

C 及非金属夹杂物在铸钢件中的作用及危害

-----主要过程中的问题处理及控制（杂谈）

-----碳（C）、非金属物质、氧化物、夹杂物等在铸钢中的含量，直接影响到铸钢件的机械性能，还影响到铸钢件的热处理、浇冒口切割、焊接等热力学工序，还间接影响到铸钢件的内部组织及验收等。

-----了解铸钢件中这些物质的存在对铸钢件的影响，并允许最大的程度，会对铸造工艺的整个过程设计、控制起到很大作用。

-----了解这些物质的来龙去脉，就会为最大限度地去掉这些物质有个清晰的认识并付诸实施。

1. C 在铸钢件中能够起到增加抗拉强度的作用，增加硬度的作用，还可以起到加大淬透性的作用（尽管只是很微弱）。其危害却是随着含 C 量的增大，铸件的脆性也在增大，淬火裂纹的倾向也在增大，低温冲击韧性在降低。反应在机械性能上却是塑性指标在降低等等。

非金属夹杂物在铸钢件中，只有危害没有任何好处（特殊使用铸钢件除外）。

2. 来源

C 是有意加入并控制的。而表面上的 C 在不同的铸造工艺过程中，有的是增 C 的状态，有的则是脱 C 状态的。这取

决于使用砂型粘结剂的种类。如果将粘结剂分为 2 类，即有机粘结剂和无机粘结剂。则：

无机粘结剂是脱 C 的；

有机粘结剂是增 C 的；

对于非金属物质和夹杂物来讲，废钢表面的污物，氧化物，油类物质等。

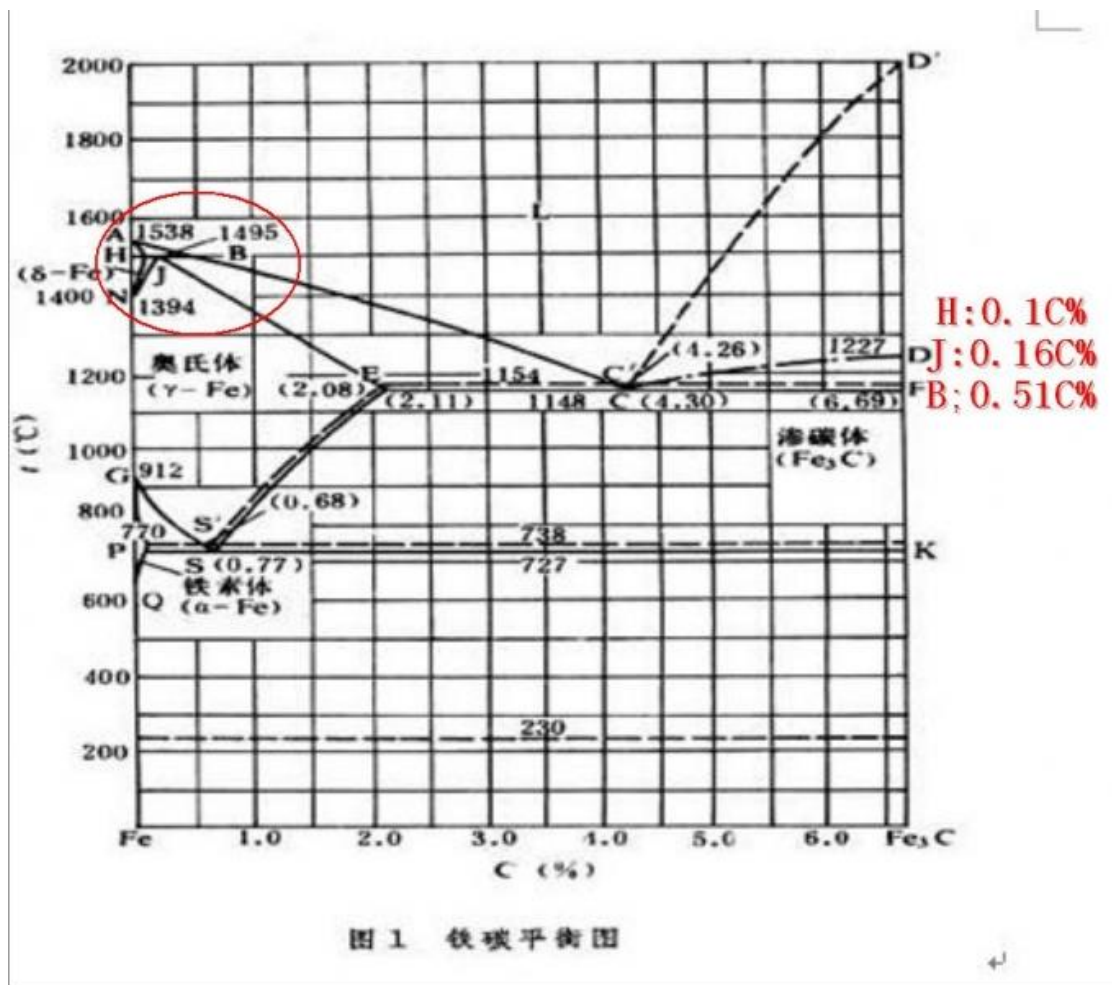
再则是，熔炼过程中的炉衬材料脱落，浇注包内的包衬材料脱落。

浇注过程中浇口杯、浇道内部不干净等。

尽管在熔炼过程中会想尽一切办法来通过造渣去除很多，但是仍然有部分被带入到铸钢件的金属液体中，最后沉积到铸件内部。

在铸件的冷却凝固过程中，这些非金属夹杂物的熔点比较低，就是说冷却速度比较慢，逐渐往最后凝固的地方聚结，最后形成偏析（偏析有多种，这只是其中之一）。

以上这些好处和坏处，一般铸造工程师均可以理解和掌握。而比较难以理解和掌握的是：到底控制在什么程度就会生产一帆风顺呢，而不会出现：冒口切割裂纹、淬火裂纹，而保证无损检测也比较顺利呢。这个问题就仁者见仁智者见智了。为了有效地说明这些问题，看简单的二维 $Fe-C$ 平衡图。



3. 碳当量的概念 C_e

此 $Fe-C$ 平衡图只说明了，在只有 Fe 和 C 的二元元素的状态，但是实际上却仍然有 Si 、 Mn 、 Cr 、 Ni 、 Mo 、 Cu -----等元素。

我们需要将这些元素归类到只有 Fe 和 C 的二元情况下来分析才能使用这个平衡图。

引入一个 C 当量的概念，就是 $C_e = C + Mn/6 + (Cr + Mo + Ti) / 5 + (Ni + Cu) / 15$

4. 对 $Fe-C$ 平衡图的分析

我们分析 $Fe-C$ 平衡图，用 C_e 代替 C 来分析将得出完全不

同的概念。

- A. 完全奥氏体化热处理，其最低点是 $S' = 0.68$ 点，假设
 $C=0.30$ $Mn=1.0$ $Si=0.6$ $Cr=0.50$ $Mo=0.1$ $Ti=0.00$
 $Ni=0.20$ $Cu=0.10$ 则 $Ce=0.600$ 。非常接近于 $0.68 S'$ 点。
仍然需要考虑的因素有：偏析、非金属夹杂物的影响，
而不仅仅是化学元素的影响。

（除 $C \leq 0.30$ 、 $Mn \leq 1.40$ 、 $Si \leq 0.60$ 外，其它所有元素的总含量要 ≤ 1.00 ）

- B. 如果考虑火焰切割，则是要求考虑金属熔化的问题并很快冷却。则在 $Te - C$ 平衡图上的 $B=0.51$ 点，就会发现此点是金相变化最剧烈的点。火焰切割等于再次熔化了金属而且冷却非常快。

- C. 美国标准 ASTM A216 中，WCB 钢的化学成分要求是 $C \leq 0.30$ ，而 WCC 要求是 ≤ 0.25 。后来用户要求的含 C 量均是 ≤ 0.25 。

美国标准 ASTM A217 中， $WC6 \leq 0.20C$ ， $WC9 \leq 0.18C$

为什么做出这样的规定，不外乎是考虑受压容器的韧性要好的原因。其次是铸造后的热处理和切割等的原因。

在美国标准 ASTM A148 中，一般工程用钢。但在 AAR（美国铁道学会）的各种铸钢材料要求均是 $\leq 0.30C$ 的（学会没有做硬性规定，而具体的使用单位却硬性规定了）

载重汽车也做了相应规定，如 CAT、TEREX 等世界巨头的铸钢采购，对材料中的 C 要求 ≤ 0.30

美国 API（石油学会）对于受压铸钢件同样做了规定。等等就不再例举。

5. C 在铸钢件中的分水岭 $C_e=0.30$

前面已经阐述了 C 和 C_e 的不同和相同点，而且是有大大的影响。 C_e 只是个当量，相当的概念。考虑到非金属夹杂物，相变的诸多因素，则简单粗暴地认为：

这个分水岭是 $0.30-0.33C$ 为好。但又考虑到标准和非金属夹杂物的影响，则更为保险的应该可以规定为 0.30 了。

6. 其它各工序和关键点的影响和对策

A. 粘结剂对铸件的影响

将粘结剂分为：有机和无机粘结剂，则：

----有机粘结剂是增 C 的；

----无机粘结剂是脱 C 的；

这个原因是：有机粘结剂在浇注的瞬时，砂型/砂芯中的有机物质瞬时燃烧，瞬时气化而形成 CO、CO₂、CH₄ 等有害气体。这些有害气体就会渗入铸钢件内部 2-3mm 深。这就是渗 C。而脱 C 则是从铸件中往砂型中渗入从而产生脱 C。

很显然，在界面之间 C 值的差越大，增/脱 C 的倾向越大。特别是对于低 C 钢来讲，增 C 的概念更加需要考虑。

关于脱 C，在热处理是只要有氧的情况，则也是脱 C 的。

-----对于低 C 铸钢件来讲，其表面的增 C 会带来大量的麻烦。会影响到铸件的热处理及产品验收，造成大量拒收和返

修，既影响工程进度又增加成本。

B. 砂型/砂芯的温度和水分对铸件的影响

温度越高则水分的吸收越多，这个水分有砂型和砂芯中固有的，也有空气中的。所以：

---无论刷不刷涂料均要求烘烤砂型/砂芯，而且要烘烤透彻。

---烘烤好的砂型/芯，需要测量表面温度，在降低到室温或者接近室温后才能合箱。否则延误温度差的原因会形成表面水汽的聚集。

C. 非金属夹杂物对铸件的影响

看上述 1—5 条。

D. 通过砂型冷却速度对于铸件性能的影响

冷却速度越快，则铸件性能越好。这是因为金属液提在降到凝固点之后开始凝固成高温固体，越接近铸件表面的地方冷却速度越快而形成小颗粒的细晶，随后是柱状晶，最里面是粗大晶，甚至缩孔出现。

砂型的材料不同则冷却速度不同。

尽管水冷和风冷均是手段，但是无论什么砂型均可以采用这种手段。

另外是，冷却速度越快则设计铸钢工艺时就要考虑补缩的距离问题和补缩参数的不同。

E. 合金对铸钢件的影响

合金对铸钢件的影响是不言而喻的。具体可以查看：（马氏体的危害） 一文

7. 铸造是哲学的一个分支

在铸造过程中，固体金属从室温到金属液体，再从金属液体冷却凝固到室温。不仅要有几次的金相转变，而且有物理的变化-----对气体的吸收和析出、热胀冷缩的体积变化、溶解度的从低到高再从高到低等等。

由于这一现象的形成，那么金属液体中就会发生非常强烈的化学反应，氧化反应、还原反应、置换反应全部出现。

在基于事实和价值的基础上，用哲学的理论和思维来解决铸造中出现的问题，就是我们的责任了。因为我们必须知道并清楚：**量变会引起质变。要动态的看待这个问题。**

铸造过程中的影响因素太多，是一门实践很强的科目。在大量事实的基础上得出的结论要比纯理论重要的多。而从大量实验结果得出结论从而上升到的理论，则会对生产有极其重要的意义。

任志荣

135 9841 5680

RenZR@163.com

2018/1/27