检验球墨铸铁的球化处理的效果；铝合金的精炼处理和变质处理的效果等。

检验合金液体的某一项工艺性能。如对浇注某些薄壁小件，有时要求检验合金充填铸型能力等。

检验合金液体在熔炼、处理、出炉和浇注时的温度。

由于铸造合金在熔炼过程中，或者待浇注的合金液体都因受到时间的限制，所以炉前检验方法要既简便又迅速。也就是说采用最简便的方法，在最短的时间内将检验结果确定出来。目前，炉前检验方法多数还是凭经验总结出来的一套规律进行的，所以就以此作为重点介绍。同时，对于近年来发展起来的近代测试技术，虽然在目前的炉前检验和控制中，应用范围还不广泛，但有些方法是今后发展的方向，所以也作了简要的介绍。

本书着重介绍的内容是几种常用铸造合金（如铸铁、铸钢、铸造铜合金、铸造铝合金）常规的炉前检验方法。为了更好地使读者掌握每一种合金炉前检验技术，在每个章节的前面首先介绍了有关的基础知识。在附录部分还列出了常用铸造合金机械性能的检验方法，供炉前检验过程中参考。

第一章 铸铁的炉前检验

第一节 铸 铁

铸铁是一种应用极为广泛的结构材料，几乎所有部门，如机械、冶金、化工、建筑、交通以及国防等工业都离不开使用铸铁件。据1977年世界铸件产量的统计：铸铁件占铸件总产量的78%之多，其中灰铸铁件就占总产量的2/3（见表1）。灰铸铁之所以获得如此广泛的应用，这是由于它具有：很好的铸造性能，良好的切削、耐磨、吸振和对缺口的敏感性以及一定的机械性能，而且成本低廉等优点。

表 1 1977年世界铸件总产量⁽⁴⁾

铸 件 种 类	产 量 (万 吨)	占 总 产 量 (%)
灰 铸 铁	5284.5	66.20
球 墨 铸 铁	643.3	8.03
可 锻 铸 铁	285.7	3.57
铸 钢	1241.5	15.44
铜 铸 件	93.4	1.16
铝 铸 件	258.7	3.24
镁 铸 件	5.8	0.06
锌 铸 件	67.1	0.88
其 他 铸 件	116.4	1.42
总 计	7996.4	100.00

铸铁炉前检验的许多方法，多数是根据试样宏观断口组织来分析判断的。因此，要想比较深入地掌握炉前检验的基本原理，

就必须对铸铁各种组织的形成规律有所认识。铁碳合金状态图就是研究这些规律的基础。

一、铁碳状态图

铸铁实际上是一种复杂的多元合金。它除了铁和碳以外，还含有硅、锰、磷、硫等多种其他元素。为了便于研究，一般将铸铁看成是含碳量为2.11%以上的铁碳合金（含碳量低于2.11%即为碳钢），然后再考虑其他元素的影响。

碳在铸铁中有两种状态存在，也就形成了两种状态图，一种呈化合状态，即以称为渗碳体 (Fe_3C) 的状态存在，结果就形成了 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图。当铸铁中碳完全以化合状态 Fe_3C 出现时，

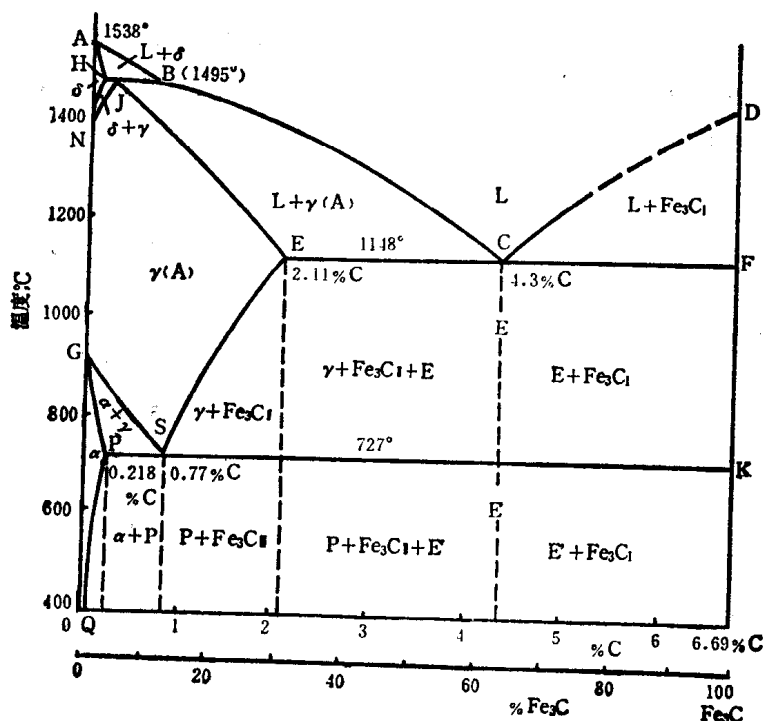


图1 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图

其断口白亮，呈放射状，性硬而脆，称为白口铸铁；另一种呈游离状态，即以石墨状态存在，结果就形成了Fe—C（石墨）状态图。当铸铁中的碳以石墨形态出现时，其断口呈灰色，称为灰口铸铁（或灰铸铁）。

以Fe—Fe₃C状态图（见图1，其组织示意图如图2所示）为例：

ABCD——为液相线，温度高于此线，合金处于液态；

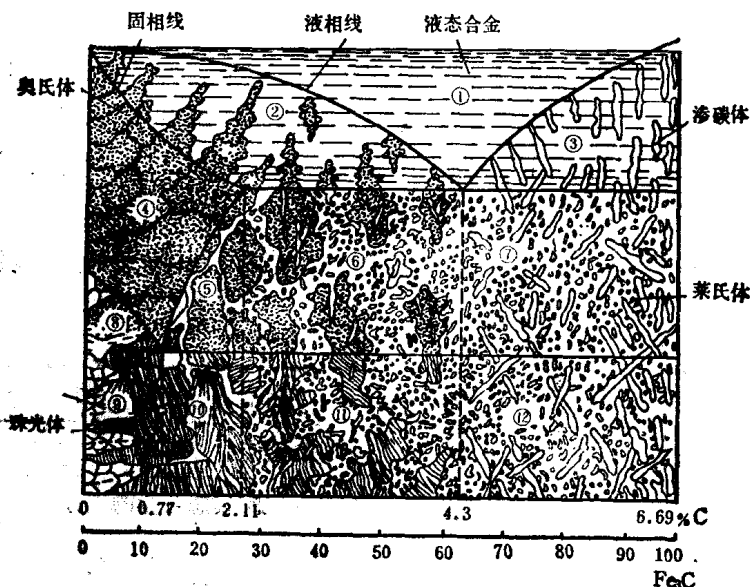


图2 Fe—Fe₃C状态组织示意图⁽⁶⁾

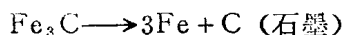
1. 液态合金 2. 液态合金+初生奥氏体 3. 液态合金+一次渗碳体
4. 奥氏体 5. 奥氏体+二次渗碳体 6. 奥氏体+二次渗碳体于莱氏体基
7. 一次渗碳体于莱氏体基 8. 奥氏体+铁素体 9. 珠光体+铁素体 10. 珠光体+二次渗碳体
11. 珠光体于莱氏体基+二次渗碳体 12. 一次渗碳体于莱氏体基

AHJECF——为固相线，温度低于此线，合金处于固态。

在Fe—Fe₃C状态图中存在四个相；

液相——碳在铁中的溶液，用“L”表示。

渗碳体——即 Fe_3C ，用“C”表示。它的含碳量为6.69%，晶格复杂，性硬而脆，但抗磨性能高。它是一种介稳定性的间隙化合物，在一定的条件下，会分解成石墨和铁：



铁素体——用“ α ”或“F”表示。它是碳在 α 铁（或高温下为 δ 铁）中的固溶体，溶碳很少（常温下为0.006~0.008%）。所以它的性质与纯铁相似，强度和硬度低，而塑性和韧性很高，是组成钢和铁的基体。

奥氏体——用“ γ ”或“A”表示。它是碳在 γ 铁中的固溶体，它的晶格孔隙比 α 铁大，所以溶碳高。在温度727℃时溶碳为0.77%，并随着温度的升高而增加，最高为2.11%。它的塑性好，变形抗力小，易于锻造成型。

Fe— Fe_3C 状态图中特性点的温度、成分及其物理意义见表2。

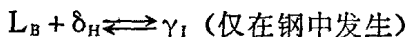
表 2 Fe— Fe_3C 状态图中的特性点⁽⁶⁾

点的符号	温度(℃)	含碳量(%)	说 明
A	1538	0	纯铁的熔点
B	1495	0.53	包晶反应时液态合金的成分
C	1148	4.3	共晶点： $L_C \rightleftharpoons \gamma_E + \text{Fe}_3\text{C}$
D	1227	6.69	渗碳体的熔点
E	1148	2.11	碳在 γ 铁中的最大溶解度
F	1148	6.69	共晶渗碳体的成分点
G	921	0	α 铁 $\rightleftharpoons$ γ 铁的同素异构转变点 (A_3)
H	1495	0.09	碳在 δ 铁中的最大溶解度
I	1495	0.17	包晶点： $L_B + \delta_H \rightleftharpoons \delta_J$
K	727	6.69	共析渗碳体的成分点

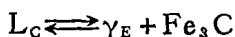
M	770	0	磁性转变点
N	1394	0	γ 铁 $\rightleftharpoons$ δ 铁的同素异构转变点 (A_4)
O	770	~ 0.5	磁性转变点
P	727	0.0218	碳在 α 铁中最大溶解度
S	727	0.77	共析点: $\gamma_S \rightleftharpoons \alpha_P + Fe_3C$
Q	600	~ 0.006	碳在 α 铁中的溶解度

在Fe—Fe₃C状态图中有包晶、共晶和共析三条恒温转变水平线:

在1495℃HIB包晶线上, 将发生包晶转变:

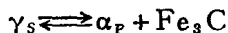


在1148℃ECF共晶线上, 将发生共晶转变:



即从含碳为4.3% (C成分) 的液体中同时结晶E成分 (2.11%C) 的奥氏体和渗碳体。反应产物为共晶体, 用“E”表示, 又称为莱氏体 (在铸铁中存在)。它是奥氏体分布在渗碳体上的两相混合物。

在723℃PSK共析线上, 将发生共析转变:



即从S成分 (0.77%C) 的奥氏体中, 同时析出P成分 (0.0218%C) 的铁素体和渗碳体。反应产物 ($\alpha_P + Fe_3C$) 为共析体, 用“P”表示, 在铁碳合金中又称为珠光体。它是铁素体和渗碳体的机械混合物。

此外, Fe—Fe₃C 状态图中, 还有三条主要的固态转变线:

GS线——奥氏体开始析出铁素体或铁素体全部溶入奥氏体的转变线, 常称此温度为A₃温度。

ES线——碳在奥氏体中的溶解度线。此温度常称为A_{cm}温

度。低于 A_{cm} 温度时，将从奥氏体中析出渗碳体，称为二次渗碳体（ Fe_3C_{II} ），以区别于从液体中经CD线析出的一次渗碳体（ Fe_3C_I ）。

PQ线——碳在铁素体中的溶解度线。铁素体从727℃冷却下来时，将析出三次渗碳体（ Fe_3C_{III} ），但其量极少。

二、铸铁的结晶过程

1. 白口铸铁的结晶过程

根据含碳量的高低，白口铸铁又可分为亚共晶白口铸铁（含碳为2.11~4.3%）、共晶白口铸铁（含碳为4.3%）、过共晶白口铸铁（含碳为4.3~6.69%）。下面具体分析这三类典型白口铸铁的结晶过程：

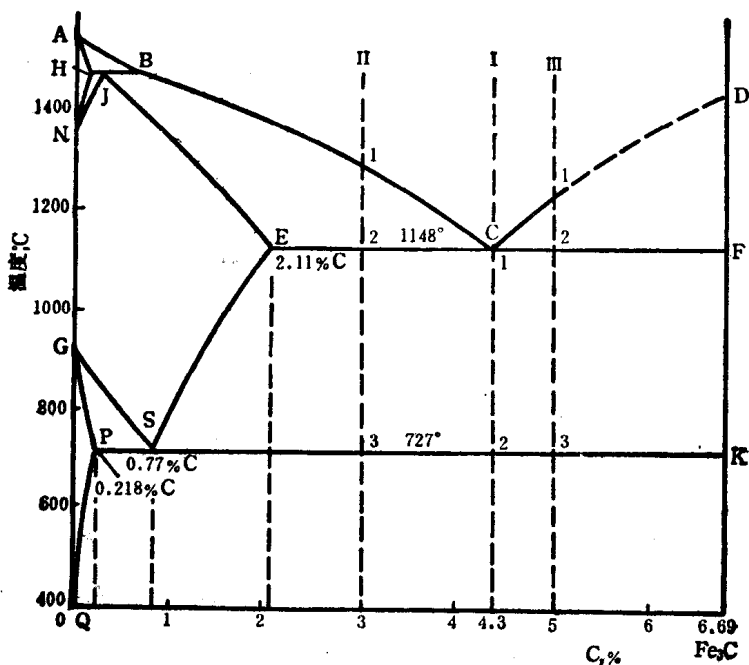


图3 Fe—Fe₃C状态图上三种典型铸铁的位置

(1) 共晶白口铸铁的结晶过程:

此合金在Fe—Fe₃C状态图中I的位置(见图3)。其结晶过程示意图,如图4所示。

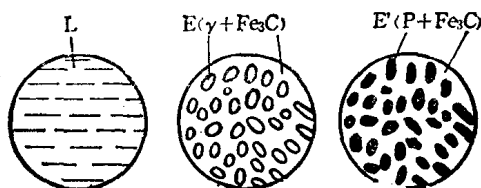
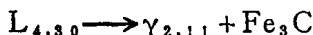


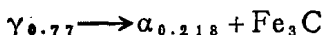
图4 共晶白口铸铁结晶过程示意图

当合金液温度冷到1点(1148℃)时,将发生共晶转变:



即从含碳为4.3%的液态合金中同时结晶出含碳为2.11%的奥氏体(称共晶奥氏体)和Fe₃C(称共晶渗碳体)。由这两相组成的共晶体,通常在铸铁中称为莱氏体。

当温度下降到1点以下,从共晶奥氏体中不断地析出二次渗碳体(它长在共晶渗碳体Fe₃C上面,两者难以分辨);共晶奥氏体本身的含碳量将沿着ES线降至温度2点的0.77%,并在恒温下2点(727℃)发生共析转变:



转变成为珠光体。

因此,自共析转变温度以下至室温的共晶体是由在渗碳体(共晶渗碳体+二次渗碳体)基体上分布的珠光体组成。这种组织仍是莱氏体,为了与高温下的莱氏体(E)区别,用“E'”表示。由于莱氏体的基体是渗碳体,所以它的性质硬而脆。

(2) 亚共晶白口铸铁的结晶过程

以含碳3.0%为例,在Fe—Fe₃C状态图中I的位置。其结晶