

核融合実験装置の超伝導工学

目 次

1 序論	-----	1
1.1 核融合特別研究開始以前の超伝導工学	-----	1
1.2 研究態勢と研究成果の概要及び今後の課題	-----	2
2 超伝導線材・導体工学	-----	4
2.1 超伝導材料の電磁特性	-----	4
2.1.1 磁束ピンニング現象概説	-----	4
2.1.2 超伝導材料における磁束のピンニング	-----	10
2.1.3 実用線材における磁束のピンニング	-----	16
2.1.4 磁束ピンニングに関する最近の問題	-----	19
2.2 超伝導線材の電磁現象と交流損失	-----	24
2.2.1 超伝導線材・導体の設計基準	-----	24
2.2.2 超伝導フィラメントの電磁現象	-----	27
2.2.3 パルス用多芯線及びケーブルの電磁現象	-----	29
2.2.4 商用周波数交流用多芯線の電磁現象	-----	34
2.3 実用超伝導線材の特性改善	-----	40
2.3.1 NbTi系線材・導体	-----	40
2.3.2 Nb ₃ Sn線材・導体	-----	45
2.3.3 超伝導線材特性の評価技術	-----	50
2.4 先進超伝導線材の開発	-----	56
2.4.1 Nb ₃ Al系線材の開発	-----	56
2.4.2 NbN線材の開発	-----	57
2.4.3 シェブレル相線材の開発	-----	59
2.4.4 交流用超伝導線材の開発	-----	61
2.5 超伝導線材の機械的性質と歪効果	-----	65
2.5.1 超伝導線材の機械的性質	-----	65
2.5.2 超伝導線材における歪効果	-----	67
2.6 放射線による照射効果	-----	70
2.7 酸化物超伝導材料	-----	72

3 超伝導マグネット構成材料工学	-----	75
3.1 マグネット構成材料の基礎	-----	75
3.2 非金属有機複合材料	-----	75
3.2.1 有機樹脂材料の発展と現状	-----	75
3.2.2 無機／有機強化繊維材料	-----	78
3.2.3 複合材料の形態と製造方法	-----	78
3.2.4 複合材料の評価	-----	80
3.2.5 複合材料の照射効果	-----	82
3.2.6 核融合超伝導磁石用材料としての問題点	-----	91
3.3 極低温用構造材料の開発と特性評価	-----	94
3.3.1 序論	-----	94
3.3.2 材料開発と極低温材料試験法の標準化	-----	94
3.3.3 コイル支持構造材料及び溶接継手の強度特性	-----	96
3.3.4 材料の変形・破壊にともなう発熱評価	-----	99
3.3.5 材料のすべりと摩擦係数ならびに発熱評価	-----	101
3.4 超伝導マグネットの応力解析ならびに構造健全性評価	-----	105
3.4.1 序論	-----	105
3.4.2 コイルの剛性評価と設計	-----	105
3.4.3 クライオメカニクスと構造健全性評価	-----	109
4 超伝導マグネット工学	-----	113
4.1 マグネットに生じる擾乱と安定化	-----	113
4.1.1 クエンチの原因とマグネットの安定化	-----	113
4.1.2 摆乱の種類	-----	113
4.1.3 導体の動きによる擾乱	-----	114
4.2 浸漬冷却導体の安定性	-----	116
4.2.1 液体ヘリウムの熱伝達特性	-----	116
4.2.2 浸漬冷却導体の定常安定性	-----	120
4.2.3 浸漬冷却導体の過渡安定性	-----	122
4.3 強制冷却導体の安定性	-----	124
4.3.1 超臨界圧ヘリウムの強制冷却特性	-----	124
4.3.2 強制冷却導体の安定性	-----	126
4.4 交流用導体の安定性	-----	129
4.4.1 はじめに	-----	129
4.4.2 不安定性の要因	-----	129

4.4.3 交流用導体の現状	----- 129
4.4.4 kA級導体の安定性	----- 130
4.5 導体の動的冷却安定化	----- 131
4.6 クエンチ時に生ずる障害と保護方法	----- 134
4.7 ヘリウムの電気絶縁特性	----- 135
4.8 常伝導部の伝播特性	----- 139
4.8.1 浸漬冷却導体における常伝導部伝播	----- 139
4.8.2 含浸コイルにおける常伝導部伝播	----- 141
4.8.3 強制冷却導体における常伝導部伝播	----- 142
4.9 クエンチ検出法	----- 146
4.9.1 電圧検出法	----- 146
4.9.2 新しいクエンチ検出法	----- 147
4.9.3 総合的クエンチ判定	----- 149
4.10 マグネットの磁界計算	----- 151
4.10.1 計算法	----- 151
4.10.2 種々のコイルの磁界計算	----- 155
4.11 マグネットの監視・診断	----- 160
4.11.1 AEの発生源	----- 160
4.11.2 マグネットの監視・診断	----- 161