

中国国际热核聚变实验堆计划采购包专项标准

HJB 1005—2017

铌三锡复合超导线临界电流测试样品 制备方法

**Fabrication technology of Nb₃Sn superconducting strand sample for critical
current tests**

2017 - 01 - 23 发布

2017 - 02 - 23 实施

中国国际核聚变能源计划执行中心 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试剂与材料	1
5 样品骨架	1
6 样品绕制	2
7 样品热处理	3
8 样品焊接	3

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国国际核聚变能源计划执行中心提出并归口。

本标准起草单位：中国科学院等离子体物理研究所。

本标准主要起草人：龙凤、武玉、刘方、刘勃、雷雷。

铌三锡复合超导线临界电流测试样品制备方法

1 范围

本标准规定了Nb₃Sn超导线临界电流测试样品的制备方法。

本标准适用于ITER用Nb₃Sn超导线临界电流测试样品的制备。其它类型Nb₃Sn超导线的临界电流测试样品制备可参照本标准执行。

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 13811 电工术语 超导电性

3 术语和定义

GB/T 13811界定的术语和定义适用于本文件。

4 试剂与材料

4.1 盐酸溶液(浓度约为30%)。

4.2 无水乙醇。

4.3 铅锡焊料(Sn60/Pb40)或者银锡焊料(Sn95/Ag5)。

5 样品骨架

5.1 样品骨架材料

样品骨架材料应由耐高温材料制作,可采用黄铜、不锈钢等金属材料作为样品骨架,推荐采用与Nb₃Sn超导线热膨胀系数接近的Ti-6Al-4V材料作为样品骨架。

5.2 样品骨架结构

5.2.1 在满足测试要求的前提下,样品骨架的直径应足够大,以确保在绕制样品过程中所引入的弯曲应变小于5%。

5.2.2 样品骨架上应刻有螺旋沟槽,沟槽的螺旋角应小于7°,沟槽的深度应至少为超导线直径的一半。骨架沟槽形状建议选取V字形。

5.2.3 ITER用标准样品骨架材料采用Ti-6Al-4V合金,两端固定电流过渡铜环。在样品骨架上刻有90°的V型螺旋沟槽,螺距为3.18 mm,螺纹深1 mm,如图1所示。电流过渡铜环应紧密固定在样品骨架上,以避免固定铜环与骨架间过渡区上的样品产生应力集中。

单位为毫米

- 6.3.2 将样品拉紧，使用张力约 9.8 N，拉力方向与样品旋进骨架沟槽切线方向一致。
- 6.3.3 旋转样品骨架，使样品依次沿着—端铜环、沟槽、另一端铜环的顺序绕制。
- 6.3.4 将样品尾端固定在相应铜环上。
- 6.3.5 绕制完成的样品示例如图 2 所示。

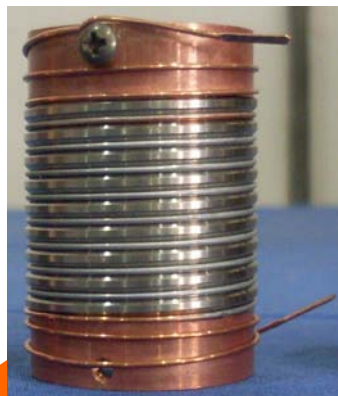


图2 样品绕制完成示例

7 样品热处理

样品的反应热处理应按照生产商的技术说明完成，反应炉中的温度变化应精确控制，不能超过规定限制。

8 样品焊接

8.1 超导线与铜环焊接

- 8.1.1 依次焊接超导线两端到骨架铜环上。焊料使用铅锡焊料 (Sn60/Pb40) 或者银锡焊料 (Sn95/Ag5)。
- 8.1.2 铜环上样品焊接的最小长度应大于 40 mm 和 30 倍样品直径中的较小者，焊在每个电流过渡铜环上的样品不应超过 2 圈。
- 8.1.3 焊接后用无水乙醇 (4.2) 进行清洗并自然干燥。

8.2 电位引线连接

- 8.2.1 对于有铬镀层的超导线，首先去除电位线焊点处镀层，可使用小锉刀、砂纸或者盐酸溶液腐蚀。
- 8.2.2 使用铅锡焊料 (Sn60/Pb40) 或者银锡焊料 (Sn95/Ag5) 焊接电位线。
- 8.2.3 电流焊接部位与用来评定有效临界电流 (I_c) 的电压抽头之间的最短距离应大于 100 mm，电压抽头应焊在样品上。
- 8.2.4 两端铜环处可布置电位线监视整个样品的状态。
- 8.2.5 电位测量线应双绞并且可靠固定。
- 8.2.6 完成的样品示例如图 3 所示。



图3 完成的样品示例