

经验交流

多股 Nb_3Sn 超导小磁体的研制*

北京大学物理系超导材料组

多股 Nb_3Sn 复合导体具有高的电磁和热的稳定性以及低的交流损耗等特点,引起人们广泛的重视。

我系超导材料组 1972 级部分工农兵学员和教师与有关研究所协作,一起研制了多种形式的多股 Nb_3Sn 复合导体,并用“先绕制后扩散”和“先扩散后绕制”二种工艺,绕制了小型超导磁体,获得了初步的良好结果。

本实验所用的多股 Nb_3Sn 复合材料是用 $\text{Cu}-10\text{W}/0\text{Sn}$ 合金为基体,插入 $\text{Nb}-1\text{W}/0\text{Zr}$ 合金芯棒,通过挤压、轧制、拉伸、拧扭,再拉伸或轧制,做成不同规格的线材或带材。最后在 $700-750^\circ\text{C}$ 温度下进行扩散处理,以在 Nb 芯周围生成 Nb_3Sn 层。图 1 至图 3 分别为 37 股线, 19 股线及 37 股带材的横截面的金相照片。

表 1 中给出了磁体数据。绕制磁体所用的材料规格和短样性能列于表 2 中。

多股 Nb_3Sn 复合带材的短样弯曲性能及磁体实验表明,与线材相比,带材具有良好的复绕性能。用这种带材可以采用“先扩散后绕制”的工艺绕制磁体。这对实际使用有重要意义。

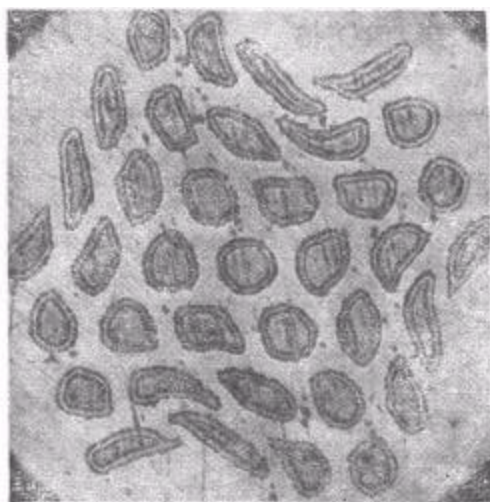


图 1 37 股线的金相照片
每个 Nb 芯周围有一层很薄的 Nb_3Sn 187 $\times$

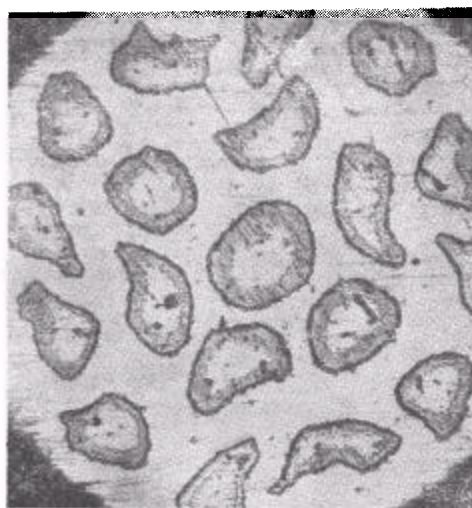


图 2 19 股线的金相照片
每个 Nb 管中心为 Cu , Nb 管与 $\text{Cu}-\text{Sn}$ 基体之间为 Nb_3Sn 174 $\times$

* 1975 年 12 月 1 日收到。

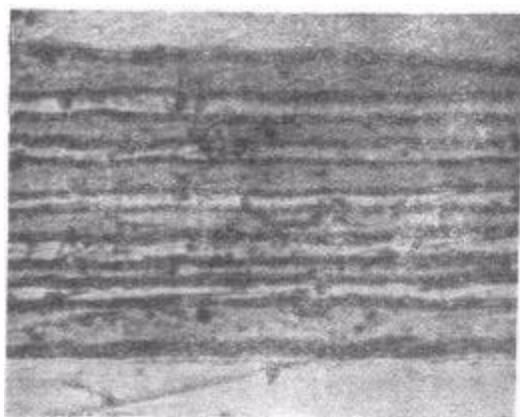
图3 37股带材部分横截面的金相照片 942 $\times$

表1 磁体数据

磁 体	磁 体 参 数				所用材料 长 度 (m)	磁 体 性 能 (4.2k)			绕 制 方 式
	内 径 (mm)	外 径 (mm)	高 度 (mm)	总 匝 数 (匝)		破坏电流 (A)	中心 磁 场 (kGs)		
							计 算	实 验	
A	11	61	85	7519	948	72	7.4	6.8	先绕制后扩散
B	11	61	50	5025	635	58.5	6.0	6.1	”
C	11	65	85	4377	587	91	5.4	5.5	”
D	10	36	37.3	—	90	92.5	3.5	3.3	先扩散后绕制
E	10	53	36	2112	210	74.7	4.1	4.0	”
F	10	65	50	3749	520	68.5	5.2	5.1	”

注: 1. 磁体 A, B, C 层间绝缘用覆高温绝缘涂料的 Cu 箔 ($24\mu\text{m}$), 超导材料表面也覆以高温绝缘涂料; 磁体 D, E, F 层间绝缘用电容器纸。

2. 磁体 F 是将磁体 C 拆开后用其部分带材重新绕制而成的。

表2 绕制磁体用材料规格及短样性能

磁体	材料规格			短样性能 (4.2k, 50 kGs)	
	形状	尺寸 (mm)	股数	破坏电流 (A)	弯曲性能 ¹⁾
A	线材	$\phi 0.47$	37	116	60%($\phi 16$)
B	线材	$\phi 0.46$	19	91	—
C, D, E, F	带材	2.8×0.06	37	131	$\sim 0-3\%$ ($\phi 10$)

1) 弯曲性能以样品在一定直径(例如 $\phi 16$ 或 $\phi 10$) 的圆筒上弯曲后 I_c 的退降率表示。

最近, 国外也报道了用“青铜工艺”法制备的多股 Nb_3Sn 复合线绕制的小型超导磁体(用“先绕制后扩散”法绕制), 达到较高的场强。

THE FABRICATION OF SMALL SUPERCONDUCTING MAGNETS USING MULTIFILAMENTARY Nb_3Sn CONDUCTORS

SUPERCONDUCTING MATERIALS RESEARCH GROUP, DEPARTMENT OF PHYSICS,
BEIJING UNIVERSITY