

세계의 첨단기술

超電導材와 非磁性鋼

- ◇ 超電導材料
- ◇ 非磁性鋼

超電導材料

교통의 高速化時代에 접어 들면서 우리나라 서울-釜山간의 철도에도 高速列車가 달려야 한다는 이야기가 나온지 벌써 수십년이나 된다. 이런 구상이 구체화 된다면 어떤 방식의 고속교통수단을 이용할 것인가에 관한 관심도 차츰 높아지고 있다.

高速交通수단중에는 현재 日本國鐵이 개발하고 있는 磁氣浮上鐵道가 있다. 그 원리는 磁石의 플러스(+)와 마이너스(-)는 서로 끌어잡아 당기는 힘이 있으나 같은 極은 서로 반발하는 성질을 이용하는 것이다. 반발하는 힘을 이용하여 車體를 붕 뜨게 하지만 走行에는 磁石의 서로 끄는 힘을 이용자는 것이다. 車體에 달린 浮上용과 走行용磁石에는 액체헬륨으로 섭씨 영하 269도로 냉각된 超電導磁石이 쓰인다. 아주 낮

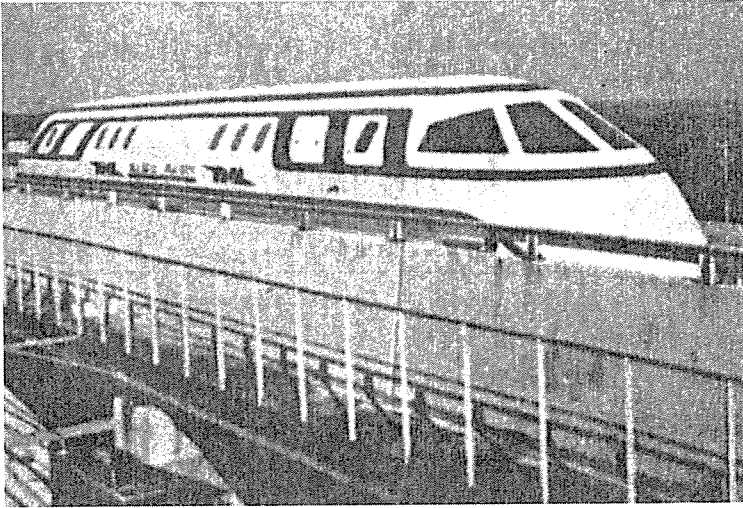
은 온도가 되면 電氣의 저항이 0에 가까운 超電導材料를 사용하여 磁石을 만든다.

超傳導현상은 1911년 네덜란드의 카마링·온네스가 섭씨 영하 269도의 액체헬륨속에서는 水銀의 電氣저항은 0이 된다는 것을 발견하므로써 알게 되었다. 그는 당초 水銀고리에 전류를 계속 흐르게 하는 실험을 했으나 그 뒤 코일에 超電導線을 감아 강력한 磁氣를 만들어 보기로 했다. 그런데 차츰 電流의 양을 늘려 가면서 발생한 磁場의 세기는 커졌으나 수백 가우스에 이르자 별안간 超電導상태가 깨지면서 다시 저항이 나타난다는 사실을 알게 되었다. 그래서 磁界의 세기가 더 이상 클 수 없는 한계를 臨界磁界로 부르게 된 것이다. 超電導材料에는 이 밖에도 超傳導현상이 일어나는 온도의 차이에 따라 臨界溫度와 臨界密度가 있어 결국 3개의 臨界(限界)值가 있는 셈이다. 우리가 소망하고 있는 것은

되도록 높은 온도에서 큰 磁場을 얻을 수 있는 材料이다. 세계 여러나라는 현재 어떤 금속은 어떤 온도에서 超傳導현상이 발생하는 것일까를 조사하면서 높은 臨界온도의 큰 臨界磁場을 가진 材料를 찾고 있다. 이런 연구결과 지금까지 25종의 元素에 超傳導현상이 발견되었고 이런 元素의 합금이나 금속간화합물까지 합치면 거의 1천종이나 되는 超電導材料를 찾아 냈다.

그런데 이런 재료가 실용성을 갖기 위해서는 가공이 쉽고 또 재질도 강해야 한다. 超電導磁石이 실용화된 것은 온네스가 超傳導현상을 발견한 뒤 50년의 세월이 흐른 1961년, 美國에서 7만가우스의 磁界를 발생시키는데 성공한 이후부터였다. 최근 日本의 金屬材料技術研究所는 바나지움3가륨이라는 금속간화합물을 이용하여 17만5천가우스의 높은 磁界를 발생시켜 기록을 세웠다. 이밖에도 超電導線에는 니오븀3가륨, 니오븀3알루미늄, 니오븀3젤마늄등 여러가지가 있으나 현재 주류를 이루고 있는 것은 니오븀·티탄합금계이다. 그런데 금속간화합물은 超傳導현상이 생기는 臨界溫度와 超電導상태가 깨지는 臨界磁界가 모두 2배나 높은 것은 사실이지만 재료로서는 너무 딱딱하고 쉽게 부서지기 때문에 線材로 가공하기 어렵다.

超電導線은 만드는 방법에는 여



러가지 있다. 니오븀·티탄합금線の 경우는 습금을 구리관속에 넣어 잡아당겨서 직경을 몇 밀리정도의 線材로 만든 다음 이것을 다시 1천~2천개 다발로 하여 구리관으로 밀어낸다. 한개의 線材는 머리카락보다도 가는 10~20 μ m 굵기의 極細線이 되는데 이것을 極細多芯線이라고 부른다. 이 多芯線으로 감아서 만든 超電導磁石은 소형의 것도 헬륨냉각으로 8만가우스나 되는 높은 磁界를 얻을 수 있다. 電氣저항이 거의 없어서 한번 전기를 흘려주면 영구히 전류가 계속 흘러 磁力를 그대로 유지하는 永久磁石의 상태가 된다. 그러나 마음대로 이 磁氣를 없앨 수도 있고 발생하는 磁力의 세기에 비해 소비전력도 적다.

최근에는 금속을 熔融상태에서 超高速으로 急冷하는 融體急冷法이 각광을 받기 시작했다. 이 방법을 이용하여 日本은 니오븀3(알루미늄, 게르마늄)화합물의 超電導材를 개발했다.

超電導材는 磁氣浮上列車의 에도 核融合發電에서 超高温을 가두어두는 磁石·MHD(電磁流體)

발전용의 電磁石등 꿈을 담은 미래의 기술에 이용될 전망이다. 또 超電導마그네트蓄電장치, 원거리용의 超電導送電線, 소비전력이 적은 꿈의 컴퓨터등 그 응용의 폭을 끝없이 넓혀갈 것으로 보인다.

非磁性鋼

한없는 꿈을 담은 磁場이용의 末來技術을 발전시키는데 필요한 것은 磁力의 영향을 받지 않는 非磁性鋼이다.

磁氣浮上列車에서 走行하는 경우에는 보통의 모터·코일과 回轉子를 절개하여 평행직선(리니어)으로 한 모터를 이용, 차위의 회전자에 상당하는 電磁石과 지상의 코일간에 서로 끌어당기는 힘이 생겨 전진하게 된다. 한편 浮上등의 超電導磁石은 차위의 코일에 전류를 흘려주면 궤도위의 코일에 전류가 誘起된다. 이 전류는 밀의 磁石이 반발하게 전류를 誘起시켜 10cm정도 浮上한다. 이때 강력한 磁場이 생겨 궤도의 구조 재료에 영향을 주며 철끝이나 철근에 應力을 발생시키거나 磁力線에 혼란을 가져오게 한다.

그래서 이런 강력한 磁場에 어울리는 새로운 材料의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 磁氣를 띄지 않는 鋼材가 지금까지 없었던 것은 아니다. 스테인레스鋼이나 耐摩耗性재료로서 잘 알려진 하드필鋼도 非磁性재료. 鋼을 오스티나이트라는 조직으로 만들면 磁氣를 띄지 않는다.

그런데 철은 녹을 때까지 2번 변신한다. 섭씨 9백도이상 1천4백도사이에서는 面心立方이라는 결정이 되고 섭씨 9백도이하와 1천4백도이상 1,528도(融點)까지는 體心立方이라는 결정이 된다. 그래서 鐵은 온도를 차츰 올려주면 體心立方結晶 → 面心立方結晶 → 體心立方結晶이 되어 아무리 急冷시켜도 섭씨 9백도에서는 불안한 體心立方結晶이 되어 버리는 성질이 있다. 이 面心立方의 철을 오스티나이트라고하여 體心立方의 철보다는 炭素가 더 많이 녹아 들어가고 마모에도 더 잘 견딘다. 탄소외에 니켈이나 크롬을 첨가한 18-8스테인레스鋼, 망강鋼과 같은 合金鋼은 이런 변화를 멈추게 하여 面心立方의 결정형으로 만든 것이다.

그러나 니켈이나 크롬을 포함한 스테인레스鋼은 비싸지게 마련이며 또 강도가 낮고 가공하면 조직이 바뀌어 磁性이 불안정하게 되는 결점도 있다. 이리하여 새로운 非磁性材料개발에 대한 소망은 높아지고 있다. 특히 망강 함유량이 많은 하드필鋼은 유망주로 등장했으며 여러 철강메이커들은 이것을 출발점으로 한 非磁性구조부재개발에 도전하고 있다. 그런데 망강함유량이 많은 오스티나이트鋼은 성분속에 값비싼 것이 거의 들어 있지 않아 스테인레스鋼보다 값은 싼 점은 있

나 본시 耐摩耗용 레일이 목표이어서 加工性이 나쁘다. 이런 단점을 개선하는 연구도 진행되고 있다. 이미 망강 14~25%, 炭素 0.3~0.5%를 포함하는 非磁性鋼이 뒤를 이어 나타나서 NM 스틸

(논·마그네틱·스틸)이라는 이름으로 발표되고 있다. 非磁性鋼의 개발은 아직도 시작에 지나지 않지만 그 장래는 양적인 면이나 질적인 면에서 응용의 폭이 한없이 펼쳐질 것으로 전망된다.



氣壓推進시스템 (Pneumatic System)

眞空의 힘으로 달리는 차가 작년말 브라질의 포르토프레시에서 영업을 개시했다. 아에로모벨이라고 불리는 이차는 최고속이 60km이며 150명이 탈 수 있다.

이 차의 특징은 추진장치를 차위에 설치 않아도 된다는 것. 1m폭을 가진 덕트(암거)모양의 가운데가 뚫린 管路가 있고 그위에 쇠바퀴를 단 車體가 올라탄다. 車體 밑에서 나온 막대기가 管路室의 틈을 통해 안쪽으로 뻗어 있는데 이것은 管路속 뚫린 斷面을 꼭 막게 되어있다.

정거장마다 배치된 大型換氣扇

이 2驛사이의 管路속의 공기를 뽑아서 그속의 氣壓을 50분의 1 기압으로 낮추면 管路속의 金屬板이 負壓의 힘으로 다음驛을 향해 움직이며 따라서 車體도 달리게 된다.

空氣壓을 이용해서 車體를 움직여 보려는 아이디어가 발상된 것은 150여년전의 일이었다. 1830년대 런던과 같은 큰 도시에는 건물들이 꼭 들어차서 땅위에 철도를 건설하기가 어렵게 되어 있었다. 그래서 地下에 철도를 건설할 수 밖에 없게 되었으나 당시 아직도 모터가 나와 있지 않아, 부득히 증기기관을 추진장치로 쓸

수밖에 없었다. 그러나 증기기관차로 터널속을 달린다는 것도 결코 유쾌한 일은 못되었다.

그래서 나온 것이 지상의 증기기관으로 압축펄프를 움직여서 강력한 壓力의 공기를 밀폐된 터널로 보내 客車를 뒤에서 밀어 보자는 생각이었다. 이리하여 여러 나라에서 연구가 진척되었으나 터널을 밀폐하는 밸브의 構造를 어느 수준이상으로 올릴 수 없었다.

하는 수 없이 1863년 개통된 런던의 地下鐵은 증기기관차를 쓸 수 밖에 없었다. 그 뒤모터가 태어나서 런던의 지하철이 전기기관차로 달리게 된 것은 1890년의 일이었다.

한편 1912년, 뉴욕시청 바로 옆의 브로드웨이에서 지하철공사를 하던 중 도로 밑에 직경 3m쯤되는 훌륭한 터널이 나타나 큰 화제를 모았다. 이 터널은 런던지하철이 개통된 4년 뒤인 1867년 당시의 사이언티픽 아메리칸誌의 편집장이던 A·비치가 뉴욕시청의 허가도 없이 몰래 건설한 미국최초의 地下鐵이었다. 터널의 길이는 95m에 지나지 않았으나 2년 뒤에는 완성해서 25센트씩 받고 공개했다. 이 지하철은 터널속으로 보낸 압축공기로 움직였다.

그러나 19세기말에 모터가 나타나서 空氣壓의 차를 이용하는 차는 옛날 유물같이 취급되었다. 그로부터 1백년이 지난 요즘 케이블·카와 마찬가지로 차위에 추진장치를 설치 않으므로써 차체나 궤도가 가벼워지고 또 소음도 줄어드는 등 전차보다 우수한 점이 새삼 인정을 받게 되었다.

『밸브기술의 비약적인 발전이 전차보다 뛰어난 조상의 꿈을 실현시킬 수 있게 했다』고 한 미국 기술자는 말하고 있다.

