

关于 HB5430—89《不锈钢、耐热钢熔模铸件》的几点说明

航空航天工业部材料、热工艺标准化技术归口单位 姚瑞芝

HB5430—89《不锈钢、耐热钢熔模铸件》很快就要和读者见面了，现将标准中的几个问题作一说明。

一、铸件的分类与分级

国内现有的铸件标准，包括航空用结构钢精密铸件技术条件（HB5001—73），对铸件都只进行了分类，一般都是根据受力状况将铸件分为三个或四个类别，按类别来检验铸件。

美国军用标准 MIL—STD—2175 将铸件按其 在飞行器中的重要程度及铸件失效引起的后果的严重程度分为四类；每一个铸件上的不同区域又按受力情况分为四个不同的检验级别，用 A、B、C、D 表示，具体规定如下：

I 类铸件：单个铸件发生故障即可威胁全体操作人员的安全或者引起导弹、飞机或其它飞行器失事。

II 类铸件：单个铸件发生故障即可引起重大的操作故障。在导弹、飞机和其它飞行器中，这些故障包括主要部件的失效、武器库失灵或武器装置部件的失灵。

III 类铸件：I、II 类铸件以外的、安全系数少于或等于 200% 的铸件。

IV 类铸件：I、II 类铸件以外的、安全系数大于 200% 的铸件。

A 级：承受高应力的铸件或者一个关键铸件的一个承受高应力的区域。

B 级：关键铸件的一个重要的部位或者一个低安全系数铸件的特殊区域。

C 级：铸件的一个高的质量级别或者一个低安全系数铸件的高质量级别的区域。

D 级：仅承受低应力的铸件或铸件上的某个区域。

MIL—S—2175 中规定按检验级别 A、B、C、D 来确定铸件允许缺陷的严重程度，用铸件类别来确定铸件的抽检内容和抽检频度。这一规定使每一个铸件以至一个铸件上的每一个区域都将得到恰如其分的检查和要求，这为保证标准的宽严适度提供了条件。我国现行的铸件标准只分类不分级的规定往往使 I、II 类铸件上非关键部位受到过分的检验和要求，造成不必要的浪费。为此在本标准中采用了和美军标 MIL—S—2175 完全相同的铸件分类、分级方法。我们认为这是对我国传统的铸件分级方法的重大改革，为今后各种铸件统一分类提供了条件。

二、铸件表面质量和内部质量检验

有关铸件表面质量和内部质量的检验规定往往是铸件检验标准中最重要、最核心、最棘手的问题，为此我们广泛地收集了国内外有关的各种资料 and 标准并进行了仔细分析和比较。

国内标准可以参考的有 HB5001—73《航空用结构钢

铸件》、QJ172—75《熔模铸件技术条件》以及各工厂的企业标。这些标准基本上都是参照苏联 50 年代标准制定的，虽然曾一度在航空铸件生产质量验收中起过有益作用，但随着时间的推移和技术的不断进步，这些标准出现了一定的局限性和不合理性，如铸件按轮廓尺寸的大小给定允许缺陷的大小，按百分比抽样方法规定铸件的检验频度等。因此上述几项标准中有关内部、外部质量的检验条款都不能直接借鉴。前已提及本标准等同地采用了 MIL—S—2175 的铸件分类、分级原则，这为借鉴该标准的检验条款提供了方便条件。通过分析和研究，我们认为 MIL—S—2175 中关于铸件内部质量检验的规定是比较合理的，使用起来也较方便，其宽严程度也能为我部大部分工厂所接受。美国一些较大的航空发动机公司，如普惠公司就是采用了 MIL—S—2175 的有关规定。MIL—S—2175 采用了 ASTM—E 192 作为内部缺陷检验的标准参考底片，这是一部得到世界公认的、已被许多发达国家普遍采用的标准底片，部内一些有航空产品转包生产的工厂也已经使用 ASTM—E 192 作为评定铸件内部缺陷的标准参考底片，基于上述情况我们也采用了 MIL—S—2175 关于铸件内部缺陷检验的有关规定；并把 ASTM—E 192 作为标准的一部分等效地采用到标准里。

关于铸件表面质量 MIL—S—2175 未作明确规定。

我国现有的结构钢熔模铸件标准如 HB5001—73、QJ172—75 等都是按铸件轮廓尺寸的大小确定允许的表面缺陷个数及大小和密度的，这一规定有其相对不合理性，如一个长度远远大于宽度的长条形铸件和一个长、宽相同的方形铸件最大轮廓尺寸可能是一样的，但铸件的投影面积却有很大差异，二者允许存在同样数量的缺陷显然是不合理的。为此，我们参照美国普惠航空发动机公司的标准 PWA321B 规定了按当量圆面积确定允许缺陷的大小、数量和种类。将铸件按 $\phi 30$ 或 $\phi 60$ 画当量圆，按铸件的检验级别确定一个当量圆中允许存在的缺陷的程度。本标准中所规定的各个检验级别中一个当量圆内允许存在的缺陷种类、个数及最大尺寸等参数，完全等同地采用了美国普惠公司的有关规定。

三、抽样频度的规定

HB5001—73 和 QJ172—75 及我国现有的大部分检验标准的抽样方法都是按百分比抽样，这是一种传统而又原始的方法，例如当以 20% 抽样计算时，对 2~5 件铸件只能抽取一件，这样代表性差；对于 1000 件铸件则要抽取近 200 件，这个数量无疑会造成人力、物力的大量消耗，是否真有必要也很难说。MIL—S—2175 采用了符合数理统计规律的抽样方法，见表 1 和表 2。

（下转第 39 页）

对于重要、关键零件或被检表面不得有任何硬化或软化烧蚀。

经检查的零件，应在 190℃ 温度下除氢烘烤至少 3 小时。如果零件规定有消除应力回火，此工序应安排在酸蚀之后进行，并用它取代除氢烘烤工序。

四、讨 论

1. 酸蚀导致氢脆断裂的预防

高强钢具有氢脆倾向，强度越高，钢的氢脆倾向越大。试验证明，强度大于 1471MPa 的钢，只要含有几个 ppm（百万分之一）的氢，就足以导致氢脆断裂。

钢在酸洗或酸蚀过程中要吸收一定数量的氢。这些氢多富集在金属表面及其附近，在以后的加工工序、存放或使用中，这些氢可能会析出，也可能停留在钢中，形成氢脆断裂的根源。如果酸洗（或酸蚀）发生在最终热处理之前，吸收的氢会在热处理过程中析出，不会危害零件的使用寿命。

高强钢零件机加工后的酸蚀检查是在最终热处理之后进行的。如果处理不当，会导致氢脆断裂，对零件造成更大的危害。

为了避免氢脆发生，用稀酸（4% 的硝酸和 5% 的盐酸水溶液）腐蚀时，时间尽量缩短，尤其要缩短吸氢较强烈的稀硝酸中的停留时间。每道工序后及时用水冲洗，酸蚀后用氢氧化钠水溶液及时进行中和。这些都是为了缩短酸作用的时间，减少吸收的氢量。

另外，为避免氢脆发生，去除零件在酸中吸收的氢，应增加除氢烘烤工序。试验与实践证明，采用上述两项措施可以有效地防止高强钢机加工后酸蚀检查中由于吸氢而

导致氢脆断裂的可能性。

2. 磨削烧蚀的深度

在资料中我们未见到有关磨削烧蚀深度的报导。在一些资料中看到磨削裂纹一般深为 0.2~0.3 毫米，个别的可达 0.5~0.6 毫米。磨削裂纹与磨削硬化层有无关系，它们的深度是否相当，必然引起人们的注意。

习惯上认为，磨削裂纹是由于磨削过热、冷却时马氏体转变形成的。只有当磨削时严重过热马氏体转变量很多时才会形成裂纹。按照这个观点，磨削裂纹与磨削硬化层的深度应该是相当的。

近年来一些试验证明，磨削裂纹与氢脆有关。磨削裂纹具有滞后特性，裂纹是沿晶界扩展的，在裂纹形成的过程中有氢施放出来。这些现象都说明磨削裂纹与氢脆有关。

我们认为，磨削裂纹是由于磨削过程中零件表面形成拉应力区，且吸收了大量的氢，这些氢在磨削硬化层中微裂纹尖端富集，使裂纹迅速扩展。因此磨削裂纹与磨削硬化层有一定的关系，但前者的深度要远大于后者。

在生产检查的实践中也证实了它。所有发生硬化烧蚀零件的表面，只要用砂纸或锉刀打磨下去 0.05~0.08 毫米，硬化或软化烧蚀区即全部消除。烧蚀的标样经过一次腐蚀、两次轻吹砂后，它的硬化层也不存在了。这说明磨削烧蚀层的深度通常不超过 0.1 毫米。这样就给因烧蚀而拒收的零件找到一条出路：用打磨方法去除磨削烧蚀层。同时也找到保证酸蚀检查一次合格的途径：热处理后机加工时，留 0.1~0.2 毫米的余量，用手工打磨的方法加工到零件要求的尺寸。

（上接第 40 页）

表 1 II 类铸件抽样数

受检批次 铸件个数	抽 取 试 样 个 数	受检批次 铸件个数	抽 取 试 样 个 数
2~5	全 部	27~36	10
6~8	5	37~51	11
9~11	6	52~82	12
12~15	7	83~162	13
16~20	8	163~971	14
21~26	9	972 以上	15

表 2 III 类铸件抽样数

受检批次 铸件个数	抽 取 试 样 个 数	受检批次 铸件个数	抽 取 试 样 个 数
2~4	全 部	18~27	7
5~6	4	28~48	8
7~11	5	49 以上	9
12~17	6	—	—

从以上两表可以看出：对于铸件数量少的熔批抽取相对多的铸件数以求其具有较好的代表性；对于铸件数量多的熔批则抽取相对少的铸件以求做到经济、合理，同时又能满足概率统计观点所要求的足够的代表性。如 927 件以上的铸件只要抽取 15 件检验，这个数量较之前面提到的百分比法显然是少得多了，当然也就经济得多了。因而本

标准采纳了 MIL—S—2175《铸件的分类和检验》的抽样方法。

四、允许成分偏差的规定

目前部内使用的钢铸件标准，如 HB5001—73 对标准中给定的化学成分范围和元素规定了允许的偏差；苏联的 AMTY433《具有特殊性能的高合金钢铸件》也给出了化学成分的允许偏差；在航空工厂的企业标准中有些也对成分偏差作了规定。但在美国的 AMS 标准中对不锈钢、耐热钢铸件都没有给出成分的允许偏差，我们体会这意味着对航空用不锈钢、耐热钢铸件不允许有成分偏差。

综合上述情况，我们认为：既要考虑我部各工厂现有的生产水平又要努力向先进标准靠拢，为此我们参照 GB228—84《钢的化学成分分析用试样取样方法及成分化学分析允许偏差》（该标准中有关不锈钢、耐热钢材料的允许偏差和 AMS2248C 等效）按照对变形材料和锻件的要求给定了本标准铸件化学成分的允许偏差。

随着熔炼工艺和技术的不断提高和完善，铸件的化学成分会越来越稳定，出现偏差的几率会越来越小，标准中相应的这一条款也将被取消，这是技术进步的要求，也是我们努力的方向。