

《锆及锆合金铸件》

编制说明（讨论稿）

一、工作简况

1. 任务来源与协作单位

根据工业和信息化部《关于印发 2011 年第一批行业标准制修订计划的通知》(工信厅科[2011] 75 号) 要求, 由宝钛集团有限公司和宝鸡钛业股份有限公司负责起草《锆及锆合金铸件》有色行业标准, 项目计划编号: 2010-3535T-YS, 计划完成年限 2011 年。

2. 起草单位情况、主要工作过程、标准主要起草人及其所做工作

2.1 起草单位情况

锆及其合金在腐蚀性介质（如酸、碱、盐）中具有极好的耐腐蚀性能, 尤其在非氧化性酸中, 该材料性能优于钛, 在一般工业中主要用与制造反应塔、换热器、泵、阀、管道和衬里等。

宝钛集团是国内较早开展锆及锆合金铸件和加工材的企业, 自上世纪一直致力于锆及锆合金铸件的生产和科研, 积累了丰富的经验, 建立《锆及锆合金铸件》企业标准。长期以来, 由于多方面原因, 国内锆及锆合金铸件未能实现大批量生产和使用, 主要靠进口方式解决国内需求。进入 21 世纪, 随着国外几家具有世界知名度的企业对中国锆及锆合金产品质量和价格的看好, 向宝钛订购了大量批量的锆及锆合金铸件, 且年需求量稳定。据了解这些大量出口的锆及锆合金铸件, 经国外简单机加或仅仅进入保税区, 贴上自己的标签由转入国内销售。在这种情况下, 同时在大量国外机构对中国产品的认可下, 国内相关设计和使用单位逐渐对国内锆及锆合金铸件产品给予了一定得认可, 国内锆及锆合金铸件市场才得以较快的发展。近 5 年来, 宝钛集团积极协调促进上游海绵锆的产量扩大, 同时在国内锆设备设计、使用单位加大锆及锆合金铸件和加工材等产品的推广力度和推进速度, 为锆材国产化做出了突出的贡献。

国内锆及锆合金铸件市场经过近几年的发展, 产业链已基本建立, 然而国内没有锆及锆合金铸件相关标准, 在交易中普遍采用 ASTM B752、企业标准或订货技术条件, 这种方式不能满足国内锆铸件市场快速、健康、可持续发展的需要。为此, 宝钛向有关单位及时提出建立我国自己的锆及锆合金铸件标准, 并获得了国家相关机构的认可的, 批准建立锆及锆合金铸件专用标准。

2.2 主要工作过程

宝钛集团有限公司接到锆及锆合金铸件项目批准的通知后, 积极成立项目组, 安排专人负责, 并及时开展锆及锆合金铸件标准化研究工作。

2011年3月24日，由全国有色金属标准化技术委员会组织，在江苏省扬州市召开了《锆及锆合金铸件》有色行业标准任务落实会，会上宝钛集团有限公司提交了征求意见稿，并就标准的框架结构、基本内容设置、各阶段工作重点以及时间节点进行了安排。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

1. 标准编制原则

本标准在编制时，主要参考了 ASTM B752 《锆基耐蚀铸件的通用要求》、宝钛集团企业标准 N/BS 6700 《锆及锆合金铸件》以及其他订货技术条件，同时参照 GB/T 6614 《钛及钛合金铸件》、GJB2896 《钛及钛合金熔模铸造》的内容设置情况，结合前期市场需求情况的调研结果，完成了标准征求意见稿。同时，项目组确定出以下主要原则：

- a) 本标准所涉及的锆及锆合金铸件牌号和化学成分为国内需求最多、生产工艺稳定、技术成熟的产品；
- b) 本标准所涉及产品的化学成分、力学性能以及其他指标应与 ASTM 标准相当或略高；
- c) 标准应严格按照 GB/T 1.1--2000 《标准化工作导则 第一部分：标准的结构与编写规则》以及《有色金属冶炼产品国家标准、行业标准编写示例》的规定格式进行编写。

2. 确定标准主要内容的论据

2.1 供货状态

通常，普通铸件是以铸态供货。在实际生产和订货中，为了满足某些特殊用途的需要，同时兼顾改善铸造过程中产生的缺陷提高铸件的综合性能，铸件往往需要进行适当的热等静压处理，以将铸件表面和近表面的皮下气孔等缺陷进行有效地改善。而经热等静压处理后的的铸件表面暴露出的缺陷有一部分影响了铸件的尺寸要求，因此需要一定得补救措施——通产采用补焊的方式进行修复（补焊的方式有时也是铸造过程中产生铸造孔洞、少量浇铸不到位时修复铸件的常用方法）。无论

是何种原因导致必须进行补焊，均会由于补焊时铸件局部受热而使补焊区与非补焊区产生一定的热应力，影响铸件的综合性能。为确保铸件各部分性能一致、稳定，因此需要采用退火的方式来消除这种应力问题。考虑到上述原因，本标准给出了较为合理且全面的供货状态，包括铸态、热等静压态和热等静压+退火态三种情况，为便于生产的需要，标准还给出了退火制度和热等静压制度。详见表 1。上述规定与 ASTM B725 中的规定一致。

表 1

牌号	退火制度	热等静压制度
ZZr-3	565℃±25℃，保温时间不低于 0.5h，当截面厚度大于 25.4mm 时，每增加 25.4mm，保温时间增加 0.5h	温度 850℃±14℃，时间 1.0h~3.0h，压力 100MPa~140MPa，炉冷至 200℃以下出炉
ZZr-5		

2.2 材料

2.2.1 由于铸造母合金电极是铸件化学成分均匀、一致的首要条件，因此本标准特别对用于生产铸件的母合金电极进行了进行了规定。通常情况，铸造母合金电极可选用适当规格的铸锭，也可选用适当规格的锻制棒材。无论是铸锭或是棒材，首先应保证材料成分均匀，无偏析、夹杂等影响铸件质量的因素，因此本标准规定用作母合金电极的铸锭和锻棒（用于生产锻棒的铸锭）应至少经过两次真空熔炼。上述规定与 ASTM B725 中的规定一致。

2.2.2 通过调研，国内目前用于生产铸锭的设备主要包括真空自耗电弧炉和电子束炉，两种方式均能满足铸锭的生产要求，因此本标准规定铸锭的“熔炼方法为真空自耗电弧熔炼或电子束熔炼方法的任一种或两种熔炼方法的组合”。上述规定与 ASTM B725 中的规定一致。

2.3 牌号和化学成分

通过调研，了解到国外使用最广的锆及锆合金牌号为 ASTM B752-06 中 702C 和 705C 两个牌号。长期以来，国内设备使用的锆铸件主要依靠进口，且多数设备的生产原机多为国外进口。因此在这些设备的国产化进程中，受到上述因素以及其他多方面因素的综合影响，国内锆设备的设计和使用单位均以 ASTM B752-06 中 702C 和 705C 为参考或直接选用。因此，本标准在确定牌号的化学成分时，保持与 ASTM B752-06 中 702C、705C 完全对应相同。另外，为便于国家锆材标准体系的统一性和一致性，本标准在产品牌号的表示上借鉴了 GB/T 26314-2010《锆及锆合金牌号和化学成分》中关于牌号的命名方式，分别命名为 ZZr-3 和 ZZr-5（Z 表示铸件，Zr 表示锆，-3 表示序号），并与 702C 和 705C 相对应。这与 GB/T 26314-2010 中 Zr-3 和 Zr-5 有一定得对应关系。在 ASTM 标准体系中，关于牌号的命名也是如此。例如，ASTM B551《锆及锆合金薄板、厚板和带材》中的 702 和 705 分别与 ASTM B752-06 中 702C 和 705C 在成分和命名上均有一定得对应关系。这种对应关系同时在 ASME 相关标准中也得到体现。

标准中规定的锆及锆合金铸件牌号和化学成分以及与 ASTM 对比详见表 2。

表 2

牌号		本标准 ZZr-3	ASTM B752-06	本标准 Zr-5	ASTM B752-06	
化学成分	主要元素	Zr	余量	余量	余量	
		Zr+Hf	≥98.8	≥98.8	≥95.1	≥95.1
		Hf	≤4.5	≤4.5	≤4.5	≤4.5
		Nb	--	--	2.0~3.0	2.0~3.0
		Fe+Cr	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
	杂质元素, 不大于	O	0.25	0.25	0.30	0.30
		C	0.10	0.10	0.10	0.10
		H	0.005	0.005	0.005	0.005
		N	0.03	0.03	0.03	0.03
		P	0.01	0.01	0.01	0.01

本标准明确了“Zr+Hf”含量为 100%减去除 Hf 以外的表中规定检验的其他元素分析值。而 ASTM 标准无此规定。

2.4 外形和尺寸

2.4.1 由于铸件的特殊性，无法规定其具体的形状、尺寸以及尺寸允许偏差，按照国内外铸造行业的惯例，通产以合同（或订货单）中附以“铸件图样”的方式进行。因此本标准也选用了此种方法。从长期的供货经验来看，为保证供需双方的共同利益，同时确保铸件图样的有效性（实际供货中曾发生过由于需方未能及时提供最新的铸件图样，造成供方产生大量的损失），铸件图样必须经由供需双方签字认可，因此本标准在此特意强调了此项规定。本标准规定为“**铸件的外形和尺寸应符合双方会签的铸件图样的规定**”。

上述规定与 ASTM B725 中的规定基本一致，但 ASTM B725 没有说明为“**双方会签**”。

2.4.2 为了给需方在铸件设计中提供一定的指导，同时便于未注尺寸一致性检验需求，本标准给出了尺寸允许偏差的要求。目前锆及锆合金的生产方式主要包括熔模精密铸造和石墨机加型铸造，这两方式生产出的铸件精度有差异。因此，本标准对此类尺寸的允许偏差分别按照熔模精密铸造和石墨机加型铸造进行了规定。具体为“**当合同（或订货单）或铸件图样中未做规定时，采用熔模精密生产的铸件尺寸公差应符合 GB/T 6414 中 CT6 级的要求，石墨机加型生产的铸件尺寸公差应符合 GB/T 6414 中 CT10 级的要求**”。

ASTM B725 中无上述规定。

2.5 性能

2.5.1 室温力学性能

ASTM 标准将铸件的室温力学性能作为附录内容，且仅当用户要求并在合同（或订货单）中注明时才予以检测。考虑到国内具体的情况，本标准将室温力学性能作为必检项目。通过统计和分析大量的实测数据，铸件的铸态拉伸性能略高热等静压和热等静压+退火态的性能，且均能满足标准规定值。因此本标准规定的室温力学性能适用于所有供货状态。本标准规定的考核数值与 ASTM 规定完全一致。规定数值及对比详见表 3。

上述规定与 ASTM B752 的规定一致。

表 3

标准	牌号	抗拉强度 R_m , MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$, MPa	断后伸长率 A_{50mm} , %	布氏硬度, HB
本标准	ZZr-1	≥ 380	≥ 276	≥ 12	≤ 210
ASTM 标准	702C	≥ 380	≥ 276	≥ 12	≤ 210
本标准	ZZr-5	≥ 483	≥ 345	≥ 12	≤ 235
ASTM 标准	705C	≥ 483	≥ 345	≥ 12	≤ 235

2.5.2 布氏硬度

ASTM 标准将铸件的布氏硬度作为附录内容，且仅当用户要求并在合同（或订货单）中注明时才予以检测。从近年来国内的供货情况来看，有一部分的用户需要考核布氏硬度。综合考虑后，本标准同样提出了布氏硬度的要求，但未作为必检项目，仅当用户要求并在合同（或订货单）中注明时才予以检测。规定数值及对比详见表 3。

上述规定与 ASTM B752 的规定一致。

2.6 表面质量

由于铸造产品的特殊性，铸件本身表面质量差异较大。因此本标准对铸件表面质量按照生产水平、工艺特点进行了规定。具体如下：

- a) 铸件应修整毛刺，表面光洁，不得有粘砂现象。
- b) 允许采用打磨或其他机械方法清除铸件表面毛刺和轻微流痕、冷隔等缺陷，清理部位应圆滑过渡，且应保证铸件允许的最小厚度。
- c) 非加工表面的浇冒口应采用打磨或其他机械方法予以去除；待加工表面的浇冒口残余量不允许高出相邻面 5mm。
- d) 铸件的加工划线的基准表面部位应平整，其轮廓尺寸应符合铸件图样的要求。
- e) 铸件上不允许有裂纹、冷隔及穿透性缺陷。

上述规定与 ASTM B752 的规定基本相当，个别要求高于 ASTM 标准。

2.7 修整和补焊

由 2.1 条可知，产品可通过补焊的方式进行修复。但补焊过程是非常重要的，恰当的补焊方式和合理补焊工艺可以修复铸件的缺陷，反之将造成产品性能下降甚至导致产品报废。因此 ASTM 标准提出了补焊的相关要求，并且明确指出 702C 补焊后可不进行退火处理，705C 补焊后必须进行退火处理。本标准通过汇总国内的实际情况提出，凡是实施了补焊的铸件均应退火处理。具体要求如下所述：

2.7.1 铸件的修整

允许用打磨或其它机械加工的方法去除铸件上的任何缺陷，但修整后的铸件尺寸应符合铸件图样的要求。

2.7.2 铸件的补焊

- a) 除非合同（或订货单）或铸件图样中规定不允许补焊的部位以外，铸件上便于操作的部位均允许采用补焊的方法进行修补。
- b) 铸件应采用钨极氩弧焊或需方认可的其它补焊工艺进行补焊。
- c) 补焊由具有焊工资格证的人员操作。
- d) 用于补焊的焊丝的化学成分应符合表 2 中相应牌号的要求。
- e) 同一位置的补焊次数不超过两次。
- f) 对于下列几种情况应在补焊前得到需方的认可，并提供焊接修补的补焊图。否则不得进行补焊。
 - 在铸件压力测试发生渗漏的修补；
 - 当焊接坡口加工深度超过铸件实际壁厚的 20%或 25.4mm（选择其中较小值）；
 - 当孔洞的表面积超过 6500mm²。

2.8 内部质量

ASTM 对铸件内部质量没有做必检项目，仅在附录中提及，规定为当用户要求并在合同（或订货单）中注明时才予以检测，但具体的验收级别还需要供需双方协商确定。本标准沿用了此条规定。具体规定如下：

用户要求并在合同（或订货单）或铸件图样中注明时，铸件应采用 X 射线法对可执行部位进行检查，验收级别由供需双方协商确定。

2.9 其他

本标准规定的铸件的检验规则包括铸件成分取样、力学性能取样的要求。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告

通过大量的生产供货情况分析，满足本标准要求的铸件同样可以满足一般用途的国外订货需求。因此，符合本标准规定的实物达到了国外相同产品水平。

四、标准水平分析

1. 采用国际标准和国外先进标准的程度

目前出口锆及锆合金铸件基本采用美国 ASTM B752-06 标准进行订货，本标准在制定时主要参考了 ASTM B752-06，其中化学成分、力学性能、表面质量、内部质量、修整与补焊等要求与 ASTM 标准相当或略高，本标准与该标准除附录（非必检项）以外的内容基本相同。

2. 国际、国外同类标准水平的对比分析

由本编制说明第二章“标准编制原则和确定标准主要内容的论据”的对比情况可以看出，本标准与国外先进标准 ASTM 有以下主要差异：

- a) 本标准规定牌号的化学成分与 ASTM 和 ASME 标准相应牌号的要求一致；
- b) 本标准规定规格的尺寸及尺寸允许偏差与 ASTM 标准相当；
- c) 本标准规定的铸件表面质量与 ASTM 标准的要求相比，基本一致。
- d) 本标准规定将力学性能作为必检项目，而 ASTM 标准规定仅为要求时才检验。

通过以上对比分析可见，本标准的制定属于国际先进水平。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术指标的选定、检验项目的设置符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性标准实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）：

建议标准发布后及时组织相关单位开展标准的宣贯，并向设计和制造单位大力推广使用本标准，以便更好的推广锆及锆合金铸件的国产化进程，促进行业的健康发展，进一步提高和完善我国锆及锆合金铸件生产、装备、技术水平。

九、废止现有有关标准的建议

无。

十、预期效果

本标准的发布实施，将进一步完善了我国锆及锆合金标准体系；推进锆及锆合金铸件的国产化进程；为国内锆设备用铸件的选材、质量控制提供指导；同时可促进行业的健康发展，进一步提高和完善我国锆及锆合金铸件生产、装备、技术水平。

2011-11-5