

# 行业标准《铪铸锭》

编制说明（预审稿）

## 一、工作简况

### （一）任务来源

1.1 计划批准文件名称、文号及项目编号、项目名称、计划完成年限、编制组成员

根据 2022 年 5 月 13 日,工业和信息化部办公厅《工业和信息化部办公厅关于印发 2022 年第一批行业标准制修订和英文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2022〕94 号）的要求,行业标准《铪铸锭》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口,项目计划编号:2022-0226T-YS,项目周期为 24 个月,完成年限为 2024 年 5 月。本标准由国核宝钛铝业股份公司、有研资源环境技术研究院（北京）有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司负责起草。

### （二）研究背景

铪是重要的战略材料,国家非常重视铪产业的发展。金属铪具有优异的核性能,在核反应堆中被用作控制材料。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。

由于铪的高熔点和高发射能力,在非核工业中,可用铪制作白炽灯丝,X 射线管阴极高压气体放电管的电极,以及整流器原件。铪还常常被航空、航天材料的合金添加剂。添加少量铪可以提高难熔金属合金如钽-钨合金、铌铪、钼合金等耐热合金的强度和耐热性能。也是其他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,铪铸锭标准的制定,可为其生产和使用提供质量和检验依据。

### （三）主要参加单位和工作成员及其所作的工作

3.1 主要参加单位情况

标准主编单位国核宝钛铝业股份公司在标准的编制过程中,能积极主动收集国内外铪标准,负责项目的总体实施和策划,公司能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本,征求多家企业的修改意见,编制实测数据统计表,最终带领编制组完成标准的编制工作。

有色金属技术经济研究院有限责任公司为本标准提供理论研究基础,并为国内外铪铸锭标准查询对比工作提供有力支持。

有研资源环境技术研究院（北京）有限公司积极参加标准调研工作,配合主编单位开展大量的现场调研、取样、开展各种试验工作,为标准编写提供了真实有效的实测数据,

针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见，并对标准中铪铸锭的技术指标进行严格把关。

### 3.2 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表 1 主要起草人及工作职责

起草人	工作职责
王晨阳	负责标准的编写及组织协调
岳强	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
高博、胡旭坤	负责提供企业的现场调研,配合标准编写开展现场试验验证及数据积累
白智辉	提供理论支撑,并对国内外铪铸锭标准对比提供支持
罗远辉	指导企业现场检验的规范化并编写标准试验验证数据的对比分析
于海慧、段俊婷	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关

## (四) 工作过程

### 1 预研阶段

2020 年 3 月至 2021 年 3 月, 由国核宝钛锆业股份公司、有研工程技术研究院有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司对国内铪铸锭生产现状进行了调研, 具体内容为: 了解国内铪铸锭的技术水平、检测及应用情况, 与企业技术人员深入讨论技术标准的具体技术要求, 根据调研情况, 由主编单位整理并编制形成了《铪铸锭》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

### 2 立项阶段

2021 年 3 月, 国核宝钛锆业股份公司向全体委员会议提交了《铪铸锭》行业标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料, 全体委员会议论证结论为同意行业标准立项。

2022 年 5 月 13 日, 工业和信息化部办公厅下达了制定《铪铸锭》行业标准的任务, 计划编号为 2022-0226T-YS, 完成年限为 2024 年, 技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

### 3 起草阶段

国核宝钛锆业股份公司在接到标准制定任务后, 成立了标准编制组, 对标准编写工作进行了部署和分工, 主要工作过程经历了以下几个阶段。

2022 年 8 月 24 日, 由全国有色金属标准化技术委员会组织, 在湖北省宜昌市组织召开了《铪铸锭》制定任务落实会议, 主编单位对标准的主要技术要求以及编制进度进行了汇报, 各相关单位对标准的技术指标进行了充分讨论, 并确定了标准的编制成员。

依据此次会议精神, 编制组及时修改了标准文本, 形成了《铪铸锭》标准讨论稿及编制说明。

### 4 征求意见及审查阶段

编制组通过发函、中国有色金属标准质量信息网上公开和会议等形式对行业标准《铈铸锭》（征求意见稿）征询意见。

2023年3月14日，在全国有色金属标准化技术委员会组织的海南月度工作会上，有研资源环境技术研究院(北京)有限公司、西部超导科技材料有限公司、西安诺博尔稀贵金属股份有限公司、西北有色金属研究院、宝集团股份有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司等单位参加了会议。

征求意见阶段，共向 15 家单位发送了《铈铸锭》(征求意见稿)，收到回函的单位数为 15 家，回函并有建议或意见的单位数为 9 家，详见征求意见稿意见汇总处理表。征求意见范围广泛且具代表性，编制组根据意见对征求意见稿进行修改完善，于 2023 年 7 月形成了《铈铸锭》(预审稿)。

## 二、标准编制原则

本标准在编制时，主要参考了生产技术协议标准，结合市场调研，完成了标准文稿的编制工作。同时，项目组确定出以下主要原则：

- a) 标准应严格按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定格式进行编写。
- b) 产品的技术指标应均得到相应印证，确保合理性。

## 三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

### (一) 确定标准主要内容的论据

产品化学成分等相关技术要求主要通过对我国铈铸锭生产及使用情况进行了分析和归纳，以近年来铈铸锭的加工水平和相关企业的技术协议、企业标准，形成了该行业标准。同时结合生产工艺特点、生产成本及市场调研情况，确定了相关指标及技术要求。

#### 1 适用范围及产品规格的规定

铈铸锭通常以海绵铈或晶条铈为原料，采用不少于两次电子束熔炼方式制造。电子束熔炼在高真空下，利用高速电子束流轰击金属端面，高速电子束流的动能转换为热能使金属熔化，并通过调节功率和熔炼速率使熔池保持较高的温度，在熔炼过程中熔体能够充分脱气、除杂，最终冷凝成纯度较高金属锭。通过 2 次电子束熔炼能有效地去除难熔金属中的低沸点、高饱和蒸汽压杂质，以及 C, N, O 等气体杂质。同时，铸锭按自下而上顺序凝固也能有效地促使密度较小的杂质元素上浮，而且电子束可控性好，可以保证熔池温度均匀，有效控制熔体化学成分，得到表面质量和结晶组织优良的金属铈锭。本标准规定适用于经不少于 2 次电子束熔炼所生产的铈铸锭。目前国内生产铸锭直径范围在  $\Phi 150\text{mm} \sim \Phi 220\text{mm}$ ；铸锭长度通常不小于 300mm

## 2 技术要求

### 2.1 化学成分

钎铸锭通常经过锻造、挤压、轧制、退火及表面处理等工序制成控制材产品。在使用钎铸锭制备钎控制材产品过程中，大多数为压力加工工序，一般不会引入其它杂质元素，因此钎铸锭主要杂质元素要求通常与成品材保持一致；在热加工及热处理工序中，产品表面会与环境相接触，气体元素 O、N、H 含量有可能发生变化，但经过后续表面处理工序，可有效去除影响。规定钎铸锭的化学成分与成品钎材保持一致。铸锭化学成分见表 2。

表2 化学成分 质量分数/%

类别		一般工业	核工业
牌号		Hf-1	Hf-01
主要成分	Hf	余量	余量
杂质， 不大于	Al	0.050	0.010
	B	—	—
	C	0.025	0.015
	Cd	—	—
	Co	—	—
	Cr	0.050	0.010
	Cu	—	0.010
	H	0.005 0	0.002 5
	Fe	0.075 0	0.050
	Mg	—	—
	Mn	—	—
	Mo	—	0.002 0
	Ni	—	0.005 0
	Nb	—	0.010
	N	0.015 0	0.010
	O	0.130	0.040
	Pb	—	—
	Si	0.050	0.010
	Sn	—	0.005 0
	Ta	0.015 0	0.015 0
	Ti	0.050	0.010
U	—	0.001 0	
V	—	0.005 0	
W	—	0.020	
Zr <sup>a</sup>	3.5	3.5	

<sup>a</sup> Zr 含量也可按供需双方协商一致的要求执行。

检测方法方面，长期以来协议要求规定了钎化学成分分析方法按照供需双方协商方法执行，相关企业标准已用于金属钎的化学成分分析。2021 年发布了行业标准 YS/T 1467.1~12《钎化学分析方法》，其中，第 7 部分：硅量的测定（0.0010%~0.050%），第 9 部分：

氢量的测定(0.0010%~0.0080%)，第10部分:氧量的测定(氧:0.0010%~0.15%，氮:0.0005%~0.030%)，第11部分:碳量的测定(0.001%~0.10%)，第12部分:痕量杂质元素的测定(电感耦合等离子体质谱法，铝、硼、镉、钴、铬、铜、铁、镁、锰、钼、镍、铌、铅、锡、钽、钛、铀、钒和钨:0.0001%~0.010%)。其中，本文件中铝、铬、铁、钽、钛、钨超出方法检测范围，且缺少钨元素分析检测。故检测方法规定为:化学成分应按照YS/T 1467的规定进行，超出YS/T 1467测定范围的及钨元素按供需双方协商一致的方法进行。

## 2.2 外形尺寸

铪铸锭的外形尺寸主要包括铸锭直径和铸锭长度。铸锭外径与熔炼炉最大功率坩埚尺寸有关，目前，国内生产铸锭直径范围在 $\Phi 150\text{mm}$ ~ $\Phi 220\text{mm}$ ；铸锭长度通常不小于300mm，铸锭长度太短不利于锻造加工并对成品率有一定影响。

另外，在实际采购、供货时，也可根据实际需求或设备能力，按照合同中协商的供货尺寸要求执行。

铸锭表面存在的缺陷可通过表面机加工等方式去除，去除缺陷后，相应部位的铸锭直径会发生变化。考虑到铸锭直径对锻造工艺的影响及可能造成折叠缺陷等影响，通常要求同一个铸锭的最大和最小直径之差不应超过最大直径的10%。

## 2.3 超声检验

在结束熔炼时，熔池逐渐冷却凝固，在凝固过程中易在铸锭头部中心位置形成真空空腔，一般称铸锭缩孔。通常采用超声波脉冲入射接触法标识铸锭的缩孔位置。根据用户需要，可选择对缩孔位置进行物理标识或通过机加工方式去除铸锭缩孔。在长期生产实践中，采用 $\Phi 3.5\text{mm}$ 平底孔进行超声检验，如发现缩孔信号，采用记号笔在铸锭周向进行缩孔位置的标识。

长期以来，超声波检验采用纵波脉冲反射法进行检测。探头选用1MHz—5MHz纵波直探头，检验采用 $\Phi 3.5\text{mm}$ 平底孔试块或利用铸锭圆周面进行大平底算法来调节灵敏度，基准波幅设置在荧光屏满屏高度的50%~90%范围内。缩孔检测在铸锭缩孔端车光的周面间隔一定角度选轴向扫查线扫查，如没找到缩孔信号，可适当增加轴向扫查线。

## 2.4 外观质量

为避免铪铸锭在后续锻造加工过程中产生表面裂纹，表面折叠等缺陷，提高成品率，铸锭应以机加工表面交货，头、尾两端的棱角应进行倒角处理，机加工后铸锭表面粗糙度 $R_a$ 应 $\leq 6.3\mu\text{m}$ 。经机加后铸锭表面不允许残留氧化、冷隔、结疤及肉眼可见的气孔等缺陷，不允许存在机加台坎。铸锭表面存在的局部缺陷允许采用刨铣、打磨等方法清除，缺陷清除后需要经过圆滑过渡，防止缺陷处理区域在后续加工过程中造成折叠缺陷等影响，参考

钛、锆有色金属铸锭国家标准的规定和长期以来的生产实践，规定铸锭局部清理部位应圆滑过渡，深宽比不大于 1:8，清理深度不大于 10mm。铸锭端面应平整。

## (二) 主要试验（或验证）情况分析

本规范规定的铈铸锭已经多年的批量生产和实际应用，生产工艺成熟、产品质量稳定。大量的生产、检验和用户复验情况表明：产品的各项指标均能满足本规范的要求，同时产品质量也能满足用户后续的使用需求。验证试验情况充分说明本规范的技术内容与技术指标科学、合理。

表 3 化学成分实测值

化学成分		企业A	企业B
杂质， 不大于	Al	≤0.001	<0.0012
	B	<0.0005	<0.0001
	C	0.001-0.002	<0.005
	Cd	<0.00005	<0.00005
	Co	<0.001	<0.0012
	Cr	<0.001	<0.0012
	Cu	<0.001	<0.0040
	H	<0.0005	<0.0007
	Fe	<0.005	<0.0012
	Mg	<0.001	<0.0012
	Mn	<0.001	<0.0012
	Mo	<0.002	<0.001
	Ni	≤0.001	<0.0012
	N	0.001-0.002	0.002-0.004
	O	0.001-0.009	0.02-0.04
	Pb	<0.001	<0.0012
	Si	<0.001	<0.0012
	Sn	<0.001	<0.0012
	Ti	<0.001	<0.0012
	W	<0.003	<0.001
Zr <sup>a</sup>	0.33-0.68	0.68-2.9	

## 四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

## 五、预期达到的社会效益等情况

国内铈铸锭生产工艺和设备稳定成熟，产品基本定型。研究制定铈锭标准，确定其要求、检验内容和试验方法，不仅可为铈锭产品质量保证提供依据，促进其生产、市场和贸易发展，而且有利于扩展其在多种领域的应用。另外，可以配套 GB/T 38524《铈棒和铈丝》

进一步完善的金属钎产品标准体系，对规范国内钎材市场有重要的指导意义，本标准属于国内先进。

## 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

经查询，尚未查询到国内外已发布实施钎铸锭的相关产品标准。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

新制定的《钎铸锭》从技术上保证了产品使用的安全性和可靠性，条文精炼，表述清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合 GB/T 1.1-2020 的有关要求。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

## 九、标准性质的建议说明

本标准规定的钎铸锭，不涉及人身及设备安全的内容，其属产品标准，不属于安全性标准。依据标准化法和有关规定，建议本标准的性质为推荐性行业标准。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

1、首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个制造厂、设计单位以及检测机构等都能及时获取本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次制定的《钎铸锭》，不仅与生产企业有关，而且与检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3、可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4、建议本标准批准发布 6 个月后实施。

## 十一、废止现行有关标准的建议

无。

## 十二、其他应予说明的事项

本标准发布实施后，将有力的推进钎铸锭的国产化进程，提高国内钎铸锭的整体质量水平，同时，也将促进该行业的健康、可持续发展、进一步提高和完善我国钎铸锭的生产、装备、技术水平。

《铅锭》标准编制组