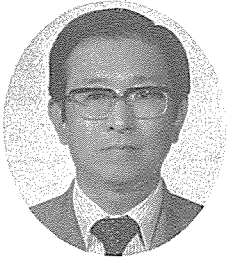


非晶質 (아몰화스)

합금



姜 日 求

〈韓國科學技術院 非鐵金屬材料研究室長〉

모든 金屬의 教科書를 보면 金屬의 特徵은 “結晶構造를 갖고 金屬光沢 및 強度와 韌性을 아울러 갖으며 電氣나 熱의 우수한 傳導性을 갖는다” 라고 되어있고 여기에서 모든 金屬의 性質들이 究明되고 說明되어 왔다. 그러나 지난 10年 동안에 結晶質이 아닌 金屬들이 알려졌고 이들은 지금까지의 金屬들이 갖던 여러 特성을 보다 아주 優秀한 各種 特성을 가지고 있는 것이 알려져 폭발적인 関心의 対象이 되어 활발한 研究가 이루어지고 있고 일부 科學저널리즘에서는 “次世代之 金屬材料”이니 “꿈의 金屬材料”이니 하는 이야기들을 하고 있다.

이러한 非晶質은 原子配列에 長範圍의 秩序性을 갖지 않은 構造 狀態를 말하여 아몰화스(Amorphous)라고도 한다. 즉 構造上의 見地로는 完全結晶과는 逆의 極限인 無秩序狀態이다. 그러나 實際에 있어서는 構造가 완전히 無秩序하지는 않고 數 原子間 距離 程度 크기의 範圍內에서는 어느 秩序가 있다고 알려져 있으나 그보다 長範圍에서는 無秩序에 가깝다.

非晶質金屬의 우수한 特성이란 함은 磁性, 電原의 特性, 機械的強度 및 韌性, 化學的特性 등 여러가지가 있으나 가장 관심의 대상이 되어있고 많이 개발된 쪽이 磁性特性을 利用한 것들이다. 一部에서는 이미 實用化되어 製品으로 나온 것이 錄音器나 錄音器의 레코딩·헤드가 있고 기타 電子機器 素材나 電力變壓器 磁心材料로서 시제품들이 나오고 있다. 非晶質 金屬이 존재한다는 사실은 1950年代에 蒸着膜이나 電着膜에서 알려졌었고, 1960년에는 美國의 Duwez 들

이 液体를 超急冷하여 金-矽素 合金에서 非晶質을 발견하였다. 그러나 1970年까지는 하나의 신기한 現象으로 實驗室에서 다루어져 왔다. 그러던 것이 1970年에 連續 超急冷法이 考察되어 各種 合金의 薄膜리본이 연속적으로 많이 만들어져 非晶質金屬의 各 特성에 대한 研究, 實用材料로서의 可能性 檢討, 構造究明 및 形成能 研究, 製造工程檢討가 놀라운 속도로 활발히 進行되어 이미 美國의 Allied Chemical社에서는 Metglas라 하고, 또 獨逸의 Vacuumshmelze社에서는 Vitrovac이라 하는데 其他 日本의 몇社에서도 製品으로 나오고 있다.

◇ 製 造 ◇

非晶質 金屬을 만드는 方法으로서는 眞空蒸着法, 스파타法, 팻기法, 原相化學反應法 및 液体急冷法 등이 있으나 實用 材料의 製作이라는 見地에서는 材料의 均質性이나 生産性때문에 液体急冷法이 主流를 이루고 있다. 液体急冷法은 熔融金屬을 急速冷却하여 過冷시켜 그 構造를 凍結하여 非晶質을 만들며 이 方法으로서 薄板 細線, 粉末을 만들 수 있다. 여기에도 간(gun)法, 피스톤·안빌(piston anvil)法, 토손·카타팔트(torsion catapult)法 등이 있고 이들로는 數百 mg 程度의 薄片을 만들 수 있고 薄板을 連續的으로 또 工業的으로도 製造할 수 있는 방법은 遠心法, 單輪法, 雙龍法이 있다. 이 外에도 細線이나 粉末을 만드는 方法으로는 스프레(spray)法, 카비테손(cavitation)法, 回轉液中噴出法, 水流中紡糸法, 回轉液中紡糸法, 유리被覆

紡糸法 들이 있다.

대표적인 방법으로서 單糸法에 대해서 간단히 설명하면 熔融金屬을 노즐(nozzle)을 통해 高速(數千 rpm) 回轉하고 있는 銅 혹은 鋼를 위에 噴出시키면 두께 수십 마이크론의 連續薄板 리본이 만들어진다. 이때의 冷却速度는 최대 10°C/秒 정도가 된다. 리본의 幅은 數 mm 程度에서부터 近末에 10inch에 이르는 것까지 製造되었다. 이제 實用材料로 쓰이기 시작함에 따라 廣幅의 願하는 두께의 리본을 均一하게 또 높은 生産性으로 製造하는 문제가 큰 관심의 대상이 되어 있기 때문에 製造方法은 날로 새로운 더 改良된 방법이 개발되고 있다.

液體에서 超急冷하여 非晶質材料를 만드는 데는 그 組成의 선택 또한 극히 중요하다. 組成은 非晶質化하기 쉽고 生成된 非晶質構造가 安定되어야 한다. 純金屬의 경우에는 약 10°C/秒 이상 的 冷却速度가 필요하고 또 生成된 非晶質構造가 不安定하여 常溫에서 쉽게 結晶化되어 버린다. 그러나 特定 合金(主로 共晶附近의 組成)에서는 약 10³~10⁶°C/秒의 冷却速度에서 非晶質로 되고 이것이 아주 安定되어 꽤 높은 溫度에까지 結晶化가 안 일어난다. 오늘날 알려진 非晶質合金을 大別하면 金屬-半金屬系와 金屬-金屬系이며 周期律表中 大部分의 金屬元素가 合金化로서 非晶質이 된다. 특히 半金屬元素인 朋素, 炭素, 磷, 硅素, 질마니움 등을 약 15~30 atomic% 含有하는 合金이나 原子半徑의 差가

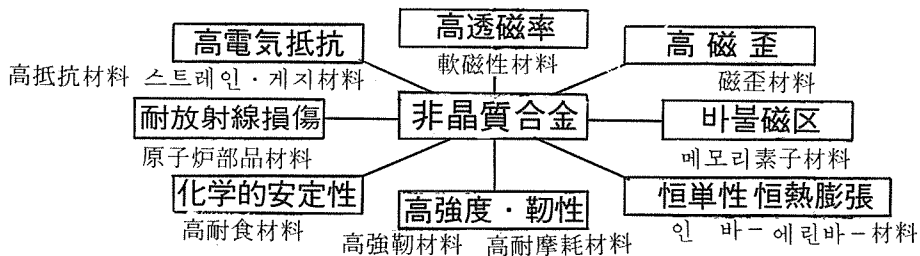
큰 金屬元素끼리의 合金이 非晶質化하기 쉽다. 實例를 들면 Au-Si, Pd-Si, Fe-ρ, Fe-B, Co-B, Ni-p 등(前者)과 Zr-Cu, Nb-Ni, Ta-Ni 등(後者)이 있다. 二元系 만이 아니고 三元系, 四元系도 있기 때문에 合金의 種類는 無數히 많다.

◇ 構造 ◇

非晶質合金의 構造를 究明하려는 努力은 많은 研究가 이루어졌고 앞으로 계속 될 것이다. 다른 여러 분야에서 그랬던 것처럼 應用研究가 앞서 있고 構造究明 같은 기초적인 研究가 뒤쫓아 가고 있는 실정이다. 結晶金屬의 경우는 回析實驗으로부터 構造가 究明될 수 있었으나 非晶質金의 경우 理論的 構造모델 設定을 필요로 한다. 따라서 電子計算機를 活用하여서 활발한 研究가 進行중이고 剛體球의 稠密無秩序充填(DRPHS: Dense Random Pacxing of Hard Spheres)에 기반을 둔 稠密無秩序充填 모델과 적은 結晶의 集合이라고 보는 微結晶모델 및 物質의 基本的인테에서 출발하여 構造를 究明하려는 모델등이 있다.

◇ 特性 및 應用 ◇

非晶質合金이 어떠한 特性을 갖고 있고 材料로서 어떠한 可能性이 있는가를 간단히 記述하고자 한다. 그러기 위해서는 각 特性과 材料로서의 可能性을 圖示하여 보면 다음 도표와 같



◇ 磁性 ◇

非晶質合金의 磁性特性에 대한 研究가 가장 많이 이루어졌고 材料로서의 可能性 또한 제일 높다. 非晶質合金에서는 本質的으로는 結晶磁

氣異方性이 없기 때문에 磁歪가 零인 高透磁率 材料 및 低磁心損失材料와 磁歪가 높은 磁歪材料 등이 있다.

高透磁率材料는 磁氣記錄 헤드로서 가장 적

합한 특성때문에 磁歪가 零에 가깝고, 飽和磁化量도 비교적 큰 Co系合金이 現用材料를 代置할 수 있고 곧 現用材料를 능가 할 수 있는 材料의 出現도 기대되고 있다. 成分이나 특성은 여러 가지 發表된 것이 있으나 進歩가 워낙 빨라서 소개가 무의미한 느낌이 들어 여기에 소개하지 않는다. 이미 초로 日本에서 實用材料가 몇가지 지나 나와 있다. 低磁心損失材料는 Fe-B系合金에서 多元系合金이 개발되어 配電變壓器를 試作한 結果 15KVA變壓器에서 電力節減이 142 watts라는 극히 有望한 데이터를 보여주고 있다. 이들 合金의 특성은 高磁束密度와 低鉄損이 주가 되고 있다.

한편 Fe~Co 一半金屬系合金에서는 44×10^6 이라는 높은 磁歪를 나타내기도 하여 超音波振動子나 磁歪遲延線 같은 磁歪材料로서도 그 가능성이 높다. 지금까지 알려진 磁性材料로서의 응용은 磁氣 shield材 電子回路用變流器磁心, 팔스電壓發生器磁心 漏電警報器磁心, 大電力用 DC-CT에의 응용 등이 많다.

◇ 電氣의 性質 ◇

電氣의 性質은 電氣抵抗率이 매우 높다는 것과 이의 溫度係數가 대단히 적다는 특징이 있으며, 이러한 것을 이용하여 스트레인·게이지로서 作用이 期待되고 있다. 여기에는 Ni-Si-B系合金들이 많이 研究되고 있다. 此外에 超電導特性에 대한 研究가 많이 進行되고 있으며 이 분야에도 이용될 전망이 크다.

◇ 機械的 性質 ◇

機械的 性質을 보면 結晶質金屬에서는 強度가 增加하면 韌性이 떨어지는 것이 보통이나 非晶質合金의 특징이며 長點은 높은 強度, 硬度 및 韌性을 모두 갖는다는데 있다. Fe合金, Ni合金, Co合金에서의 硬度는 1,000DPN이상 強度는 400 kg/mm^2 이상에 達하고 σ_f/E 는 0.02~0.03程度가 된다. 또한 대단히 높은 破境韌性을 갖는 것이 알려져 있으나 試料의 制約上 定性的 實驗이 많고 低溫에서도 아주 높다. 變形에 있어서는 非晶質合金은 理想的인 完全塑性體라고

생각되고 있다. 이와같이 극히 우수한 機械的 性質에도 불구하고 構造材料로서 활용되지 못하는 理由는 超急冷으로서 얻어질 수만 있다는 制約때문에 薄板으로서만 만들 수 있기 때문이며 現在는 이러한 데에만 쓰일 가능성이 있다. 그러나 최근에는 이러한 문제를 극복하기 위해 線材나 粉末로 만들어 複合材料를 만들어 우수한 機械的 性質을 활용하려는 움직임이 활발하기 때문에 가까운 장래에는 構造材料로서도 쓰일 수 있게 될 것이다. 非晶質合金의 彈性特性도 좋아 인바-및 에린바-材料로서도 가능성이 높다.

◇ 化學的 性質 ◇

非晶質合金의 化學的 特性은 非晶質이 結晶質에서와 같은 構造欠陷을 갖지 않았다는 點이다. 즉, 化學的으로는 理想에 가까운 均一性을 가진 合金이기 때문이다. 보통 金屬에서의 腐食은 金屬表面에 化學的 不均一部位가 있기 때문인 이 많은데, 化學的 不均一部位가 없는 非晶質合金은 局部的으로 발생하는 腐食(孔食과 같은)에 대해서는 특히 강하다. 鐵合金 니켈合金 및 코발트合金 모두에 第2 金屬元素를 添加함으로써 耐食性이 대단히 향상되어 크롬의 效果가 특히 지대하다. 이것은 現存하는 어느 耐食材料보다 높다.

극히 최근에 또 하나 化學的 特性을 이용한 것이 触媒特性이다. 非晶質合金을 近來 關心의 對象이 되고 있는 一酸化炭素의 水素化反應의 触媒로서 쓸 수 있는 가능성이 研究되고 있는 등이다.

◇ 結 論 ◇

以上 간단히 記述한 바와 같이 非晶質合金은 無限한 可能性을 지니고 있고 數 많은 研究者가 활발한 研究를 遂行하고 있기 때문에 여러가지 金屬材料로서 많이 쓰이게 될 것이다. 材料의 개발속도가 너무 빠르기 때문에 每年 달라지는 것을 느낄 수 있다. 우리도 이 分野에 대한 關心과 研究를 개울리 해서는 않된다고 확신하는 바이다.