

团 体 标 准

T/CMES XXXX—XXXX

舰船推进系统关重件增材再制造材料制备方法

合金制备

Additive remanufacturing of key spare parts materials for ship
propulsion systems

Alloy Preparation
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目 次

目 次.....II

前 言.....III

引 言.....IV

舰船推进系统关重件增材再制造材料制备方法 合金制备5

1 范围5

2 规范性引用文件.....5

3 术语和定义.....5

4 合金牌号.....5

5 要求5

6 铁基非晶合金制备工艺流程及规范.....6

中国机械工程学会标准征求意见稿

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何专利的鉴别。

本文件起草单位：中国科学院金属研究所、哈尔滨工业大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、中国兵器工业标准化研究所、哈尔滨工程大学、航天海鹰（哈尔滨）钛业有限公司、中国船舶集团有限公司第七〇三研究所、安徽哈特三维科技有限公司、安徽铭谷激光智能装备科技有限公司。

本文件起草人：杨柏俊，韩冬，王亮，赵春志，赵阳，赵成森，徐丽，陈卓，王佳典，陈齐，刘桐，高雪松。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引 言

舰船推进系统作为舰船装备的核心装置，其稳定性直接决定了舰船装备运行的可靠性和在航率。然而，其关重件在高负载、高温和重腐蚀等恶劣使役环境下频繁发生磨损、冲击、腐蚀及疲劳等损伤失效，影响装备的稳定运行，因此，实现对舰船推进系统损伤关重件的快速高质量修复已成为迫切需求。

铁基非晶合金因其卓越的机械性能，强耐腐蚀性，良好的软磁性能，有望应用于舰船推进系统损伤关重件的增材再制造修复领域。然而，由于部分企业或科研院所对非晶母合金质量控制能力有限，不能自产高质量的铁基非晶母合金材料，因此促生了铸造铁基非晶母合金的市场需求。在此背景下，本标准的制定旨在满足航空、航天、兵器、船舶等高端领域增材再制造用高质量铁基非晶母合金的制备方法、质量控制和一致性检验规则，促进相关产业的健康和稳定发展，为舰船推进系统关重件增材再制造修复提供技术保障和指导。

对标准中的具体事项，法律法规另有规定的，需遵照其规定执行。

舰船推进系统关重件增材再制造材料制备方法 合金制备

1 范围

本文件规定了舰船推进系统关重件增材再制造用铁基非晶母合金的术语与定义、牌号、技术要求、质量保证规定、标志、包装、运输和贮存要求等。
本标准适用于航空、航天、舰船、兵器等领域使用的真空高温感应熔炼的铁基非晶合金。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4336-2016 碳素钢和中低合金钢含量的测定
GB/T 14265-2017 金属材料中氢、氧、氮、碳和硫分析
GB/T 19466.3-2004 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定
GJB190-1986 特性分类

3 术语和定义

3.1 舰船推进系统关重件 key parts of ship propulsion system

舰船推进系统中具有关键重要特性的产品，如汽轮机阀杆、叶片、气缸、轴瓦等。

3.2 铁基非晶合金 Iron-based amorphous alloy

由超急凝固技术获得的固态铁基合金，其微结构具有长程无序，短程有序特征，组成它物质的分子(或原子、离子)不呈空间有规则周期性，没有晶态合金的晶粒、晶界存在。

4 合金牌号

铁基非晶合金牌号表示方法如下：

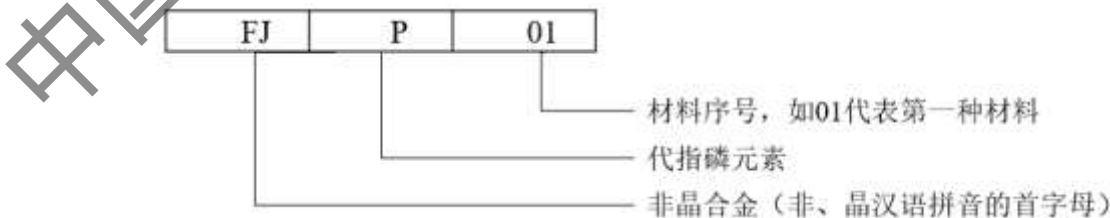


图 1 铁基非晶合金牌号示例

5 要求

5.1 化学成分

非晶合金的化学成分应符合表 1 的规定。对于关键转动部件材料，应按炉批测定氧的含量，并记录在质量证明书中。验收标准由供需双方协商确定。

表1 非晶合金化学成分 wt%

主要成分								杂质含量
Fe	Cr	Mo	P	Ni	B	C	Si	O
余量	17~19	9~15	4~8	0.1~6	0.3~0.9	0.5~1.1	1~2	≤0.05
注：1.元素 Fe、P、Si、Cr、Ni、Mo、B 含量允许偏差为±0.1%，元素 C、O 含量允许偏差为±0.01%。								
2. 其它元素在正常情况下不做检验，但供方应保证。需方要求并在合同中注明时应予以检验。								

5.2 外形尺寸

铁基非晶合金应铸成圆柱形长棒，其直径为 40~ 60mm 或 80mm~110mm，长度应不小于 350mm。若对尺寸规定有特殊要求，由供需双方协商确定。

5.3 交货状态

铁基非晶合金以铸态圆棒供货。

外观质量

- 5.4.1 表面不允许有夹渣和非金属夹杂、外来金属和陶瓷夹杂以及大铸瘤。
- 5.4.2 应切除一次缩孔，残留的二次缩孔直径应不大于 9mm，孔内不应有残渣和脏物。
- 5.4.3 表面应 100%打磨或机加工呈金属光泽，允许局部打磨以清除较深的缺陷。铁基非晶合金以铸态圆棒供货。

5.4 产品标志

每根母合金棒上部端面均应清楚标刻永久性合金牌号（或代号）和炉号，不允许用油漆标记。

6 铁基非晶合金制备工艺流程及规范

6.1 铁基非晶合金制备工艺流程

铁基非晶合金采用真空感应熔炼工艺浇注，应符合专用工艺技术文件的规定，具体工艺流程见图 2。工艺有变化时，应征得需方同意。如需方对熔炼工艺有特殊要求，供需双方可协商确定。

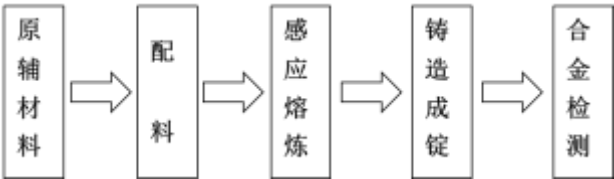


图 2 铁基非晶合金制备工艺流程

6.2 原辅材料

- 6.2.1 原材料的使用应符合 HB/Z 131 的规定，也可根据技术要求供需双方协商。
- 6.2.2 允许使用返回料。返回料应经过高真空精炼及净化处理后浇注成返回料锭，再与新料一起熔铸成母合金。不允许将返回料直接与新料混装熔炼母合金。
- 6.2.3 当使用返回料时，其添加比例应由供需双方协商确定,并在合同中注明。用作特殊关键性传动部件时，返回料锭的使用比例不允许超过 50%，并记录在质量保证书中。

6.3 配料

6.3.1 根据目标合金的成分，选取对应的原辅材料，配制炉料。

6.3.2 炉料配置前，应将附着在原辅料表面的残余杂质/氧化膜/油脂清除干净。

6.4 真空感应熔炼

6.4.1 根据真空感应熔炼炉中坩埚容量，应同时或分批装入炉料。装料前，应保证坩埚及熔炼工具表面干净整洁，无残余金属、氧化皮、变质剂等污物。

6.4.2 炉料装填完毕后，开启感应熔炼炉真空系统，首先将熔炼室真空抽至 10 Pa 以下后充入高纯氩气至 0.06 MPa，如此反复置换氩气三次；然后，开启高真空抽至 5×10^{-2} Pa 以下，充入高纯氩气至 0.04 MPa 以去除残余氧气。

6.4.3 炉料装填完毕后，开启感应熔炼炉真空系统，首先将熔炼室真空抽至 10 Pa 以下后充入高纯氩气至 0.06 MPa，如此反复置换氩气三次；然后，开启高真空抽至 5×10^{-2} Pa 以下，充入高纯氩气至 0.04 MPa 以去除残余氧气。

6.4.3 除气处理后，使用高频感应加热，待合金熔化并升至一定温度(建议温度为)后宜保温约 10 min，以保证合金成分的均匀性。

6.5 浇铸成锭

通过调整熔炼炉机械臂快速将熔体浇铸至预置模具中，防止成分偏析。

6.6 合金检测

6.6.1 合金的化学成分检验按 GB/T 4336-2016、GB/T 14265-2017 规定的方法执行。

6.6.2 合金的尺寸及外形宜适用精度为 1mm 的钢尺等测量工具进行检查。

6.6.3 合金的外观质量和标志检查采用目视及相应测量工具进行检验。

6.6.4 合金检测结果的判定和复检规则见附表 A。

附录 A

(资料性)

合金的判定和复检规则

- A.1 合金的化学成分分析结果不合格时,允许从原母合金棒的上下部分各取一份试样,对不合格元素重复分析,其中只要有一份试样分析结果不合格,该合金判为不合格。
- A.2 若试样内部存在明显的冶金缺陷,导致试验结果不合格时,该试验结果无效,应重新取样送检。
- A.3 尺寸、外观质量不合格时,应判该根合金棒为不合格。
- A.4 产品标识不合格时,应重新进行标识。
- A.5 合金化学成分检测频率为每批次取样一组,同一批原材料、同一制备工艺、连续生产获得的合金视为一个批次。尺寸、外观及标识检测频率为逐根检测。