

技術資料

銅 및 銅合金鑄物

慶 信 浩

Cu and Cu Alloy Castings

S. H. Kyoung

1. 序 論

人類가 最初로 만든 鑄物은 銅合金鑄物이며 6,000 年의 長久한 歷史를 가지고 있다.

銅合金鑄物하면 用語上 한마디이지만 그 合金元素와 配合量에 따라 그 種類가 대단히 많고 그 特性 또한 多樣하다. 그러나 銅 및 銅合金元素는 高價이며 價格變動의 기폭이 커서 特殊한 경우에만 制限的으로 利用이 되고 있는 실정이다.

이러한 銅 및 銅合金鑄物에 關하여 그 長久한 歷史와 發展過程을 살펴보고 銅合金鑄物이 갖는 여러 가지 特性을 多方面에서 調査 檢討하면서 自動車用 素材로서 개발방향을 모색해 보고져 한다.

2. 銅合金鑄物의 歷史

“石器時代 末期에 돌밖에 모르는 石器人이 붉은 色을 띤 돌을 하나 주웠다. 우연히 發見한 이 돌은 自然銅으로서 이것이 人類가 最初로 갖게 된 金屬이다. 이 自然銅은 유연하여 돌로 두드리면 늘어나고 또 돌로 용이하게 깎여져서 칼, 접시, 향아리 같은 生活用品을 만들어 쓰게 되고 그대로 加熱하면 한층 더 유연성을 갖는 것을 알게 되어 쉽게 塑性加工할 수 있음을 알게 되었다” 이렇게 생각해 볼 수 있는 일이다.

銅은 BC 4000년경에 에집트, 메소포타미아 등의 中近東地域에 비교적 넓은 範圍에 産出되었던 自然銅을 鍛造 또는 研磨하여 使用한 것으로 推定되고 있다. 鍛造하려고 加熱하다 過熱되어 녹게 되고 이러한 失敗를 거쳐서 녹으면 流動性을 갖는 性質을 利用하여 熔解, 鑄造法을 開發하게 되었다. 그후 酸

化物系이 銅鑛石을 製鍊하여 많은 銅을 生産하게 되었고 그 銅鑛의 産地에는 錫鑛이 채취되는 경우가 많아 이것이 混合 製鍊되어 우연히 靑銅을 얻게 되었다. 靑銅은 銅보다 단단하고 音色, 色相이 좋고 용융점이 낮고 鑄造性이 좋기 때문에 이것을 研究, 開發하여 BC 3000년경부터는 意識的으로 靑銅을 만들게 되었다. 이러한 靑銅의 熔湯을 鑄型으로 鑄込하여 도끼, 화살촉, 容器, 裝身具등을 만든 것이 鑄物의 起源이라고 여겨진다.

BC 3000년경 銅은 키프로스(Cyprus)섬에서 主로 産出되었다. 銅의 鑛床이 크고 價値가 있어서 이 섬을 에집트人, 아시리아人, 페니키아人, 그리스人, 페르시아人을 거쳐서 로-마人이 支配하며 銅의 공급을 모두 이 섬에서 하였었다. 처음에는 “키프로스의 鑛石”이라고 부르다가 그후 Cyprium, Cyprum, Cuprum 으로 變해지고 이것이 英語의 Copper의 語源이 되었으며 化學記號는 라틴語의 첫머리 두 글자를 따서 Cu가 되었다.

中國은 殷代後期(BC 1400~1100)에 靑銅器 製作技術이 高度로 發達하여 정교한 장식 무늬의 容器나 工藝品등을 今日의 Lost-wax process 같은 蠟型法으로 만들었으며 周代(BC 1000 年경)에 쓰여진 “周禮考工記”에는 “金의 六齊”라 하여 6種類의 靑銅規格이 있어 錫의 成分과 그 用途를 規定하고 있으며 靑銅의 熔解法에 關한 作業標準도 明示되어 있다.

韓半島의 靑銅期 文化는 中國에서 傳來된 것이 아니고 BC 700~600년경 시베리아의 Minusinsk 地方의 Tagar 文化와 Ordos 地方의 靑銅器 文化와 거기에 Scythae의 要素도 融合된 “타카르-스키타이-오르도스”라고 할 수 있는 北方系 靑銅器 文化의 영향을 받아 始作되었으며 그후 BC 400~300년경에 中國系 靑銅器 文化가 들어와서 韓半島 西北部에 普及되었으며 이 地方 여러 곳에서 明刀錢의 遺蹟이 發見된 바 있다.

韓半島의 靑銅器技術은 西紀 4세기경 日本으로 건너가 이로 인하여 日本의 金屬文明이 始作되었다. 日本의 銅合金 關係 技術文獻 序頭에는 西紀 6~8세기경 中國大陸에서 佛敎와 함께 傳來된 것으로 說明되고 있으나 日本의 “騎馬民族說”에 依하면 4세기경 韓半島에서 대거 移住한 騎馬民들이 靑銅器文化를 전파하였으며 그들이 土着民들을 平定하여 야마또(大和) 朝廷을 세웠다고 한다. 日本의 古墳時代 5세기경의 古墳의 副葬品에는 前期에 比해 갑자기 馬具, 武器 등이 그 數가 늘어나며 이들이 모두 韓半島系 一色이라는 것이 이 說을 뒷받침하고 있다.

靑銅器時代의 개막은 古代社會에 엄청난 變革을 가져왔다. 農耕社會로의 定着과 古代國家形成을 촉진시켰으며 加恐할 力의 武器로도 利用되었지만, 平和的으로도 利用되면서 人類文化 發展에 크게 공헌하였다.

그러다가 鐵 및 鐵合金의 出現으로 이른바 鐵器時代를 맞이하여 鐵合金은 稀貴하기 때문에 主로 貨幣, 宗教的 器物, 佛像, 鍾, 장식품 등의 美術工藝品으로 活用되면서 靑銅鑄物의 製造技術은 이미 紀元前 2~3세기에 確立되었다.

古代 靑銅製品의 分析結果를 보면 錫鑛石을 求하기 어려운 지역에서는 Pb, Sb, As 등을 合金하여 鑄造하기 좋게 하였음을 알 수 있다. 그러다가 인도에서 금속아아연이 제련되고 17세기초에 錫대신 Zn 30~40%를 添加한 黃銅이 만들어지게 되고 近世에는 大砲用으로 砲金(Gun metal)이라고 불리워진 Cu-Sn-Zn 合金이 開發되어졌다. 産業革命以後 18~19세기에는 많은 種類의 銅合金이 開發됨과 同時에 증기기관의 汽缸, 피스톤을 비롯하여 여러가지의 機械材料로서의 特性을 발휘하면서 産業分野에 利用되어 다시 한번 人類 發展에 큰 공헌을 하였다. 現在도 銅合金鑄物 生産은 美術工藝鑄物보다 機械用 素材가 主體를 이루고 있으나 역시 高價이기 때문에 他 非金屬材料가 개발되면서 銅合金鑄物의 需要가 대체되고 있으며 機械의 要素部品에 貴重品처럼 使用되고 있는 實情이다.

### 3. 銅 및 銅合金의 鑄造組織

銅의 結晶構造는 面心立方格子(FCC)이며 原子價는 +1이고 原子의 直徑은 合金元素들의 直徑 中間 정도이다. 合金時 置換型固溶體가 되려면 結晶構造

가 같고 溶質, 溶媒金屬의 原子直徑의 差가 15% 以內여야 하고 8% 以內면 全率固溶體가 되며 原子價가 낮은 金屬이 높은 金屬을 잘 固溶함으로 銅은 다른 金屬을 比較的 넓은 범위에서 固溶하는 特性을 가지고 있다.

용융銅에 다른 金屬을 添加하면 添加元素는 즉시 용융銅中에 銅原子와 添加金屬原子가 均一하게 混在가 된다. 그 용융合金을 徐冷하면 응고되면서 銅이온의 位置 即 面心立方 格子點에 添加金屬의 이온이 置換되어 銅의 結晶構造와 같은 置換型固溶體가 되기도 하며 添加金屬原子의 種類나 其 濃度에 따라 添加金屬原子가 銅이온 사이에 침입하여 存在하는 浸入型固溶體가 되고 銅과 다른 結晶構造를 形成하는 경우 또는 原子의 外殼電子의 構造나 固溶原子의 增加 등의 영향으로 金屬間化合物을 形成하거나 金屬間化合物을 主體로 하는 中間相을 形成하는 경우도 되며 이러한 相(Phase)이 組合으로 나타난다. 銅과 主 合金元素와의 二元合金을 例로 하면 添加金屬量을 增加시켜 나갈 때 처음 생기는 固溶體는 銅과 結晶構造가 같은 FCC이며 이것을 1次固溶體( $\alpha$ )라 하고 合金種類에 따라 添加金屬量을 더 增加시킬 때 생기는 銅과 다른 結晶構造를 갖는 固溶體를 2次固溶體( $\beta$ )라 한다. 이 밖에 金屬間化合物과 이들을 主體로 한 中間相이 있다.

#### 3-1. 純銅鑄物(高傳導銅鑄物)

純金屬임으로  $\alpha$ -單相이며 脫酸이 不充分하면 結晶粒界에 酸化銅이 염주구슬 모양으로 析出되기도 한다.

#### 3-2. 靑銅鑄物

靑銅鑄物의 基本이 되는 Cu-Zn 二元系 평형상태도의 實用合金 範圍에서는  $\alpha, \beta, \gamma$  3개의 固溶體와  $\delta$  ( $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ ),  $\epsilon$  ( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ )의 2개의 金屬間化合物이 있다.

朱錫靑銅의 鑄造組織에서 Sn 含有量이 낮을 때는  $\alpha$ -單相으로 되며 結晶粒內에 錫의 偏析에 依하여 初晶 덴드라이트가 명확히 나타난다. 이것은 燒鈍하면 없어지고 均一하게 된다.

現用하는 實用合金 範圍에서는 砂型鑄物에서도 응고時 殘留液相中에 錫이 농축됨으로 包晶反應에 依해  $\beta$ 相이 晶出되기 쉬우며  $\beta$ 相은 586°C에서  $\alpha + \beta$ 를 共析하고  $\gamma$ 相은 520°C에서  $\alpha + \delta$ 를 共析시켜서

鑄物에 나타나는 組織은 단단한  $\delta$ 相中에  $\alpha$ 相이 點在하는  $\alpha+\beta$ 의 共析晶이 初晶  $\alpha$ -덴드라이트 사이에 보여진다. 또  $\alpha+\delta$  共析晶은 鑄塊의 偏析때문에 鑄物의 表面層에 많게 된다.

### 3-3. 磷青銅 鑄物

磷青銅의 組織은 Cu-Sn 系에  $\alpha+\text{Cu}_3\text{P}$ 의 共晶과  $\text{Cu}_3\text{P}$ 相이 나타난 것이다. 初晶  $\alpha$ 相은 극히 명료하게 나타나며 그 덴드라이트 간격에  $\alpha+\delta+\text{Cu}_3\text{P}$ 相이 존재한다. 또 Macro 組織은 組成的 過冷却이 朱錫青銅보다 현저하게 桂狀晶의 저해되어 微細한 等軸晶이 된다.

### 3-4. 鉛青銅 鑄物

銅에 鉛固溶限은 0.002~0.005%이며 鉛에 銅固溶限은 0.07% 以下로서 서로 固溶하지 않는다. 따라서 鉛青銅의 實場에서의 응고組織은 Cu-Sn系의  $\alpha$ -固溶體의 덴드라이트 사이에 Pb가 存在하고 있는 것이다. Pb의 分布는 2가지 形態가 있는데 하나는 不連續的인 Pb를 含有하고 있는 連續된 銅基相과 細長의 Pb로 分布된 덴드라이트相 銅基相이다.

### 3-5. 黃銅鑄物

黃銅鑄物의 基本이 되는 Cu-Zn 二元系 平衡상태도에서 鑄物用 合金은 亞鉛 約 45%까지의 範圍이며 組織은  $\alpha, \beta$ 의 二相이 나타난다.

이 合金의 鑄造組織은 38% Zn까지를  $\alpha$ -黃銅이라 부르며  $\alpha$ -單相이 晶出되지만 32.5%에서 38%까지의 合金은 鑄造狀態에서  $\beta$ 相이 나타나기도 하며 燒鈍하면  $\alpha$ -單相이 된다. 38% Zn 以上에서는 初晶으로  $\beta$ 相이 晶出되고  $\alpha+\beta$  黃銅의 範圍에서는  $\beta$ 相의 [111] 方向으로  $\alpha$ 相이 針狀으로 析出됨으로 그로 인하여 初晶으로 나타났던  $\beta$ 相의 크기나 形狀을 알 수 있다.  $\beta$ 相은 부식액에 依해  $\alpha$ 相보다 쉽게 부식됨으로 區別할 수 있다. 亞鉛量이 45% 以上에서는  $\beta$  單相이 나타나며 더 많아지면  $\text{Cu}_2\text{Zn}_3$ 의 金屬間化合物을 主體로 한 固溶體  $\gamma$ 가 나타난다.  $\gamma$ 相은 白色이며 단단하고 脆弱하여 機械部品으로는 쓸 수 없다.

### 3-6. 高強度 黃銅鑄物

高力黃銅이라고도 하며 4:6 黃銅에 Al, Fe, Mn, Sn, Ni 등을 첨가하여 이들 元素는 黃銅의  $\alpha$ 相이나  $\beta$ 相에 固溶되어 強靱性, 耐蝕性 및 耐磨耗性을 增進시킨 合金이다. 이들 元素의 添加는 亞鉛含有量을 增加시킨 것과 같은 結果가 되며 Guillet에 依하여 이들 合金元素 固有의 亞鉛當量으로 合金의 亞鉛當量을 計算할 수 있으며 이 亞鉛當量의 變化에 따라  $\alpha$ -單相,  $\alpha+\beta$ 相,  $\beta$ -單相,  $\beta+\gamma$ 相으로 이 合金의 응고組織이 나타난다. 高力黃銅의 實用合金은 거의 대부분  $\alpha+\beta$  組織이며  $\beta$ -單相 組織은 高硬度이며 특수한 耐磨耗性을 必要로 하는 경우 使用된다.  $\beta+\gamma$ 는 대단히 硬하고 脆性이 있어서 實用되지 못한다.

### 3-7. 알루미늄 青銅

Cu-Al 二元合金의 상태도에서 Al 約 9% 以下에서는  $\alpha$ -單相組織이나 Al 含有量이 增加되면  $\alpha+\gamma_2$ 의 共析相이 나타난다. 共析組織의  $\beta$ 相이 565°C에서  $\beta\rightarrow\alpha+\gamma_2$ 의 共析變態가 일어나며 이는 銅의 pearlite 와 같은 것으로  $\alpha$ 相과  $\gamma_2$ 相의 層狀組織을 형성한다. 이 變態速度는 대단히 느려서 충분히 徐冷할 때 일어나지만 變態點 부근에서 冷却速度가 어느 정도 크면  $\beta$ 相은 過冷되고 520°C에서 格子變態가 일어나서 規則格子  $\beta_1$ 이 된다.  $\beta_1$ 이 더 過冷되어 325°C 以下가 되면  $\beta$  相(Al 13% 以上에서는  $\gamma$  相)으로 分解된다. 이  $\beta_1\rightarrow\beta$  變態는 共析銅의 Martensite 變態에 相當하며  $\beta_1\rightarrow\beta$  變態溫度는 Al 含有量이 높을 수록 낮아진다. 이 合金은 徐冷脆性을 일으키는 경향이 있어서 實用合金은 Cu-Al 系에 여러가지 性質을 改善하는 目的으로 Ni, Fe, Mn을 첨가한다.

Cu-Al 二元合金에 固溶限 以上의 鐵이 加해지면 K相(S-Fe 혹은 Fe-Al 相)이 析出된다. 包共晶點(約 3.5% Fe) 以上으로 鐵이 含有되면 K相은 初晶으로서 나타나 그것이 核이 되어  $\beta$ 相 주위에 晶出되고 응고組織을 현저하게 微細化시킨다.

Ni도 固溶限 以上으로 加해지면 K相(Ni-Al)이 析出되고 K相에 依하여 時效硬化시킬 수가 있다.  $\beta$ 相으로부터 析出하는  $\alpha$ 相은 Ni이 적으면 針狀이 되고 3% 以上이면 片狀으로 된다.

Ni-알루미늄青銅은 Ni, 鐵의 添加와 Al의 制限에 依해서  $\gamma_2$ 相의 生成을 억제하고( $\alpha+K$ )相의 合金을 만드는 것이며 Mn-알루미늄青銅(알루미늄 청동 4종)은 Mn을 添加하여  $\beta$ 相을 安定化시켜  $\beta\rightarrow\alpha+\gamma_2$

를 억제하고 ( $\alpha+\beta$ )로 만든 2相合金이며 徐冷脆弱성이 없다.

### 4. 性 質

#### 4-1. 物理的 性質

銅 및 銅合金鑄物의 物理的 性質中 우선 내세울 것은 電氣 및 熱傳導度가 높다는것이다. 銅에 關하여는 굳이 說明할 必要가 없고 銅合金도 他金屬의 合金보다 비교적 높다.

電氣 및 熱傳達을 必要로 하는 部品으로 많이 利用되는 黃銅의 電氣 및 熱傳導率은 그림 4-1과 같으며 亞鉛量의 增加에 따라 처음에는 急히 감소하다 亞鉛量이 20%를 넘으면 완만하게 감소하고  $\beta$ 相이 出現하면서 약간 상승하며 40% 以上에서 급격히 상승한다.

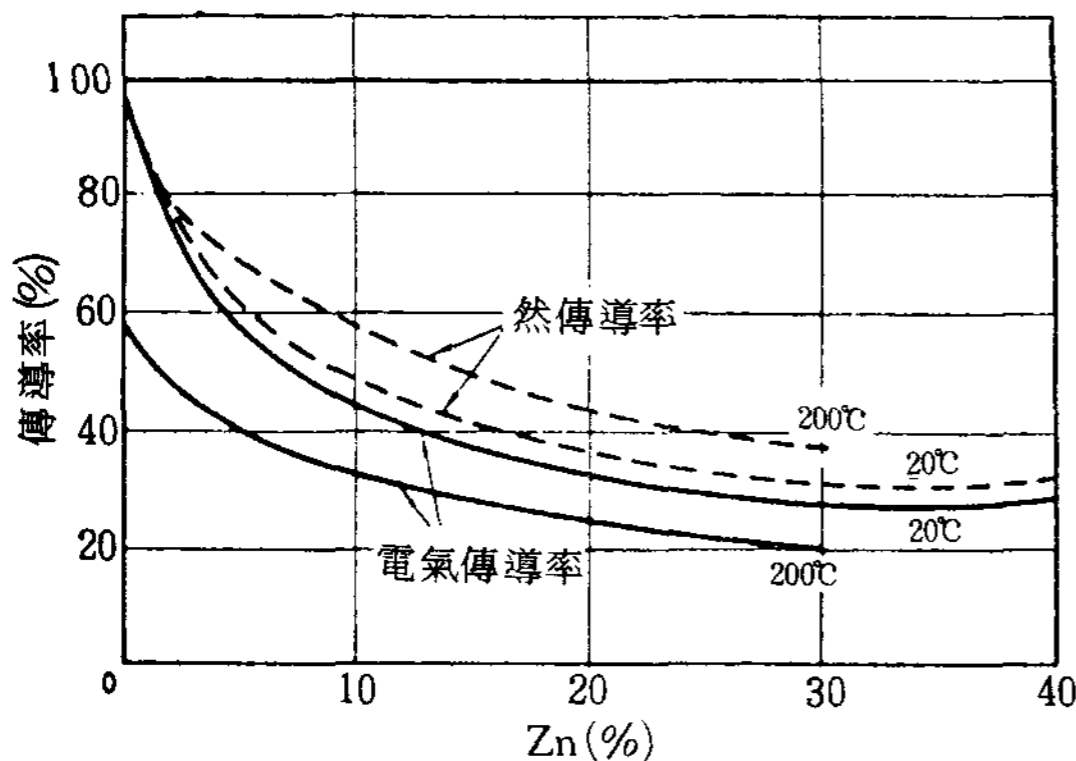


그림 1. 黃銅의 電氣 및 熱傳導率과 Zn量 및 溫度와의 關係

各種 銅合金鑄物 KS 規格中 代表的인 種類를 선정하고 이에 해당되는 CDA Alloy No의 諸般 物理的 性質을 표 4-1에 表記하였다.

#### 4-2. 機械的 性質

銅合金鑄物은 構造材料로서 적당한 強度를 갖고 있으며 合金元素의 種類 및 組成에 依한 單相合金 多相合金의 組合 또는 熱處理에 따라 強度나 機械的 特性이 廣範圍하여 어떠한 경우의 要求라도 충분히 수용된다. 引張強度가 高강도黃銅주물 4종이 77kgf/mm<sup>2</sup> 以上이며 알루미늄黃銅주물 3종(열처리

합)도 77kgf/mm<sup>2</sup> 以上이고 베리리움銅鑄物(열처리 합)은 120kgf/mm<sup>2</sup> 以上의 高張力이 얻어진다. 銅合金의 特性中에 하나는 一般物으로 低温脆性이 없고 冷間충격치가 큰것이 큰 長點이다. 銅合金鑄物의 종류별 機械的 性質은 5-2節의 KS 規格에 제시하였다.

#### 4-3. 工業的 性質

銅 및 銅合金鑄物은 前節에서 論한 것 外에도 여러 가지 좋은 特性을 지니고 있다.

##### (1) 非磁性

銅과 亞鉛은 非磁性體이며 Au, Pb, Bi, S와 함께 非磁性體中에서도 反磁性體에 屬한다. 銅 및 銅合金(黃銅)은 高度의 非磁性을 要求하는 電氣機器, 測定機器 例를 들면 標準磁器測定器에 使用되며 이 때 Fe가 0.04% 들어가면 常磁性이 됨으로 Fe, Ni, Co 등의 불순물을 극히 억제하여야 한다.

##### (2) 展延性(耐충격성, 非低温脆弱性)

銅과 銅合金中  $\alpha$ -固溶體는 結晶構造가 面心立方 格子이다. 이 FCC는 原子密度가 가장 큰面 即 Slip 面이(1,1,1)을 비롯하여 12個가 되어 塑性變形에 對하여 대단히 有利하다. 물론 銅合金鑄物이 塑性加工을 要하지는 않지만 이로 因하여 耐충격성이 좋고 低温脆性이 없다.

##### (3) 耐蝕性

銅 및 銅合金은 耐蝕性이 良好하다. 특히 銅은 大氣와 물에 對한 耐蝕性이 좋으며 大氣中에 CO<sub>2</sub> 및 SO<sub>2</sub> 및 水分등과 反應하여 表面에 綠青色의 염기성 炭酸銅(CuCO<sub>3</sub> · Cu(OH)<sub>2</sub>), 염기성 黃酸銅(CuSO<sub>4</sub> · Cu(OH)<sub>2</sub>) 등을 發生시키며 이것은 보통물에 不溶性으로 보호피막의 역할을 한다. 또 自然水中에서도 보호피막이 쉽게 형성되어 부식율이 낮으며 海水의 경우는 流速이 적을 때 부식율이 0.05%/year 정도 이다.

##### (4) 耐磨耗性

銅合金은 耐磨耗性이 좋다.  $\alpha$ -固溶體의 組織中에 단단한 金屬間化合物을 晶出시키든가 단단한 相을 析出시켜서 耐磨耗性이 높은 合金을 만든다. 또는 물론 相(例를 들면 鉛)을 分散시켜서 潤滑性을 좋게 하여 軸受特性에 좋게 되어 많이 利用된다.

##### (5) 切削性

銅合金은 대체로 切削性이 좋다. 切削性의 基準은 鉛入快削黃銅棒의 切削性을 100으로 하여 他 銅

표1. 銅 및 銅合金鑄物의 物理的 性質

종 류	기호 (KS)	CDA COPPER ALLOY NO.	밀 도 gr / cm <sup>3</sup> (20 °C)	전기도전율 %, IACS (20 °C)	열전도도 cal/cm <sup>2</sup> /cm °C (20 °C)	열 팽 창 계 수 × 10 <sup>-6</sup> (온도구간, °C)	비 열 cal/gr/°C (20 °C)
순동주물	-	80100	8.94	100	0.934	16.9(20-300 °C)	0.092
황동주물	2종 BsC 2	85400	8.45	19.5	0.21	20.2(20-100 °C)	0.09
//	3종 BsC 3	85700	8.40	22	0.20	21.7(20-260 °C)	0.09
고강도황동주물	1종 HBsC 1	86500	8.3	22	0.205	20.4(20-100 °C)	0.09
//	4종 HBsC 4	86300	7.84	8.0	0.085	21.7(20-260 °C)	0.09
청동주물	1종 BrC 1	90300	8.81	12	0.18	18.0(20-177 °C)	0.09
//	3종 BrC 3	83600	8.83	15	0.172	18.0(20-205 °C)	0.09
//	5종 BrC 5	84400	8.7	16.4	0.173	18.0(20-260 °C)	0.09
인칭동주물	2종 A PBC 2A	90700	8.78	9.6	0.112	18.1(20-200 °C)	0.09
연입칭동주물	1종 PbBrC 3	93700	8.95	10	0.125	18.3(20-200 °C)	0.09
//	5종 PbBrC 5	94500	9.4	10	0.125	18.3(20-200 °C)	0.09
알루미늄칭동주물	1종 AlBrC 1	95200	7.64	11	0.12	16.2(20-300 °C)	0.09
//	4종 AlBrC 4	95700	7.53	3.1	0.029	17.6(20-300 °C)	0.105
실진칭동주물	2종 SzBrC 2	87500	8.3	6.7	0.066	19.6(20-260 °C)	0.09

합금鑄物과의 比較值를 表示하고 있으며 鉛이 添加된 것은 特히 切削性이 좋다. 그러나 HBsC나 AlBrC는 좋지 않다.

(6) 鑄造性

鑄込溫度가 鐵系合金보다 낮고 流動性이 좋다. 두께가 얇고 복잡한 形狀의 鑄物을 鑄造하기가 쉽다.

(7) 色 相

銅合金은 色相이 좋고 그 色도 여러가지로서 銅赤色의 銅에 亞鉛을 添加하면 黄金色에서 靑色을 띠는 黄色으로, 錫을 添加하면 靑銅色에서 黄白으로, Ni을 添加하면 黄色에서 銀白色으로 되는 아름다운 色相을 만들 수 있고 여러가지 人工着色이 可能하다.

4-4. 經濟性

前節까지에서 銅 및 銅合金鑄物의 우수한 特性을 說明하였으나 反面에 큰 短點이 있으며 이것은 銅 및 合金元素의 資源의 限界성과 이로 인하여 價格이 高價이며 國際的 政勢變化에 따라 價格變動의 기폭이 심하다는 것이다.

그림 2는 銅의 LME(London Metal Exchange) 시세의 1954年以來의 추세이다.

地球 化學者 F.W.Clarke가 地下 16km까지의 地球 表層部의 元素의 構成을 分析하여 百分率로 表示한 數를 發表하였고 그 數를 클라아크數라 하는데(表 4-2 參照) 第1位 酸素, 第2位 珪素에 이어 Al, 鐵, Ca, Na, K, Mg의 8位까지의 元素가 98.59%를 占有하고 其他의 元素가 그 나머지가 된다. 銅은 27位 0.0045%이며 亞鉛은 24位, 0.0065%, 錫은 43位 0.0003%이다. 使用된지는 오래지만 資源이 이렇게 稀貴하고 比重도 他 工業材料보다 크기 때문에 相對價格이 高價임으로 성장하기가 대단히 不利한 合金이다.

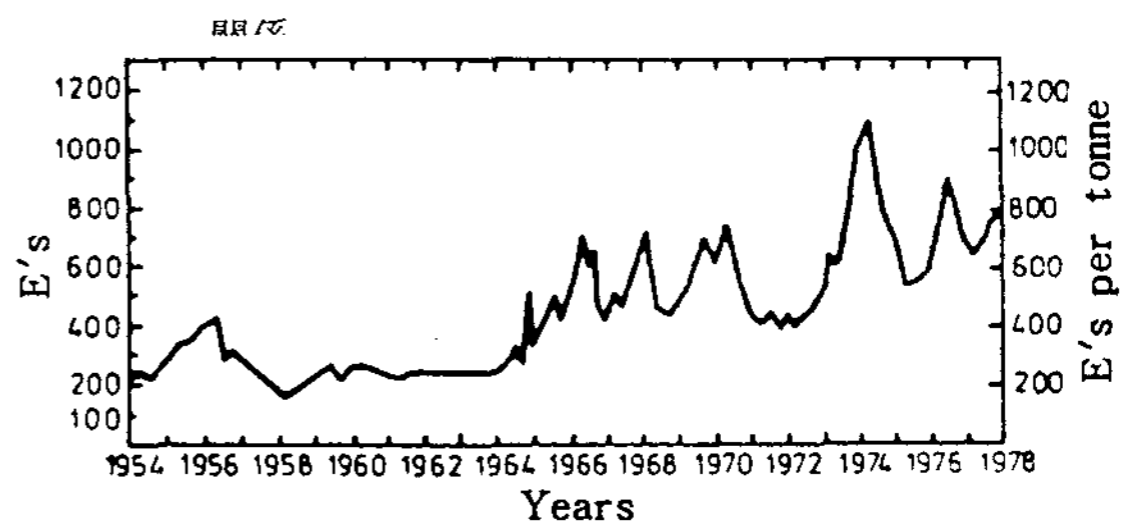


그림 2. 1954年 以來의 LME銅시세

5. 種類 및 規格

5-1. 種 類

표 2 . 클라아크 수표

원 소	클라아크수	크기의 순서	원 소	클라아크수	크기의 순서	원 소	클라아크수	크기의 순서
산 소	46.60	1	네 오	0.0024	30	테 르	$9 \times 10^{-5}$	59
규 소	27.72	2	니 오	0.0024	31	루 테	$8 \times 10^{-5}$	60
알 루 미	8.13	3	코 발	0.0023	32	수 은	$5 \times 10^{-5}$	61
철	5.00	4	란 탄	0.0018	33	옥 소	$3 \times 10^{-5}$	62
칼 슈	3.63	5	연	0.0015	34	안 티	$2 \times 10^{-5}$	63
나 트	2.83	6	칼 림	0.0015	35	비 스 마	$2 \times 10^{-5}$	64
칼 림	2.59	7	토 림	0.001	36	세 림	$2 \times 10^{-5}$	65
마 그 네	2.09	8	삼 마	$7 \times 10^{-4}$	37	카 드	$2 \times 10^{-5}$	66
티 탄	0.44	9	가 돌	$6 \times 10^{-4}$	38	은	$1 \times 10^{-5}$	67
수 소	0.14	10	프 라 세	$6 \times 10^{-4}$	39	인	$1 \times 10^{-5}$	68
인	0.118	11	스 칸	$5 \times 10^{-4}$	40	셀 렌	$9 \times 10^{-6}$	69
망 간	0.1	12	하 프	$5 \times 10^{-4}$	41	아 르	$4 \times 10^{-6}$	70
불 소	0.07	13	디 스프 로	$5 \times 10^{-4}$	42	팔 라	$1 \times 10^{-6}$	71
유 황	0.052	14	주 석	$3 \times 10^{-4}$	43	백 금	$5 \times 10^{-7}$	72
스 트 론	0.045	15	붕 소	$3 \times 10^{-4}$	44	금	$5 \times 10^{-7}$	73
바 리	0.04	16	잇 테 르	$3 \times 10^{-4}$	45	헬 림	$3 \times 10^{-7}$	74
탄 소	0.032	17	에 르	$3 \times 10^{-4}$	46	텔 루	$2 \times 10^{-7}$	75
염 소	0.02	18	취 소	$3 \times 10^{-4}$	47	로	$1 \times 10^{-7}$	76
크 림	0.02	19	게 르	$2 \times 10^{-4}$	48	레	$1 \times 10^{-7}$	77
치 르 코	0.016	20	베 릴	$2 \times 10^{-4}$	49	이 리	$1 \times 10^{-7}$	78
루 비	0.012	21	비 소	$2 \times 10^{-4}$	50	오 스	$1 \times 10^{-7}$	79
바 나	0.011	22	우 란	$2 \times 10^{-4}$	51	루 테	$1 \times 10^{-7}$	80
닉 켈	0.008	23	탄 탈	$2 \times 10^{-4}$	52	네 은	$7 \times 10^{-9}$	81
아 연	0.0065	24	팅 그 스	$1 \times 10^{-4}$	53	라	$1.3 \times 10^{-10}$	82
질 소	0.0046	25	몰 리 브	$1 \times 10^{-4}$	54	프 로 티	$8 \times 10^{-11}$	83
세 라	0.0046	26	세 슈	$1 \times 10^{-4}$	55	플 로	$3 \times 10^{-14}$	84
동 림	0.0045	27	홀 림	$1 \times 10^{-4}$	56	악 티	$1.3 \times 10^{-14}$	85
이 트	0.004	28	유 림	$1 \times 10^{-4}$	57			
리 림	0.003	29	탈 림	$1 \times 10^{-4}$	58			

銅 및 銅合金 鑄物의 種類를 大別하면

- (1) 電氣銅程度의 純度에 1%程度까지의 合金元素를 微量 添加한 純銅鑄物로는 高傳導銅鑄物
- (2) 亞鉛을 40%까지 添加한 黃銅鑄物과 이것을 強化시킨 高強度 黃銅鑄物
- (3) 錫을 5~15% 程度 添加한 錫青銅鑄物과 여기에 磷을 微量 添加한 磷青銅鑄物
- (4) 青銅에 鉛을 5~25% 程度 添加한 鉛青銅鑄物
- (5) 알루미늄을 10%까지 添加한 알루미늄青銅

鑄物

- (6) Ni을 添加한 Ni-青銅鑄物과 洋白鑄物
  - (7) Si을 添加한 실진青銅鑄物
  - (8) 其他 베리리움, 크롬銅, 珪素銅等 各種鑄物이 있으며 現在 KS規格에 규정된 銅合金鑄物은 7種의 規格에 28種類가 있다.
- 또 各種 銅合金鑄物을 製造法으로 分類하면 砂型, 金型, 다이캐스팅, 원심주조 연속주조, 정밀주조法이 使用되나 現在 우리나라는 砂型鑄造法이 主類를 이루고 있다.

5-2. 規 格

韓國工業規格(KS)에 규정된 銅合金鑄物의 종류를 표3에서 표9까지 나타낸다.

6. 用 途

銅合金鑄物의 規格에는 種類別로 用途例가 表示

되어 있고(5-2節. 規格 參照) 機械構造用 部品, 水力機械, 船舶, 自動車, 電氣機械, 建築, 土木, 장식용等 廣範圍하게 活用되고 있으나 銅合金鑄物의 큰 缺點인 經濟性 때문에 지금 이 순간에도 그 用途가 他金屬 및 非金屬材料에 잠식당하고 있다. 特히 自動車에서는 輕量化 추세에도어긋나기 때문에 승용차의 경우 거의 使用하지 않는 實情이다. 表 10은 各國 승용차에 所要되는 銅의 原單位를 表示한 것

黃銅鑄物

표 3. 황동주물 규격 (KSD 600)

종 류	기 호	화 학 성 분 %					
		Cu	Zn	Pb	Sn	Al	Fe
황동주물 1종	BsC1	83.0 ~ 88.0	잔 부	0.5 이하	Sn, Al, Fe의 합계가 1.0 이하		
황동주물 2종	BsC2	65.0 ~ 70.0	잔 부	0.5 ~ 3.0	1.0 이하	0.5 이하	0.8 이하
황동주물 3종	BsC3	60.0 ~ 65.0	잔 부	0.5 ~ 3.0	1.0 이하	0.5 이하	0.8 이하
종 류	기 호	인 장 시 험		용 도 보 기			
		인장강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)				
황동주물 1종	BsC1	15 이상	25 이상	프랜지 (flange), 전기부속품			
황동주물 2종	BsC2	20 이상	20 이상	전기부품, 일반기계부품 등			
황동주물 3종	BsC3	25 이상	20 이상	건축용장식품, 일반기계부품, 전기부품 등			

高强度 黃銅鑄物

표 4. 高强度 黃銅鑄物 규격 (KSD 6007)

종 류	화 학 성 분 %								
	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	불 순 물	
			Pb	Si					
1종	55.0 이상	나머지	1.5 이하	0.5 ~ 1.5	0.5 ~ 1.5	1.0 이하	1.0 이하	0.4 이하	0.1 이하
1종 C	55.0 이상	나머지	3.5 이하	0.5 ~ 2.0	0.5 ~ 2.0	1.0 이하	1.0 이하	0.4 이하	0.1 이하
2종	60.0 이상	나머지	2.5 ~ 5.0	2.0 ~ 4.0	3.0 ~ 7.5	0.5 이하	-	0.2 이하	0.1 이하
3종	60.0 이상	나머지	2.5 ~ 5.0	2.0 ~ 4.0	5.0 ~ 7.5	0.2 이하	-	0.2 이하	0.1 이하
종 류	기 호	주조법구분	참 고 (용도별)						
1종	HBsC 1	사형 주조 등	높은 강도와 내식성을 필요로 하는 것에 적합하고, 선박용 프로펠러 (주로 1종은 상선용, 2종은 군함용), 프로펠러 보닛 너트, 기어 베어링 지지기, 밸브 디스크, 선박용 부착기, 기타 일반기계 부품등에 사용된다.						
1종 C	HBsC 1C	연속 주조							
2종	HBsC 2	사형 주조 등							
3종	HBsC 3	사형 주조 등	특히 높은 강도와 경도와 내마모성을 필요로 하는 것에 적합하고, 교량용 지승판, 베어링, 너트, 나사, 기어, 내마모판, 슬리퍼, 워엄호일 등에 사용된다.						
4종	HBsC 4	사형 주조 등							

종 류	인 장 시 험	
	인 장 강 도 $kgf/mm^2$ { $N/mm^2$ }	연 신 율 %
1 종	44 이상 { 431 이상 }	20 이상
1 종 C	48 이상 { 470 이상 }	25 이상
2 종	50 이상 { 490 이상 }	18 이상
3 종	65 이상 { 637 이상 }	15 이상
4 종	77 이상 { 755 이상 }	12 이상

- 비고 1. 고강도 황동주물 1종의 선박용 프로펠러는 인장강도  $47 kgf/mm^2$  {  $461 N/mm^2$  } 이상으로 한다.  
 2. { } 를 붙여 표시한 단위 및 수치는 국제 단위계 (SI)로서 참고로 병기한 것이다.  
 3. 연속 주조품에 대하여는 바깥지름 100mm이하의 관 및 봉의 기계적 성질을 규정한다.  
 또한, 바깥지름 100mm를 초과하는 것에 대하여는 당사자 사이의 협정에 따른다.

靑銅鑄物

표 5. 청동주물 규격 (KSD 6002)

종 류	기 호	화 학 성 분					인 장 시 험		용 도
		Cu	Sn	Zn	Pb	불순물	인 장 강 도 $kg/mm^2$	연 신 율 (%)	
1 종	BrC1	86.0 ~90.0	7.0 ~9.0	3.0 ~5.0	1.0 이하	1.0 이하	25 이상	20 이상	기계적성질, 내식성이 우수성이 우수하여 밸브, 호오크 및 기계부품 등에 적합한다.
2 종	BrC2	86.5 ~89.5	9.0 ~11.0	1.0 ~3.0	1.0 이하	1.0 이하	25 이상	15 이상	
3 종	BrC3	82.0 ~87.0	4.0 ~6.0	4.0 ~7.0	4.0 ~6.0	2.0 이하	20 이상	15 이상	절삭성이 양호하여 기계부품 및 밸브, 코오크 등에 적합하다.
4 종	BrC4	86.0 ~90.0	5.0 ~7.0	3.0 ~5.0	1.0 ~3.0	1.5 이하	22 이상	18 이상	
5 종	BrC5	79.0 ~83.0	2.0 ~4.0	8.0 ~12.0	3.0 ~7.0	2.0 이하	17 이상	15 이상	절삭성이 양호하여 급수, 배수 및 건축용등에 적합하다.

磷靑銅鑄物

표 6. 磷靑銅鑄物 規格 (KSD 6010)

종 류	기 호	질 별	화 학 성 분 %				인 장 시 험		경도시험 $H_B$	참 고 용 도 보 기
			Cu	Sn	P	불순물	인장강도 $kgf/mm^2$ ( $N/mm^2$ )	연신율 %		
2 종 A	PBC2A	사형	87.0 ~ 91.0	9.0 ~ 12.0	0.05 ~ 0.20	1.0 이하	20 이상 (196 이상)	5 이상	60 이상	내식성과 내마성이 큰 기어, 베어링, 부상, 프로펠라 등에 사용
2 종 B	PBC2B	금형			0.15 ~ 0.50					
3 종	PBC3	금형	84.0 ~ 88.0	12.0 ~ 15.0	0.15 ~ 0.50	1.0 이하	-	-	90 이상	경도가 높고 내마성이 큰 뉴부속품, 스텝, 제지용 각종 롤 등에 사용



(5) 연입청동주물

표 7. 연입청동주물 규격 (KSD 6011)

종 류	기 호	화 학 성 분 %							경 도 (H <sub>B</sub> ) (10/500)
		Cu	Sn	Pb	Ni	불 순 물			
						Zn	Fe	기 타	
2 종	PbBrC2	82.0~86.0	9.0~11.0	4.0~6.0	1.0 이하	1.0 이하	0.3 이하	1.0 이하	65 이상
3 종	PbBrC3	77.0~81.0	9.0~11.0	9.0~11.0	1.0 이하	1.0 이하	0.3 이하	1.0 이하	60 이상
4 종	PbBrC4	74.0~78.0	7.0~9.0	14.0~16.0	1.0 이하	1.0 이하	0.3 이하	1.0 이하	55 이상
5 종	PbBrC5	70.0~76.0	6.0~8.0	16.0~22.0	1.0 이하	1.0 이하	0.3 이하	1.0 이하	45 이상
종 류	기 호	용 도 의 보 기							
2 종	PbBrC 2	내압성, 내마모성이 좋고, 중고속, 고하중용의 베어링 기타 실린마 밸브 등에 사용							
3 종	PbBrC 3	윤활성이 좋고, 중고속, 고하중용의 베어링, 피스톤 등에 사용							
4 종	PbBrC 4	윤활성이 좋고, 중고속, 중하중용의 베어링, 차량용 베어링 등에 사용							
5 종	PbBrC 5	윤활성이 좋고, 중고속, 경하중용의 베어링 엔진 등에 사용							

(6) 실진靑銅鑄物

표 8. 실진청동주물규격 (KS D6014)

종 류	기 호	화 학 성 분 %				인 장 시 험			용 도 보 기
		Cu	Si	Zn	Mn+Fe	불순물	인장강도 kg/mm <sup>2</sup>	연신율 %	
실진청동주물 1 종	SzBrC1	84.0 ~ 88.0	3.5 ~ 4.5	9.0 ~ 11.0	-	0.6 이하	35 이상	25 이상	유동성이 좋고, 강하고, 내식성을 필요로 하는 것에 적합하다.
실진청동주물 2 종	SzBrC2	78.5 ~ 82.5	4.0 ~ 5.0	14.0 ~ 16.0	-	0.6 이하	45 이상	12 이상	선박용 부품
실진청동주물 3 종	SzBrC3	80.3 ~ 84.0	3.2 ~ 4.2	13.0 ~ 15.0	0.5 이하	0.5 이하	40 이상	20 이상	유동성이 좋고, 강하고, 내식성을 필요로 하는 것에 적합하다. 템퍼취성이 적다. 선박용 부품

(7) 알루미늄靑銅鑄物

표 9. 알루미늄청동주물규격 (KS D 6015)

종 류	기 호	화 학 성 분					인 장 시 험			경도시험 Hs 10/100C	용 도 별
		Cu	Al	Fe	Ni	Mn	불순물	인장강도 kg/mm <sup>2</sup>	연신율 %		
알루미늄 청동주물 1 종	AlBrC1	85 이상	8.0 ~ 10.0	1.0 ~ 4.0	1.0 이하	1.0 이하	0.5 이하	45 이상	20 이상	90 이상	강도와 내식성을 필요로 하는 것에 적합하고, 내산부품 등에 쓰인다.
알루미늄 청동주물 2 종	AlBrC2	78 이상	8.0 ~ 10.5	2.5 ~ 5.0	1.0 ~ 3.0	1.5 이하	0.5 이하	50 이상	20 이상	120 이상	강도, 내식성, 내피식성, (Erosion) 내마모성을 필요로 하는 것에 적합하고 선박용 소형 플로펠라, 기어, 베어링, 붓싱, 발부 시이트 등에 쓰인다.
알루미늄 청동주물 4 종	AlBrC3	78 이상	8.5 ~ 10.5	3.0 ~ 6.0	3.0 ~ 6.0	1.5 이하	0.5 이하	60 이상	15 이상	150 이상	특히 높은 강도와 내식성, 내피식성, 내마모성을 필요로 하는 대형 주물에 적합하고, 선박용 플로펠라, 스리브 등에 쓰인다.
알루미늄 청동주물 4 종	AlBrC4	71 이상	6.0 ~ 9.0	2.0 ~ 5.0	1.0 ~ 4.0	7.0 ~ 15.0	0.5 이하	60 이상	15 이상	150 이상	

表 10. 國別 승용차 1台當 銅使用 原單位 (單位: kg)

區 分	1983		1990	
	車體重量	銅使用量	車體重量	銅使用量
日 本	761	8	627	5
美 國	1,063	13	844	10
西 獨	710	7	574	5
프랑스	721	20	573	15

으로 여기서 日本의 경우 승용차 1대에 銅이 1983년에 8kg에서 90년에는 5kg으로 감소되며 各國의 1台當 所要量은 다르나 다 감소추세에 있음을 알 수 있다. 이 資料는 銅을 기준하고 있어서 여기에 亞鉛도 들어가서 銅合金量은 그보다 많지만 대부분이 伸銅品으로 Radiator의 tank, tube, fin 材料가 차지하고 銅合金鑄物로는 Engine의 crank shaft와 con-rod의 Bearing, Transmission의 Synchronize Ring 등이며 이들도 단순한 鑄造製品이라고 볼 수 없고 그외에 商用車, 特裝車의 Bushing으로 小量이 소모되고 있는 實情이다.

### 7. 開發展

銅 및 銅合金 鑄物은 여러가지 우수한 特性을 가지고 있음에도 불구하고 그 經濟的인 缺點때문에 成長이 위축되어 가고 있다. 이것을 타개하는 길은 生産工程에서 原價節減을 기하여 競爭力을 제고하는 것과 銅 및 銅合金만 갖는 特性을 必要로 하는 새로운 需要를 開發하는 길 뿐이다.

表 11. 西獨 銅合金鑄物 材質別, 鑄造法別 生産量(1983年)

(單位: TON)

鑄造法別 材質別	砂型鑄造	金型鑄造	遠心鑄造	連續鑄造	DieCast	其 他	合 計
銅(非合金)	1,070	336	68	1,176	-	-	2,650
青銅(Red Brass)	10,748	106	1,738	7,594	-	750	20,936
黃 銅	5,127	21,966	5,358	70	2,418	18	34,957
Ni 10%이하의銅合金	248	2,138	109	13	-	12	2,521
錫青銅	1,761	31	2,671	2,746	-	205	7,414
其他 銅合金	2,098	384	450	499	11	25	3,467
合 計	21,053	24,961	10,394	12,098	2,429	1,010	71,944
百分率(%)	29.3	34.7	14.4	16.9	3.4	1.4	100.0

銅合金 鑄物의 競爭力을 強化하는 方法은 高價인 原材料의 收率向上과 鑄造加工費의 節減, 그리고 不良率의 減少 뿐이다. 現在 우리나라에서는 砂型鑄造法을 主로 하고 있어서 業體가 成長을 못하고 營生성을 면치 못하고 있다.

西獨에서는 表11에서처럼 1983年度 銅 및 銅合金 鑄物 生産量 71,944톤中에 砂型鑄物이 29.3%뿐이며 나머지 70.7%가 金型鑄造, 連續鑄造, 遠心鑄造, Die cast 등의 鑄造法으로 生産하고 있다. 1969年에도 砂型鑄物이 37%였으며 이것이 해를 거듭할수록 감소되었다.

砂型鑄物은 加工여유도 많이 주어야 함으로 生産收率이 낮고 生産性도 떨어지고 不良率이 높기 때문에 시급히 砂型鑄造에서 特殊鑄造法으로 轉換되어야 하며 이에 關한 研究, 開發이 촉진되어야 한다.

이러한 特殊鑄造法에는 다음과 같은 合金을 適用할 수 있다.

- 다이캐스팅: 主로 BsC와 一部の HBsC,
- 遠心鑄造: BrC, PBC, PbBrC, HBsC, AlBrC,
- 連續鑄造: BrC, PBC, PbBrC, AlBrC, 純銅

이 鑄造法을 選擇할 때 合金의 種類外에도 鑄造品의 形狀, 精度, 經濟性을 左右하는것은 主로 鑄造品의 重量과 個數이며 적용될 수 있는 범위는 表7-2와 같다.

#### 7-2. 새로운 特需時代

青銅器 時代가 개막되면서 人間의 生活, 文化에 一大變革을 가져오게 한 青銅은 그 後 鐵器時代以前까지 唯一한 金屬材料로서 各광을 받아 왔다. 鐵

表12. 銅合金鑄造法에 따른 重量과 載量

鑄造方法	製品重量	製品數
金型	5 kg까지, 最高 30 kg	1000 個以上, 最小 200 個
다이캐스팅	5 kg까지	2000 個以上
遠心鑄造	1000 까지, 最高 5 ton까지	鑄型에 따라 任意
連續鑄造	기리, 徑에 따라	任意
精密鑄造	1 kg까지, 最高 2 kg까지	3000 個以上, 最小 200 個

器의 出現으로 靑銅의 位置는 밀리면서 靑銅의 耐蝕性, 色相等의 特性을 살려 美術工藝品으로 利用되어 오다가 産業革命以後 強度, 耐磨耗性 등 우수한 特性이 再發見되어 機械材料로서의 特需時代를 맞이하였고 現在는 價格이 비싸서 機械要素로서 貴重品처럼 使用되고 있다. 또다시 産業革命과 같은 變革과 特需는 어떻게 올것인가. 現在 地球上에 人口는 폭발적으로 增加하고 있으며 이에 對한 解決方案은 海洋과 우주공간에서 찾을 수 밖에 없다. 우주開發은 아직 요원하고 海洋開發의 時代가 먼저 오게된다. 現在 무궁무진한 資源의 寶庫인 海洋開發은 初期단계이며 開發의 過程은 심해 잠수정의 탐사와 다음에는 海底 構築物을 건설하게 된다. 이때 銅 및 銅合金의 低場強度, 耐海水性, 低溫 耐충격性, 그리고 非低溫脆化性 등은 다른 材料에서 解決할 수 없는 特性으로서 각광를 받게 된다. 銅은 冷凍, 冷房의 低溫材料로서 많이 使用되며 低溫일 수록 機械的 性質이 增加하며 그림 3은 脫酸銅管의 例이나 영하 200°C에서는 常溫의 경우보다 引張強度 1.5배 增加하고 伸率이 1.2배 增加하며 항복강도 (0.2%)도 增加하는 低溫에서 더욱 力을 발휘할 수 있는 材料이다.

參考文獻

1. 非鐵合金鑄物(鑄造技術講座) : 日刊工業新聞社
2. Copper and Its Alloys : E.G. West, ELLIS HORWOOD Limited.
3. STANDARD HANDBOOK-7 / ALLOYDATA : C.D.A
4. 銅의 이야기 : 仲田進一, 日本規格協會

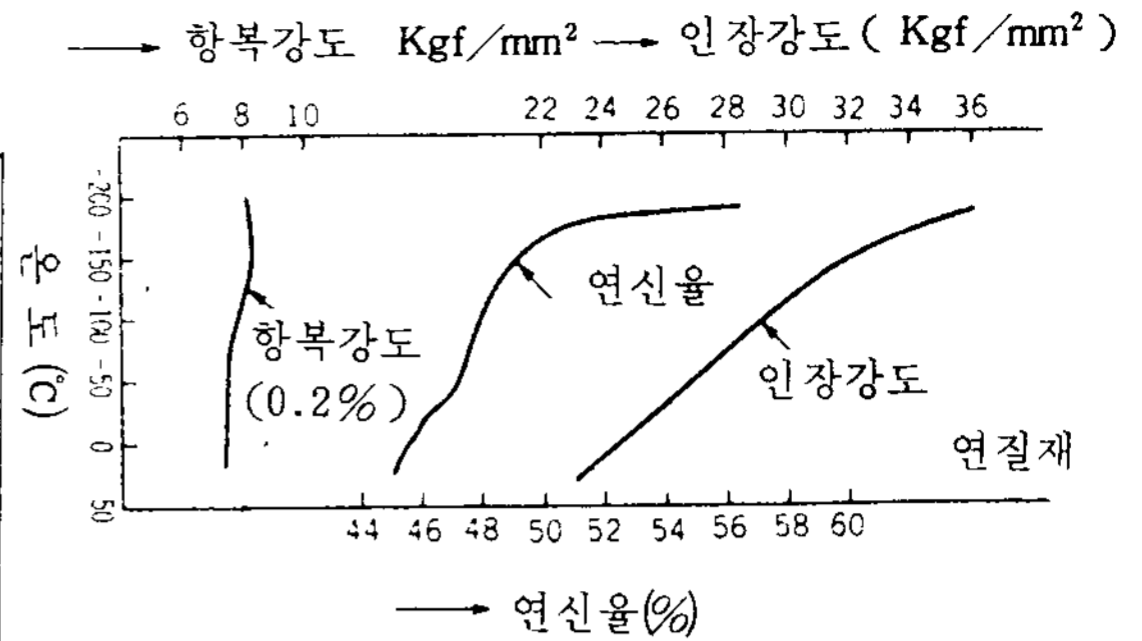


그림 3. 低溫에 있어서 脫酸銅管의 機械的 性質

銅合金鑄物이 海底構築物에 多量으로 利用될 時期는 언제가 될지는 모르지만 그 品質의 水準은 우주船의 部品程度로 완벽한 Sound Casting이어야 함에는 틀림없다. 지금 하여야 할 일은 銅合金鑄物의 品質向上과 特殊鑄造法의 開發等の 研究가 推進되어야 한다.

8. 結 論

銅 및 銅合金鑄物은 6,000年前부터 人類가 使用해 왔으며 靑銅器時代의 開幕과 産業革命以後에 人類 文明의 發展에 크게 공헌하였다.

合金元素의 種類도 여러가지이며 그 組成範圍도 넓고 組織의 相도 多樣함으로 銅合金의 特性 또한 多樣하여 어떠한 條件도 受容할 수 있는 有用한 工業材料이나 經濟的인 弱點때문에 活用의 制約을 받고 있다. 따라서 銅合金 固有特性이 充分히 活用될 分野에서만 用途가 擴大되겠으나 이제부터의 海洋開發에 새로운 可能性과 需要의 擴大를 豫想할 수 있다. 또 現在의 砂型鑄造法에서 金型鑄造法等 特殊鑄造法으로의 轉換도 需要擴大의 길이며 時急히 이에 關한 研究 및 現場의 開發이 推進되어야 한다.

5. 韓國上古史의 爭點 : 千寬宇編, 一潮閣
6. 韓國美術小史 : 金元龍, 三星文化財團
7. 알루미늄靑銅 : 日本學振會編, 日刊工業新聞社
8. 綜合鑄物 : 中 鑄物學校, 綜合鑄物센터
9. 世界百科大辭典, 學園社
10. 素形材年鑑(昭和 60年度), 素形材센터
11. 鑄物便覽 : 日本鑄物協會編, 丸善