

기술하이라이트

李 根 喆*

새로운 초전도재료의 개발

2원합금에서 3성분으로

에너지問題가 重大化된 後 超電導現象에 대하여 再 次 注目되어 왔으며 超電導材料도 계속하여 새로운 것이 研究, 開發되어가고 있다.

現在 超電導材料로서 니오븀錫과 같은 2원합금이 研究對象으로 되어 있으며 超電導線으로써 實用化 되어 가고 있으나 最近 稀土類를 包含한 3成分化合物이 높은 溫度와 높은 磁場에서 超電導로 된다는 것이 發見되어 注目を 받고 있다. 이들 3成分化合物은 從來에 없었던 奇妙한 現象을 나타내어 이 性質에 대해서 結晶學的으로 解明하려는 手段이 進行되어 이 點에서도 相當한 注目が 되고 있으나 아직은 基礎的 研究段階에 놓여 있다. 이들 化合物이 곧 超電導材料으로써 實用化 될 것이라고 確言할 수 없으나 이미 線材의 製造方法을 研究하는 그룹도 있다.

이 成分化合物의 超電導體를 發見한 사람은 켈리포니아大學(산디에고)의 바안드마차스氏와 Bell 研究所의 共同研究者들이다. 이 化合物은 어떤 種類의 稀土類元素의 하나와 로듐, 硼素의 3成分으로 되어 있으며 一般式은 R_E (稀土類), Rh_4 (로듐), B_4 (硼素)의 $R_E Rh B_4$ 라고 하는 形態를 하고 있다. 이 경우 硼素로듐化合物 또는 이것으로부터 誘導된 새로운 化合物에 의하여 超電導가 되는지 어떤지는 아직 確實히 말할 수 없지만 이 3成分化合物은 다음과 같은 興味있는 性質을 나타내고 있다.

첫째, 超電導가 일어나는 化合物은 두 가지의 例外를 除外하고 그 成分自體는 超電導體가 아니다. 또한 超電導로 되는 2成分化合物도 포함하고 있지 않다.

둘째, 超電導는 現在까지 이와같은 舉動을 나타낸다는 것이 알려지지 않고 있던 結晶構造에서 일어나고 있다.

셋째, 超電導의 轉移溫度가 놀랄만큼 높다. 사마륨을 포함한 3成分化合物에서는 $2.5^\circ K$ 이며, 루테튬을 포

함한 것은 $11.9^\circ K$ 에 到達한다. 一般적으로 稀土類의 不純物은 超電導化合物이나 合金에 破壞的인 作用을 주는 것으로 생각되어 왔었다.

네째, 鉛, 錫, 로듐, 硼素化合物은 $8.7^\circ K$ 로 冷却하면 超電導가 되지만 다시 $0.9^\circ K$ 까지 冷却시키면 磁性을 띠면서 超電導성을 상실한다.

3成分化合物의 研究를 最初로 始作한 사람은 프랑스의 란느大學 大學院生인 로쥬에 쉐브렐氏로서 그는 말셀, 셀잔, 작프리트잔과 함께 이들 化合物을 合成해서 構造를 研究했다. 이것은 黃化몰리브덴의 成化合物로 一般式은 $M_x N O_6 S_8$ 이다(여기서 M_x 는 金屬인데 X 는 1에 가까운 數) 이들은 이 構造에 들어가는 多數의 金屬元素를 發見하고 있으나 超電導 實驗까지는 하지 않았다.

그 後 마차스그룹이 化合物에 超電導성이 있다는 것을 發見하여 M 을 鐵로 하는 化合物에서는 轉移溫度가 最高 $13.2^\circ K$ (後에 $15^\circ K$ 까지 上昇)이었다.

또한 이 化合物에 대해 各方面에서 研究가 始作되었는데 쥬네브大學의 피셔氏는 프랑스의 그룹과 共同으로 金屬成分으로 稀土를 가진 黃化몰리브덴이 超電導성을 갖는다는 것을 알았다. 一般式은 $R_E M O_6 S_8$ 이었으나 이것은 常磁性 稀土類를 主成分으로 한 最初의 超電導體이다. 지금까지 超電導體에 常磁性의 稀土類를 不純物로 加하면 量이 增加됨과 同時에 轉移溫度가 내려가는 것을 알고 있으므로 全적으로 새로운 發見이었다. 그러나 最高의 轉移溫度는 常磁性이 아닌 稀土類를 포함한 化合物로 보여진다. 이 鉛을 포함한 化合物의 경우 轉移溫度는 $8.5^\circ K$ 이다. 또한 켈리포니아大學의 셀튼과 共同研究者는 一連의 세렌화몰리브덴과 稀土類化合物의 超電導體를 만들었으며 大部分은 轉移溫度가 黃을 가진 것보다 높고 最高는 탄탄을 포함한 化合物이 $11.4^\circ K$ 이었다.

現在까지의 超電導體는 鹽界値가 높아지며 轉移溫度도 높다고 되어있기 때문에 이 높은 鹽界値가 問題였다. 쥬네브大學그룹의 報告에 의하면 常磁性 稀土類 가돌리늄이나 유로로프를 포함한 鉛을 基材로 한 黃化몰리브덴도 높은 鹽界値를 갖고 있으며 또한 錫을 基

*正會員: 韓國科學技術情報센터 第1技術情報部 次長

材로 한 3成分化合物은 鹽界値가 그다지 높지 않으나 유우로품을 加하면 增加된다고 하였다. 이와같은 舉動은 現在까지의 超電導體에 의한 實驗과는 전혀 相反되는 것이다. 이들 3成分化合物의 超電導現象에 관한 解析은 結晶構造 面에서 研究가 進行되고 있다.

〈日本科學新聞 1977.6.10〉

異方性 망간알루미늄磁石

日本松下電氣産業에서는 망간 70%, 알루미늄 29%, 炭素 1%인 強磁性이며 機械加工도 可能하다고 하는 새로운 永久磁石 “異方性 망간알루미늄磁石”의 開發에 成功하여 1977年 5월부터 小形 磁石의 샘플을 供給하기 시작하였다고 發表하였다.

現在의 磁石은 알니코스와 페라이트系가 90% 以上을 점유하고 있다. 알니코系는 磁氣特性이 높지만 主成分인 니켈과 코발트의 價格이 비싸고 資源이 不足하여 最近에는 資源의으로 不安이 없는 페라이트系의 需要가 增加하고 있다. 그러나 알니코스와 特性을 比較하여 볼 때 떨어지며 부식되기 쉬운 缺點이 있다. 따라서 니켈, 코발트 등을 含有하지 않은 高性能 磁石이 出現할 것으로 期待된다.

이번에 松下電氣에서 開發한 異方性망간알루미늄磁石은 資源의으로 豊富한 망간, 알루미늄 및 炭素로 되어 있다. 基本組成은 松下電氣에서 10年前 開發된 것이지만 當時의 것은 磁化가 容易한 方向을 맞출 수가 없었는데(等方性) 이번의 것은 이것을 特定한 方向으로 맞추는데 成功하여(異方性) 當時의 磁力을 5倍以上으로 올려 最大 에너지積을 7MG,Oe로써 達成하였다.

이 結晶軸을 한 方向으로 맞추는 異方性化는 알니코系에서는 磁場中 熱處理로 하고 페라이트系는 磁場中 프레스成形 方法으로 하고 있지만 망간알루미늄 磁石은 이러한 方法으로는 전혀 異方性化되지 않는다. 따라서 異方性化에 의한 高性能化는 不可能하게 되었다.

이번에 開發한 方法은 磁場을 걸어주지 않는 溫度領域에서 押出하는 溫度押出方法으로써 異方性化가 可能하다.

이 磁石의 特徵을 보면 다음과 같다.

- ① 使用되는 資源이 豊富하며 가볍다.
- ② 磁氣特性이 우수하다. 즉 샘플로 供給되는 것은 5~7MG.Oe이지만 理論的으로는 13MG.Oe까지 可能하다.

- ③ 大量生産이 可能하다.
- ④ 機械的 強度가 높다. 예를 들면 引張強度는 5~6倍인데 普通 鑄鐵과 같다.
- ⑤ 現在까지의 磁石으로 不可能하였던 製品完成後 旋盤으로 切削加工이나 드릴링이 가능하기 때문에 여러 가지 形狀으로 만들 수 있다.
- ⑥ 壓入, 組立 등 組立工程의 合理化에도 도움이 된다.

이미 一部分의 基本特許는 日本을 비롯해서 海外 6個國에서도 發表되어 있으며 이에 관한 開發成果는 1977年 6月, 6~9日 로스앤젤레스에서 열린 國際磁氣會議에서 發表되었다. 이번에 샘플로 供給된 것은 最大에너지積이 5~6MG.Oe의 小形 磁石이지만 다른 磁石에 比較하면 機械的 強度가 크고 切削加工도 可能하여 時計와 回轉計, 位置檢出器 등 精密機器用 및 制御機器用 등에 適合하다고 한다.

〈金屬材料 194號 1977年〉

液性 樹脂를 使用한 高信賴 接續

電力케이블의 接續이나 端末處理에 2液性的 常溫注入形 樹脂絶緣이 使用되는데 이것은 作業이 簡單하고 熟練을 要하지 않으므로 널리 普及되고 있다.

케이블接續에 에폭시樹脂가 使用된 以來 各種 樹脂成形法이 開發되었으나 基本的으로 接續키트法과 樹脂加壓法으로 나눌 수 있다.

接續키트法은 인라인, 分岐, 下接續 및 端末에 使用되며 導體를 接續하여 自己融着電氣메이프로서 絶緣하고 必要에 따라서 外裝을 接續, 接續部 全體를 플라스틱成形 케이스에 넣고 樹脂와 硬化劑를 混合해서 直接接續케이스中에 注入하면 樹脂는 곧 硬化하고 優秀한 電氣的, 機械的, 熱的, 特性을 나타낸다.

樹脂加壓法은 11kV 以下の 各種 케이블, 사이즈의 인라인, 下接續 및 分岐에 使用되며 케이블導體를 接續하여 自己融着메이프로서 絶緣 後 各 導體와 接續部 周圍에 스페이스 테이프를 附着시킨다. 또한 必要에 따라서 外裝을 接續한 後 接續部 全體에 再次 스페이스 테이프를 감는다.

그리고 樹脂混合後 壓力전으로서 注入한다.

케이블接續에는 各種方法이 開發되었으나 需要家가 用途에 따라서 最適한 것을 選擇하면 좋다.

〈Electrical Review 1976, July, 23〉

3相 試驗裝置에 의한 UHV送電의 研究

電力需要의 增大에 따라서 새로운 電壓레벨이 必要하게 되었다. 美國 Massachusetts州 Pittsfield에 所在한 General Electric 會社에서는 UHV 프로젝트에서 1,000~1,500kV 送電을 얻기 위하여 3相導體配置의 試驗을 一年以上 行하였다. 1相當의 導體數나 導體配置를 變更시키고 여러 天候狀態에서 UHV線路의 可聽雜音, 電波障礙 및 코로나損失을 試驗하였다.

3相 試驗設備은 BIL(基準衝擊絕緣強度) 2,550kV의 1,500/√3kV 單捲變壓器, 900kV 避雷器 및 結合콘덴서로서 構成되어 있다. 스택은 1,116ft, 試驗電壓은 600~1,500kV, 相間스페이스는 30~80ft, 地上高는 70~100ft의 範圍로서 可變되었다. 導體는 帶電狀態에서 電動機驅動인척로서 動作시켰다. 데이터는 디지털計算機로서 收集하여 프린트된 후 磁氣테이프에 記錄된다.

UHV 送電에 있어서 큰 問題點은 코로나에 의한 可聽雜音의 發生으로서 UHV 送電線을 大衆이 어떻게 받아들여느냐가 重要な 要素이다.

可聽雜音 測定에 使用되는 파라미터는 音壓의 實効值로서 마이크로폰은 中央의 各相 바로 밑과 外側相에서 各各 50, 100, 150ft 떨어진 곳에 設置했다.

兩天時 電壓上昇과 함께 雜音은 急激히 增加하여 90kV에서 53dB, 1,200kV에서 67dB가 되며 晴天時 1,200kV 以下는 無視될 수 있었다.

乾燥한 導體絕緣體로부터의 코로나는 雜音에 큰 影響을 주며 其他 線路에서의 離隔距離와 雜音의 減衰單相線路和 3相線路의 雜音發生 比較 등에 대해서도 데이터를 얻었다.

이들은 데이터로부터 導體配置의 最適化에 의한 코로나特性的의 改善을 試驗했다. 즉 導體의 對稱配置나 表面電位傾도가 큰 中央相의 導體數를 增加시켰다.

〈Electrical World 1976, Oct, 15〉

交流電動機의 出力을 增加시키는 새로운 絕緣技術

高電壓下에서 交流電動機의 出力을 적어도 15%以上 增加시킬 수 있는 새로운 絕緣技術이 ASEA에 의하여 開發되었다.

Micafold라는 商標로 市場에 나가게 될 이 시스템은 에나멜이 칠하여진 銅線을 使用하는데 이것은 Type

418 "NOMEX" M아라미드와 마이카紙의 外皮를 0.08mm 두께로 樹脂를 코오팅함으로써 絕緣效果를 낸다. 이 方法은 보통 使用되고 있는 後面에 글래스를 입던 마이카테이프나 글래스브라이드絕緣에 代替되어 보다 改善된 部分的인 放電과 物理的 抵抗性을 나타낸다.

코일을 使用하는 이 方法은 空間을 많이 차지하지 않고서도 充分한 絕緣效果를 나타내기 때문에 그만큼 슬롯트의 크기나 加工法에 變化를 주지않고 보다 많은 量的의 銅을 使用할 수 있다. 따라서 出力을 1/7程度 높일 수 있다.

또한 反對로 생각하여 現在 使用中인 同一한 크기의 모우터에 이 方法을 導入함으로써 모우터의 크기를 줄일 수 있다. 비록 이 Micafold 시스템이 最初에는 高電壓의 交流電動機用으로 開發되었으나 銅線을 使用하는 모든 다른 定格의 機器에도 應用될 수 있다. 開發會社(Du pont)에서는 모우터와 絕緣體製作業界에 特許를 許諾할 計劃이다.

〈Electrical Review 1977, Vol. 200, No. 5〉

스테핑 모우터의 改良

美國 National Physical Laboratory의 R.W.Yell氏가 開發한 極挿入法으로서 從來 스텝모우터의 回轉角을 改良할 수 있다. 回轉子는 한 極에서 다음 極으로 미니스텝으로 稼動하므로써 動作은 거의 連續的이 된다.

미니스텝은 모우터의 制御回路에 連結되어 있는 새로운 回路에 의해서 動作된다. 예를 들면 在來 스텝間隔을 64의 미니스텝으로 나누면 200스텝의 모우터에서는 1回轉當 12,800스텝을 주게 된다.

中間速度를 갖는 스텝모우터의 始動, 停止速度를 增加시키는 方法은 2가지가 있다.

첫째, 電源과 모우터間에 別도로 上테이지를 使用하여 모우터를 始動하기 前에 콘덴서를 充電하므로써 出力을 얻는 方法,

둘째, 10ms보다 적은 펄스를 正토크를 發生시키므로서 各 捲線에 Switching하는 方法이다.

이들의 方法을 同時에 使用하면 單一콘덴서 스테이지와 3개의 始動펄스가 負荷條件에 따라서 始動速度가 220~270% 增加한다.

〈Electrical Review 1976, Nov, 5〉

完成段階에 있는 420kV用 메탈크래드形 SF₆ 開閉裝置

Siemens 會社는 現在 最初의 362kV 및 420kV用 메탈크래드形 SF₆ 開閉裝置를 完成했다. 메탈크래드形 SF₆ 開閉裝置를 위한 回路配列의 適合성은 運轉經驗을 必要로 하므로 緩慢히 進行되고 있다. 低電壓으로 2000bay~year의 運轉期間중 아아크에 의한 故障은 서어지 避雷器가 없는 架空線에 대한 雷擊을 包含해서 2件뿐이었다.

安全膜에 의한 容器的 過電壓保護, 鋼製케이스 및 內部부싱의 高耐孤性으로 故障變電所에서는 어떠한 損傷도 發生하지 않았다. 이것은 約 2S 繼續해서 約 20kV의 短絡電流事故로서 證明되었다.

各 開閉設備에 있어서 運轉開始後 約 6年間 保全作業이 實施되었으나 이 期間中 活動部와 遮斷部를 包含한 아아크의 消耗 및 其他 損耗의 徵候가 없었으며 開放結合部の 플랜지패킹과 필터의 交換만이 必要했다.

初期에는 벨브나 水壓系의 漏洩등 關連있는 것이 2次的 裝置에 發生하였다.

그러나 이와같은 部分裝置의 交換은 運轉中斷에는 影響이 없었으며 그後 試驗裝置의 改良에 의하여 故障이 除去되었다.

其他 運轉經驗을 얻은 SF₆ 버스덕트도 메탈크래드 方法의 發展을 促進시켰으며 1975年頃 完成한 420kV 3相2回線用 複合 버스덕트는 SF₆ 充填탱크內에 從來形의 420kV 窒素封入要素를 갖는 트랜스, 保護用 密閉 서어지 避雷器를 使用하므로써 良好한 結果를 얻었다.

<Electricai Review 1976. Oct, 22>

2液性 樹脂를 使用한 高信賴 接續

電力케이블의 接續이나 端末處理에 2液性の 常溫注 入形 樹脂絶緣이 使用되는데 이것은 作業이 簡單하고 熟練을 要하지 않으므로 널리 普及되고 있다.

케이블接續에 에폭시樹脂가 使用된 以來 各種 樹脂 成形法이 開發되었으나 基本的으로 接續키투트法과 樹脂 加壓法으로 나눌 수 있다.

接續키투트法은 인라인, 分岐, T接續 및 端末에 使用되며 導體를 接續하여 自己融着電氣테이프로서 絶緣하고 必要에 따라서 外裝을 接續, 接續部 全體를 플라스틱 成形 케이스에 넣고 樹脂와 硬化劑를 混合해서 直接

接續케이스中에 注入하던 樹脂는 곧 硬化하고 優秀한 電氣的, 機械的, 熱的 特性을 나타낸다.

樹脂加壓法은 11kV 以下의 各種 케이블 사이즈의 인라인, 接續 및 分岐에 使用되며 케이블導體를 接續하여 自己融着테이프로서 絶緣後 各 導體와 接續部 周圍에 스페이서테이프를 附着시킨다. 또한 必要에 따라서 外裝은 接續한 後 接續部 全體에 再次 스페이서 테이프를 감고 이 위에 바인드테이프를 감는다. 그리고 樹脂混合後 壓力건으로서 注入한다.

케이블接續에는 各種 方法이 開發되었으나 需要家가 用途에 따라서 最適한 것을 選擇하면 좋다.

<Electrical Review 1976 July. 23>

船舶에 應用되는 超傳導性機器

超傳導 DC機器들은 이제 이들의 商業的 有用성이 입증될 정도에까지 開發이 進展되었다. 이들의 특수한 性質이 適合한 分野로 商船이나 戰艦의 推進을 들 수 있으나 海洋分野에만 限定되는 것은 아니다.

超傳導體는 A.C. 發電機, 케이블, 水處理와 같은 高 速輸送處理 및 磁氣의 分離와 같은 곳에 應用될 수 있으나 이들은 아직까지 D.C. 機器처럼 商業的 要求를 만족시키지 못하고 있다. 그 원인중의 하나로 1964年 初期에 國防省의 關心이 船舶의 推進機器에 集中되었다는 사실을 들 수 있다.

結果의으로 1966年 世界最初의 超傳導 D.C. 모우터가 製作되었으며 이의 作動原理가 1969年 Fawley發電所의 3250hp 펌프 모우터의 製作에 잘 應用되었다. 점차로 技術的인 問題들이 解決되어 昨年에는 1MW의 船舶推進 모우터가 完成되었다. 이 모우터는 보다 더 큰 大型機器의 完전한 推進시스템을 위한 原型에 지나지 않는다.

現在까지 가장 重要한 超傳導體는 니오븀-티타늄 (Nb_3Ti)으로서 直徑이 $5\mu m$ 에 지나지 않은 數千個의 필라멘트로 되어 있다. 모든 超傳導體와 마찬가지로 Nb_3Ti 도 臨界溫度(電氣抵抗이 0으로 되는 溫度)의 折半에서 經濟的으로 動作된다. 또한 Nb_3Ti 에 대한 溫度의 2배되는 溫度에서 效果의으로 使用되는 것으로 Nb_3Sn 이 있다.

이들은 아주 높은 電流密度를 通過시킬 수 있으나 脆性이 나쁘며 高價이기 때문에 아직까지 모우터에 適當한 工學的인 超傳導體가 못되고 있다. 그러나 장차 經濟性과 特殊性을 살린다면 發電機에 바로 使用될 수 있

을 것이다.

超傳導 D.C. 모터의 基本的 設計는 極히 간단한 單極의 形態를 취하며 多極性機器에서 나타나는 整流와 渦電流를 피하기 위하여 1kW 以上の 定格이 必要하다.

5MW 以下에서는 一般的으로 디스크型모터가 사용되며 5MW 以上에서는 勵磁捲線이 두개인 드림型이 사용된다.

한편 보다 쉽게 超傳導體를 사용할 수 있는 方法이 나왔는데 예전에 Fawley 모터에 대한 경우, 液體헬륨이 超傳導體/銅 複合體와 接觸하게 되어 있으나 N_2 , T_2 의 微細한 필라멘트에서는 捲線을 適當한 에폭시樹脂로 包裝할 수도 있고, 몇개의 分離된 코일로 나눌 수도 있다. 또한 低溫裝置도 改良되어 대부분의 低溫裝置의 主要部分인 眞空擴散펌프의 必要性을 제거할 수 있는 可能性을 열어 놓았다. 즉 새로운 設計에서 低溫容器 그 自體가 巨大한 眞空펌프의 役割을 하게 되어 信賴度가 높아졌다.

한편 대다수의 單極性機器가 低電壓에서 사용되나 超傳導機器는 2kV 以上の 高電壓에서 사용될 수 있다.

이제까지 傳統的인 D.C. 모터는 應用分野가 速度調節의 정도가 아주 좋은 곳에 限定되어 왔으나 이런 狀況은 超傳導모터의 出現으로 많은 多樣性을 갖게

되었다. 왜냐하면 傳統的인 모터의 10kW에 비하여 200MW 以上の 超大型모터가 製作될 수 있기 때문에 새로운 分野에 應用될 수 있기 때문이다. 즉 多數의 大型産業機器에 超傳導機器가 適合하다. 定格이 2kV 以上인 D.C. 超傳導發電機는 A.C. 發電機, 變壓器, 整流器에 代替된다.

결국 超傳導機器로 投資費用을 줄일 수 있을뿐 아니라 높은 效率性도 기대할 수 있다.

低速이 높은 出力을 要求하는 船舶에 應用되는 경우 A.C. 超傳導모터는 速度調節과 反轉作動에 有利하다. 또한 推進모터를 船舶의 高물쪽에 位置시킬 수 있으며 超傳導發電機는 아무곳이나 適當한 곳에 設置할 수 있다.

또한 超傳導推進시스템에 의하여 重量을 減少시킬 수 있는데 一列로 무게가 1,300톤, 最大速度 100rev/min 인 2900hp의 디젤機關을 必要로 하는 船舶은 두개의 150톤, 60rev/min의 超傳導모터를 사용하여 重量을 줄이면서도 같은 效果를 얻을 수 있다. 또한 그만큼 에너지 消耗을 줄일 수 있다. 이런 점은 특히 대부분의 時間을 低速으로 運航하나 어떤 특수한 경우 高速이 要求되는 軍艦에 적합하다.

〈Electrical Review 1975. Vol. 198, No. 10〉