《铪棒和铪丝》

编制说明（讨论稿）

1.工作简况

1.1项目必要性简述

金属铪有许多用途，在核工业中，铪常被用作控制棒材料。在一般工业中，铪大量应用于等离子切割机作为切割电极，还常常被航空、航天材料的合金添加剂。是高新技术产业部门不可缺少重要的材料。

近年来随着材料行业的不断发展，铪的应用范围不断扩大，市场需求量也在不断增加，铪产品的供货大都以棒材和丝材状态供货，而行业内缺少统一的标准，均是采取供需双方协商的技术协议或依照ASTM B737执行，不同供应商提供的产品质量和价格差异较大，对最终用户的产品质量稳定性影响也较为突出，有必要建立统一的技术规范。

1.2适用范围

本标准适用于核工业和一般工业用铪棒和铪丝。铪的物理化学性质与锆很相似，但其核性能和锆相比却非常悬殊，铪的热中子吸收截面是锆的500多倍，而且铪在经过长期辐照后，其热中子吸收截面无明显下降。铪还具有耐高温耐腐蚀和优良的力学性能，在酸碱中的耐蚀性能也很好。

铪在核反应堆中被用作控制材料。目前，几乎所有的船用水冷反应堆均使用原子能级纯铪作为控制棒。此外，应用于偏远地区中小型电网、海水淡化、工业供热、居民供暖等的小堆也普遍使用原子能级铪作为控制棒，一些高通量的研究试验堆也使用原子能级铪作为控制棒。原子能级铪丝主要用于铪控制棒的连接结构销钉等，此外也是制备原子能级铪锭的辅助材料，如碘化提纯过程的母丝，熔炼过程中电极的捆扎丝。

在一般工业领域，铪丝在等离子切割机上用作切割电极，这是铪的第二大应用领域，使用铪丝用于空气等离子切割机，切割表面光洁，变形小、精度高、热影响区域小，切割质量接近于激光切割水平。铪丝还可作为焊料或合金添加料，用途广泛。

1.3可行性

国核宝钛锆业股份公司早年开展了大量铪棒材加工工艺研究工作，目前产品质量稳定，工艺条件成熟，并持续交付产品十多年。

1.4拟要解决的主要问题

1.4.1任务来源

根据国标委综合【2017】128号《国家标准委关于下达2017年第四批国家标准制修订计划的通知》要求，由国核宝钛锆业股份公司起草《铪棒和铪丝》国家标准，项目计划编号为20173775-T-610，计划完成年限2019年。

1.4.2标准项目编制单位

国核宝钛锆业股份公司（以下简称“国核锆业”）由国家核电技术公司和宝钛集团有限公司于2007年11月共同出资组建，归口国家核电技术公司管理。

国核锆业是集研发与生产为一体的核级锆/铪材专业化公司，产业体系涵盖核级海绵锆/铪生产，包括合金熔炼、坯料制备及返回料加工，管、棒、板、带材成品制造等完整的核级锆材产业链。公司的发展目标是：成为代表国家行业能力、具有世界先进水平的国家核级锆/铪材研发、生产、营销和服务中心。

国核锆业核级锆材生产线自2009年8月8日开始陆续开工建设，经过几年的艰苦创业，目前全套生产线已全部竣工，形成了一整套完整、科学、对接世界一流标准的核级锆材生产技术体系与质量保证体系，已完全具备了核用及非核用产品的批量生产能力。2012年，国核锆业核级锆材生产线全面正式投产。

依托于国核宝钛锆业股份公司而设立的“国家能源核级锆材研发中心”，于2009年11月被国家能源局正式批准授牌，由此国核锆业成为集生产制造平台、科技研发平台和理化检测平台为一身的高科技领军企业。中心具有世界先进水平的实验室研究、中试和产业化研究平台，已成为核级锆材基础技术研究、应用技术开发及检验检测设施齐备的国家级综合性研发与检测机构。

国核锆业通过技术引进、吸收和再创新，正在成为具备拥有各种堆型核级锆材生产技术、门类齐全、能够满足市场各类需求的综合性供应厂商。

1.4.3 主要工作过程

国核锆业接到有色标委下达的制订任务后，立即组建了《铪棒和铪丝》国家标准编写组，编写组成员单位有中国有色金属工业标准计量质量研究所、西北锆管有限责任公司、南京佑天金属科技有限公司、西部超导材料科技股份有限公司。编制组对标准之间的相互关系、应用需求和国内制造水平进行了分析和研究，结合我国对铪棒和铪丝的实际应用需求、技术发展方向和生产技术现状形成了本标准意见征求稿，将其发送相关单位征求意见，并根据意见情况对标准进行认真修改，形成《铪棒和铪丝》讨论稿。

2018年7月在乌鲁木齐会议上对标准讨论稿进行了认真、细致的讨论，会上来自宝钛集团有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、宝钢特钢有限公司等单位的专家代表提出了标准修改意见，经过认真讨论，对标准讨论稿进行了修改、补充和完善，形成标准送审讨论稿。

2. 标准编制原则

本标准在编制时，从标准之间的相互关系、应用需求和国内制造水平等几个方面进行了分析研究。标准协调性方面，本标准定位于民用核电领域和一般工业领域，是通用的基础要求。核工业领域，充分考虑了铪棒和铪丝的应用及未来发展方向，同时考虑了与《XX用铪棒材及丝材规范》（计划号16ZF454）国家军用标准的关系，本标准的编制时应避免与其冲突。应用需求方面，民用核电领域及一般工业领域，产品技术指标更倾向于采用ASTM B737《热加工及冷加工铪棒和铪丝》。国内制造水平方面，我国铪材制造企业多有军工背景，及技术能力完全可以满足ASTM B737的要求。

综合上述考虑，并结合国内生产制造经验，本标准修改采用ASTM B737《热加工及冷加工铪棒和铪丝》协会标准。标准的编制原则如下：

a）本标准所涉及的内容涵盖民用核电及一般工业用途，技术水平不低于当前的国际水平；

b）标准应严格按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的规定进行编写。

3. 标准主要内容的论据

3.1 产品分类

参考ASTM标准分类方法，将φ9.5mm以下规格定义为丝材，φ9.5mm以上φ25mm以下规格定义为棒材。棒材和丝材的交货状态均为再结晶退火态，一般产品交货表面为无心磨或酸洗表面。

3.2 化学成分

本标准共涉及2个牌号，分别是Hf-01和Hf-1，分别对应ASTM标准中的Gr.R1和Gr.R3。Hf-01应用于核工业，Hf-1应用于一般工业，化学成分参考了ASTM标准，详见下表。

表 质量分数（%）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分 类 | 核工业 | 一般工业 |
| 牌 号 | Hf-01 | Hf-1 |
| 主要成分 | Hf | 余量 | 余量 |
| 杂质，不大于 | Al | 0.010 | 0.050 |
| C | 0.015 | 0.025 |
| Cr | 0.010 | 0.050 |
| Cu | 0.010 | — |
| H | 0.0025 | 0.0050 |
| Fe | 0.050 | 0.0750 |
| Mo | 0.0020 | — |
| Ni | 0.0050 | — |
| Nb | 0.010 | — |
| N | 0.010 | 0.0150 |
| O | 0.040 | 0.130 |
| Si | 0.010 | 0.050 |
| W | 0.020 | — |
| Sn | 0.0050 | — |
| Ti | 0.010 | 0.050 |
| Ta | 0.0150 | 0.0150 |
| U | 0.0010 | — |
| V | 0.0050 | — |
| Zr a | 3.5 | 3.5 |
| a Zr含量也可按供需双方协商一致的要求执行。 |

铪中最主要的杂质是锆，而在某些应用方面会影响铪的性能，如等离子切割用铪丝如锆含量较高会影响其使用寿命，所以标准中对锆含量规定为供需双方协商。

3.3 尺寸及允许偏差

棒材或丝材直径允许偏差如下表。

表 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 直径 | 允许偏差 |
| ≤4.8 | ±0.05 |
| ＞4.8～16 | ±0.08 |
| ＞16～19 | ±0.10 |
| ＞19～25 | ±0.13 |

产品的长度允许偏差应符合下表的规定。

表 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 直径 | 允许偏差 |
| ＜1000 | 1000～4000 | ＞4000 |
| ≤9.5 | +6,0 | +13,0 | +19,0 |
| 9.5～25 | +6,0 | +9,0 | — |

产品的弯曲度要求应符合下表的规定。

表 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 直径 | 允许偏差 |
| ≤9.5 | ≤1.6/1000 |
| 9.5～25 | ≤1.0/1000 |

3.4 力学性能

核工业用棒材应进行室温力学性能试验。由于高温应用与棒材产品的应用设计有关，高温力学性能由供需双方可协商确定。拉伸试验采用0.003~0.007（mm/mm/min）的应变速率，通过屈服点后，应变速率可增加到0.05mm/mm/min，直至试样断裂。

表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 试验温度℃ | 抗拉强度Rm / MPa  | 规定塑性延伸强度Rp0.2 / MPa  | 断后伸长率A50 / % |
| Hf-01 | 再结晶退火 | 室温 | ≥400 | ≥150 | ≥22 |

结构件用丝材也需要进行力学性能试验，具体要求由供需双方协商。

3.5 腐蚀性能

针对核工业用棒材应进行腐蚀性能试验，试样条件选取在360℃，18.5MPa水蒸汽中进行672h腐蚀，经腐蚀试验后，试样增重不得超过10mg/dm2。由于设计应用条件的不同，对其他试验条件，由供需双方协商。

3.6 表面质量

丝材表面应清洁，不允许有裂纹、起皮、起刺和夹杂等。丝材允许有轻微的不超过丝材允许偏差的局部划伤、擦伤、斑点和凹坑等。

棒材表面应清洁，无外来物，表面不允许有横向裂纹和纵向劈裂，允许深度不超过尺寸允许偏差之半的划痕、压痕和麻点。

3.7 超声波检测

结合实际需求和生产经验，本标准较ASTM标准增加了超声波检测要求，对于核工业用铪棒应进行超声波检测，超声波检测方法应符合GB/T 34485的规定，其验收级别由供需双方协商确定。

4 标准水平分析

在公开发行技术标准中，与铪棒和铪丝相关的标准十分有限，本标准修改采用ASTM B737，其中，尺寸及公差加严控制，同时明确了超声波检测要求，本标准整体技术水平优于ASTM标准。

5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

6 标准中的专利及涉及知识产权

本标准起草过程中，没有检索到专利和知识产权问题。

7 分歧意见的处理经过和依据

编制组严格按既定的编制原则进行了编写，本标准起草过程中未发生重大的分歧意见。

8 标准用为强制性或推荐性国家标准的建议

本标准规范了铪棒和铪丝的主要技术指标，在执行时，也可根据设计或用户要求，对一些指标等方面需做出进一步的特殊要求。因此，建议本标准作为推荐性国家标准发布实施。

9 贯彻标准的要求和措施建议

无

10 废止现行有关标准的建议

无

11 其它应予以说明的事项

无

《铪棒和铪丝》编制工作组

2018年6月