

非鐵金屬鑄物の 現況과 技術的 諸問題

梶山正孝

日本 東海大學 教授

羅 亨 用* 譯

지금 소개받은 東海大學의 梶山입니다. 이번 한국주물인협회 초청으로 이 자리에서 강연하게 된것을 대단히 영광으로 생각합니다. 오늘 말씀드리고자 하는 제목은 日本國內 非鐵金屬鑄物の 現況과 最近의 研究課題입니다.

I. 日本의 非鐵金屬鑄物の 生産動向

非鐵金屬鑄物은 주로 銅合金鑄物과 알루미늄合金鑄物로 대표할 수 있으므로, 이 두分野에 대하여서만 설명하겠다.

銅合金鑄物の 最近의 生産動向에서 76年度에 약 89,000 ton이 生産되었으며, 이는 75年度에 比하여 약 2% 增加된 결과이다. 그러나 73年度의 最大生産量에 比하면 73%정도에 지나지 않는다. 1973년이란 石油과동이 일어났던 해로서 모든 分野에서 生産活動이 활발하였던 해이다. 銅合金鑄物은 産業機械用, 발브部分品 等에서는 약 7~8% 增加되었으나, 船舶用에서는 상당량이 減産되고 있는 실정이다.

또 1973年~1976年의 輕合金鑄物の 生産資料에서 Al合金鑄物이 自動車部分品으로 전체의 약 77%가 소비된 것으로 보아, 自動車工業이 현재 日本에서는 상당히 활발하다는 사실을 짐작케 한다. 그리고 76年度의 輕合金鑄物の 生産量은 前年比보다 약 18% 增加되고 있다. 이와같이 輕合金鑄物은 銅合金鑄物에 比하여 비교적 生産량이 증가되고 있으나, 실제로는 큰 問題點이 있다.

즉 Al地金の 價格이 대단히 上昇한 反面 鑄物品의 값은 制限을 받게 되었다. 따라서 製品價의 材料費가 높아진 결과로 되었다. 다음 問題로서 自動車工場 自體內의 生産問題이다. 따라서 輕合金鑄物生産만을 專問으로 하는 企業에서는 앞으로 더욱 努力하지 않으면 어려운 실정에 빠지게 될것이다.

* 서울大學校 工科大學 教授

다음에 die casting의 生産量을 살펴보겠다. 76年度의 die casting 生産量은 前年에 比하여 50% 이상 증가된 것으로, 豫想外의 증가추세이었으며 앞으로 어떤 變化를 가져올지 의심스러운 일이다. 즉 Al-die casting 生産量의 增加는 輕量化와 小型化를 위한 自動車工業의 目標를 달성하기 위한 것으로 풀이된다. 日本製 自動車는 美國製에 比하여 훨씬 작으므로 輕量化, 小型化 및 省力化는 큰 問題로 되었다.

非鐵金屬鑄物の 企業體數는 1973年의 519個專門工場에서 1976년에는 470個 工場으로 약 50개가 줄었다. 이는 2年以上에 걸친 不況, 注文의 減少 및 公害問題에 따른 社會環境의 壓力 等이 原因이라 하겠다. 또 1972年度에 非鐵金屬鑄物工場에 종사한 종업원수는 18,500名이었으나, 1976年度에는 15,900名이 되었다. 4年間에 약 2,600명이 감소되었다. 이러한 현상은 역시 企業體數의 감소와 長期不況에 따른 企業 利潤이 적어지는데 原因이 있다고 본다.

亞鉛合金 die casting은 1976년도에 약 60,300 ton이 生産되었으며, 이 鑄物은 自動車部分品으로 많이 사용된다. 自動車가 增産됨에도 불구하고 Zn die casting 生産量이 증가되지 않는 이유는 強度가 要求되지 않는 部分品에는 plastic製로 점점 바뀌어지기 때문이다.

II. 最近의 開發研究 動向

(1) 銅合金鑄物技術에 대하여

나는 大塚先生이 말한 日本學術振興會의 船舶用 propeller 鑄造分會長을 맡고 있다. 이 分會는 1950年頃부터 오늘날까지 研究活動을 계속하고 있으며, 이 分會의 最近의 主研究課題는 Al青銅製 propeller의 鑄造에 關한 技術問題이다.

또 現在 日本에서는 銅合金鑄物에 관한 연구는 日本鑄物協會와 日本非鐵協會의 共同委員會에서 매년 課題

를 선택하여 研究를 推進하고 있다. 이들 研究課題中 첫째 研究課題는 銅合金을 熔解할때 발생하는 fume에 관한 문제이며, 둘째 課題는 靑銅鑄物의 金型鑄造問題이고 셋째 課題는 低周波爐에 依한 熔解作業標準化 및 熔解의 確實性 問題이다.

첫째 課題로서 銅合金을 熔解할 때에는 증발하기 쉬운 合金元素가 fume으로 발생되며, 이 fume 中에는 有毒한 것이 있다. 따라서 이러한 金屬 fume이 어느정도 발생하느냐 하는 問題이다. 이 연구는 1974년도의 공동연구로서, 다음과 같은 결과를 얻었다. 즉 金屬 fume은 증기압이 높은 元素가 合金되었을때 발생하는 것으로 어느 元素가 一定한 溫度에서 어느 정도의 증기압이 있는지 살펴야 된다. 즉 銅合金을 용해하는 1,250°C에서 각 金屬의 증기압을 살펴보면 Mn보다 貴한 元素는 거의 蒸에 가까우나, 이보다 輕한 元素에서는 상당한 증기압을 가진다. 특히 Zn, Cd은 증기압이 매우 높다. 例로서 JIS BC6合金 (Cu 85%, Zn 5%, Pb 5%, Sn 5%)에서 熔湯의 溫度가 높아짐에 따라 제일먼저 Zn의 fume이, 다음으로 Pb, Cu, Cd 순으로 fume量 (mg/Nm³/100cm²)이 증가한다. 또 Pb 10%인 靑銅에서도 溫度上昇에 따라 Pb의 fume이 먼저 발생한다. Zn 30%, Al 2.5%인 高力黃銅에서도 역시 Zn의 증기가 제일 많고 다음으로 Pb, Al, Cu의 순으로 증기압이 높으며, 더욱 溫度가 높아지면 Cd과 Mn순으로 fume量이 발생한다. 이와같이 Zn이 들어있어도 어느 溫度에서는 Al, Cu, Cd의 fume이 발생하는것을 알게 되었다. 그러나 Al靑銅 (Al 10%, Fe 4.5%, Ni 3%, Mn 1%)에서는 fume의 발생량이 매우 적었다.

85-5-5-5인 Cu-bronze에서 Pb를 5%로 일정히 하고 Zn을 1.5, 2, 3 및 5%로 변화시키면 Zn량이 증가됨에 따라 Zn의 fume量도 증가한다. 그런데 Pb 含量이 一定함에도 불구하고 Zn량이 증가됨에 따라 Pb의 fume도 증가되었다. 또 Pb靑銅에서도 Pb含量이 많아짐에 따라 Pb fume이 증가하였다. 이와같이 銅合金을 용해하면 많은 fume이 발생한다. 따라서 이러한 fume이 人體에 어떠한 영향을 미치는가 주의깊게 검토하여야 되겠다.

다음에 JIS BC6 合金을 용해할때, 용탕표면에 大粒의 木炭을 약 1/3정도 피복시킨 경우와 보통 용해 그리고 小粒의 木炭을 全面 cover시킨 경우의 fume 발생 상황을 살펴보면 小粒, 正常狀態, 그리고 大粒의 순으로 fume 발생량이 많아지고 있다. Pb靑銅에서도 같은 결과를 나타내었다. 따라서 용탕표면에 어떠한 조치를 취함으로써 fume의 발생을 억제시키든가 또는 hood를 설치하여 증발·상승하는 fume을 제거하도록 하여야

된다.

둘째로 靑銅鑄物의 金型鑄造法에 관한 問題이다. 金型鑄造法은 이미 鑄鐵鑄物品 製造에 實用되고 있는 方法이다. 그러나 銅合金鑄物에서는 아직 충분한 기술 개발이 이루어지지 않은 方法이다. 이 方法은 黃銅과 Al靑銅鑄物에서 小規模적으로 실시되고 있으며, 그 中에서도 가장 많이 실시되는것이 靑銅鑄物이다. 따라서 靑銅鑄物의 金型化가 現在의 중요한 課題라 하겠다.

최근 研究를 계속하고 있으나, 靑銅의 金型鑄造法에는 상당히 어려운 問題들 많이 內包하고 있다. 卽 이 合金은 凝固溫度範圍가 매우 넓으며, 金型과의 表面反應으로 많은 表面缺陷을 나타낸다. 또 金型設計, 金型材料의 選擇 그리고 金型塗型材料 問題等 해결해야될 문제가 많다. 특히 金型鑄造에 가장 적합한 合金組成을 決定하는것은 가장 중요한 문제이다. 즉 Sn含量에 따라 砂型鑄物의 性質과 全然 다른 性質을 나타내기 때문이다. 이와같이 여러문제가 남아있어 이 合金의 金型鑄造法은 아직 完전한 실용화 단계라고 할 수 없겠다.

현재 실용되고 있는 Al靑銅의 金型鑄物의 性質에 대하여 간단히 설명하겠다. 同一한 Al 含量이라 할지라도 金型鑄造한 試片의 引張強度는 砂型鑄物에 비하여 훨씬 크다. 그러나 elongation은 훨씬 작게 된다. 이는 segregation (偏析)에 따른 鑄造組織의 變化에 期因된다고 한다. 따라서 두꺼운 鑄物을 金型鑄造한 경우 金型表面部에서의 冷却速度와 鑄物中心部에서의 冷却速度가 상당히 다르게 되므로 鑄物表面部와 內部の 機械的 性質이 다르게 된다. 例를들면 砂型鑄物에서 60kg/mm²의 引張強度를 얻으려면 약 10% Al이 合金되어야하나, 金型인 경우에는 8% Al이면 充分하다. 이 경우 金型에서는 약 40% elongation을 얻을 수 있으나, 砂型鑄物에서는 10% Al이 要求되므로 elongation은 약 20%에 지나지 않게된다. 그러므로 Al靑銅鑄物을 金型鑄造하므로써 같은 引張強度에서 延伸率을 倍加할 수 있게 된다.

셋째로 低周波 誘導電氣爐에 의한 銅合金熔解의 作業標準化 問題이다. 現在 銅合金 專問工場에서도 低周波爐를 設置하여 사용하기 시작하였으나, 아직 作業標準을 결정하지 못한 실정이다. 따라서 이 문제를 해결하기 위하여 공동연구를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다

㉠ 低周波爐의 용해에서는 용해분위기가 항상 일정하다. 따라서 脫酸處理를 정확히 실시할 수 있다.

㉡ 흑연도가니를 사용한 보통용해에서는 저주파로의 용해에 비하여 melt中の 酸素量이 약 1.5%정도 적다.

㉢ 용해효율을 높이려면 入力을 크게하고 短時間內에 용해하는것이 유리하다.

④ 低周波爐에서 첫번째의 용해에서는 starting block 를 사용하는것이 보통이나, 銅合金의 경우 ingot를 그대로 사용할 수 있다. 오히려 ingot를 사용한 경우 熔湯의 質이 더 좋았다.

(2) Al 合金鑄物에 대하여

첫째 문제로 Al合金의 熔解問題에 대하여 설명하겠다. 종래 Al 合金의 大量熔解에는 反射爐를 사용하였다. 이 反射爐란 加熱된 天井에서의 복사열을 이용하여 地金を 加熱·熔解하는 爐이다. 그런데 복사열의 熱移動量이란 絕對溫度의 4乘에 정비례한다. 그러나 Al의 용해온도는 비교적 낮으며 또 Al은 白色이므로 복사열의 흡수율이 낮게 된다. 따라서 反射爐에서 Al을 용해할 때 熱效率은 매우 적게 된다.

최근 日本에서 Z-melter라 하여 燃焼개스를 직접 地金에 접촉시켜 加熱熔解하는 爐를 개발하였다. 이 爐의 구조는 high speed burner에서 연소개스를 吹入하여 地金を 용해하고, 배기개스로 裝入된 地金を 예열하는 方式으로 되었다. 每時間 1 ton 용해능력을 가진 爐에서 熱效率이 第1회용해시에는 36%이었으나, 第2-3회에서는 40%로 되었다. 이 결과는 각 heat 사이의 시간이 약 2시간정도이어서 좋은 결과라고 생각할 수 없으나, 종래의 반사로에 비하면 상당히 큰 값이라 하겠다. 즉 반사로에서는 熱傳達速度가 7~8 Kcal/m²/hr 정도이었으나, Z-melter에서는 22~26 Kcal/m²/hr이었다. 또 Z-melter에서는 단시간내에 용해되기 때문에 熔解損失이 적은것도 큰 利點이다. 즉 반사로에서는 약 3%의 地金熔損이 있었으나, Z-melter에서는 0.8~1.5%정도하고 한다. 그리고 時間當 熔解能力이 똑같은 2T/hr의 Z-melter의 용해비용과 10T capacity의 反射爐의 용해비용을 비교하면, Z-melter의 경우 ¥ 3,550.00, 反射爐의 경우 ¥ 5,800.00이 소요된다. 이와같이 Al 合金의 大量熔解에는 Z-melter가 현재에는 가장 有利한 裝置라는것을 알 수 있다.

다음 問題로 piston用 Al合金에 대하여 설명하겠다. 최근까지 耐熱 Al合金 (Si 12%, Ni 1.8%, Mg 1%, Cu 1% Al殘)이 piston用 Al合金으로 사용되었다. 그러나 Ni이 合金되면 價格이 높아지게 되므로 Ni이 없는 piston 合金을 연구하기 시작하였다. 그러던중 최근에 豐田自動車會社에서 P alloy라 하여 Ni이 없는 piston合金을 개발하였다. P alloy는 Si 9.37%, Mn 0.67%를 合金한 것으로 Ni 대신에 Mn을 첨가한 합금이라 하겠다. P alloy의 기계적 성질은 JIS AC8B합금보다 우수하며, piston의 사용온도인 150~250°C에서

도 引張強度가 더 크다. 따라서 최근에 piston用合金으로 처음으로 P alloy가 쓰이게 되었다.

셋째 問題로 pore free (無孔性) die casting에 대하여 설명하겠다. 일반적으로 die casting은 鑄造時 空氣나 개스를 吸入하여 항상 blow hole을 남기게 되므로, 強度가 낮아지며 뒤의 熱處理가 되지 않는 缺點을 가지고 있다.

그러므로 die casting에서 pore (氣孔)를 除去하려면 鑄造時 die cavity部나 鑄込口에 있는 空氣를 없애 주어야 된다. 즉 眞空 die casting을 고려하게 된다. 그러나 실제로 die casting機를 眞空中에 설치한다는 것은 매우 어려운 일이다.

비교적 최근에 개발된 方法으로 美國의 ILZRO (International Lead-Zinc Research Organization)에서 시작한 PF process를 소개하겠다. 이 方法은 cavity 中에 있는 空氣를 酸素(O₂)와 交換하여 Al熔湯을 注入하면 순간적으로 O₂와 Al이 反應하여 無氣狀態로 되는 原理를 利用한 것이다.

이 ILZRO는 日本을 包含하여 11個國의 특허를 얻고 있으나, 基本特許뿐임으로 日本輕金屬協會에서는 實用化 方法을 개발하였다.

따라서 이 方法을 실시하려면 ILZRO의 基本特許와 日本輕金屬協會의 關聯特許를 취득하여야 된다.

이 PF process에 의하여 만들어지는 die castings는 nozzle에 加해지는 壓力이 同一하다 할지라도 ordinary casting에 비하여 機械的 性質이 優秀한 反面, 空氣吸入에 따른 鑄物缺陷이 없음으로 T₀ 熱處理로서 더욱 優秀한 材料로 된다.

예를들면 Si 12%인 JIS ADC 12인 합금이나 또는 砂型鑄物用인 AC4C인 합금에서도 PF die casting法으로 그 機械的 性質을 개량할 수 있으며, 특히 吸入된 개스에 의한 缺陷이 없으므로 T₀ 熱處理가 가능하여 약 39kg/mm² 정도의 引張強度를 얻을 수 있게 되었다.

또한 耐力도 熱處理에 의하여 2배정도 向上되며, charpy 충격치도 ordinary die casting (약 0.75kg·m/cm²)에 비하여 PF die casting의 T₀ 處理로 약 2배 이상 (약 1.7kg·m/cm²)의 값을 가진다.

이와같이 PF process로서 첫째 機械的 性質이 우수한 die casting을 제조할 수 있으며, 둘째 内部缺陷이 없으며 얇은 주물을 만들수 있고, 셋째로 용접가능한 제품을 만들수 있는 점이 특징이라 하겠다.

이 方法은 종래의 die casting machine에 약간의 부속을 장치하면 쉽게 사용할수 있다고 본다.

다음으로 이 방법의 경제성문제이다. attachment
를 부착시키는 경비와 특허사용료 등으로 약 10~15%
정도 원가상승을 가져오나, 不良率이 감소하며 熱處理
함으로서 機械的 性質이 向上되는것 등을 고려하여 鑄
物品을 設計한다면 全體的으로 20~30%가 오히려 감소

된다고 본다. 例로서 JIS ADC 12 합금으로 自動車
cooler用 compressor라든가 container에 쓰이는 용접
부품이 PF process로 만들어지고 있음을 附言하는 바
이다.