

## B4

304 형 스테인레스 鋼으로부터 非磁性 스테인레스 鋼의 製造에 關한 研究

서울 産業大學校 김 대 수  
럭키金屬 研究所 김 순 태  
이 은 덕 \*

Fabrication of non-magnetic stainless steel from 304-type  
stainless steel scrap

Seoul Polytech Univ. D.S. Kim  
Lucky Metals Corp. S.T. Kim  
Research Center U.D. Lee \*

### 1. 序 論

페라이트系 및 Martensite 系 스테인레스鋼은  $B \gg H$  即  $\mu \gg 1$  이므로 强磁性體에 屬한다. 完全한 오스테나이트 스테인레스鋼은  $B = H$  即  $\mu = 1$  이므로 非磁性體(常磁性體)에 屬한다. 그러나 304 型 Austenite 鋼에 炭化物이 析出하게 되면 透磁率은 2.6 以上으로 增加한다. 또한 深한 冷間 加工을 받으면, Austenite 相은 强磁性體인 Martensite 相으로의 變態가 일어나게 되어  $\mu \gg 1$  이 된다. 따라서 電子 放出 및 加速 裝置인 電子 銃의 素材로서는 適合하지가 못하다. 왜냐하면 filament 에서 放出된 電子빔이  $\mu \gg 1$  인 SUS 構造物을 通過하는 동안 SUS 內 Martensite 에 依해 形成된 非均一 磁場에 依해 힘을 받게 되므로 加速된 電子빔은 解像度가 低下하게 된다. 따라서 이러한 完全 非磁性 SUS 材料가 要求되는 部品の 素材를 製造하기 爲해서는 酷毒한 冷間 壓延이나 深한 deep drawing 時에 生成되는 强磁性體인 Martensite 相의 生成을 抑制하여  $\mu = 1$  인 常磁性體를 維持하여야 하며, 따라서 Austenite 安定度を 極히 높이는 方法을 摸索해야 할 것이다.

### 2. 實驗 方法

2.8 mm 두께의 304 SUS 板을 冷間 壓延을 거친後 1050 C 에서 燒鈍한 後 水冷하였다. 試片의 引張 強度, 延伸率, 및 Martensite  $\alpha'$  相의 定量的인 測定을 하였다. 25%~90% 加工率로 冷間 壓延하고 1050°C 에서 熱處理를 거친 試料의 透磁率 및 Martensite 含量을 振動 磁力 測定器(VSM)로 測定하였다. 表 1 과 같은 組成으로 STS 스크랩, 電解鐵, 니켈, 黑鉛, Mn, FeSi 5 kg 程度를 잘 混合하여 알루미늄 도가니에 裝入하고 眞空誘導 溶解하였다. 非磁性 STS 鋼의 特性을 比較하기 爲하여 두가지 組成의 合金을 鑄造하였다. 合金I의 組成은 21.8% Cr, 9.7% Ni, 1.18% Si, 1.42% Mn, 0.094% C 으로서 STS 304 의 組成과 類似하다. 合金II의 組成은 15%~17% Cr, 13~15 % Ni, 0.1% 의 Si, 2.5 % 의 Mn, 0.1 % 의 炭素를 含有하고 있다. 充分히 溶解한 後 400°C 로 豫熱된 鐵製 mold 에 鑄造한 後, 잉곳을 1100°C 에서 10 時間 동안 均質化 處理하였다. 잉곳을 表面 練削한 後 1000°C~1200°C 範圍에서 熱間 壓延하였다. 이러한 工程을 거쳐 製作된 2.8 mm 板材 試片을 酸洗한 後, 冷間 壓延하여 0.4 mm 의 板材를 얻었다. 冷間 壓延의 變數로서 加工率을 0, 25, 45, 65, 90 % 로 하였으며, 各 試片에 對하여 引張 強度, 硬度, 透磁率 및  $\alpha'$  를 測定하였다. 1050°C 에서

시간을 변화시키면서 熱處理, 水冷한 後, 弗酸/ 窒酸으로 酸洗한 後 引張 強度와 引拔 特性을 測定하였다.

#### 4. 結果 및 考察

加工程度가 클수록 引張 強度가 增加하는 傾向을 보이고 있으나, 面積 減少率의 大小에 關係없이 約 2 分後면 安定化 組織을 얻게되어 引張 強度의 變化가 없게 되는 것을 알 수 있다. 또한 約 2 分 程度의 燒遁에 依해 加工에 依한 스트레스는 없어지는 것을 알 수 있다. 冷間 加工度에따른 熱處理 時間과 延伸率의 關係에서 加工度가 작을수록, 燒遁 時間이 길수록 延伸率은 增加하며, 3 分 동안 熱處理한 境遇, 一定한 값을 갖는 것을 알 수 있다. SUS 304 試片의 熱處理 時間에 따른 殘留 Martensite量의 關係에서 引張 強度 試驗을 하기 前의 試料는 加工程度가 클수록 Martensite量이 增加하며, 熱處理時間에 對해서는 Martensite量이 0~ 0.3% 範圍에서 緩慢하게 減少하는 것을 알 수 있다. 引張 強度 試驗 後의 試料에 남아 있는 Martensite量은 30%~38 %로 急激히 增加한 것을 알 수 있다. 冷間 壓延率이 磁氣 透磁率에 미치는 影響을 보면 冷間 壓延率이 增加할 수록 磁性體인 加工 誘起 Martensite量이 比例하여 增加하고 있으며, 따라서 透磁率의 값도 約 20까지 增加하고 있는 것을 알 수 있다. STS 304 는 引張試驗 後 Martensite 含量이 33.5 % 로 增加한데 基因하여 透磁率이 13.5 로 높게 되어 非磁性 SUS 의 用途에는 適合하지 않은 것을 알 수 있다. 이 現象의 理由는 表 1 에서 알 수 있듯이, Martensite 變態에 對한 Austenite 安定度의 指標로서의  $M_{d30}$  및 Ni 當量으로 說明할 수 있다. 卽 STS 304 에 比해 常用 非磁性鋼의  $M_{d30}$ 은 낮고, Ni 當量은 높기때문에 Martensite 變態에 對한 Austenite 安定도가 높으므로 引張 試驗과 같은 深한加工을 하여도 磁氣 透磁率의 增加가 일어나지 않는 것을 알 수 있다. 實驗 合金 I 의 微細 組織으로부터 鑄造材의 微細 組織에서 알 수 있듯이 Ni 當量이 낮기 때문에 鑄造 後 Austenite 基地內에 磁性體인  $\delta$ -ferrite 相이 7.7 % 偏析되어 있으며, 따라서 透磁率도 2.8 로서 높은 편이다. 實驗 合金 II는 Ni-當量이 높기 때문에  $\delta$ -ferrite 相이 0.005 %로서 거의 存在하지 않는 것을 알 수 있으며, 이에 따른 透磁率도 1.003 으로서 常磁性體에 類似한 것을 알 수 있다. 合金 I(非磁性鋼)과 合金 II(磁性體鋼)의 溶解/鑄造, 均質化 및 熱間 壓延 後의 微細 組織으로부터  $\delta$ -ferrite 의 量 및 Ni, Cr 當量은 DeLong Constitution Diagram 으로부터 豫測이 可能하다. 卽 合金 I 은 Ni 當量 17.1 %, Cr 當量은 17.5 %,  $\delta$ -ferrite 量은 거의 0 % 이며 合金 II 는 Ni-當量 13.23 %, Cr 當量 23.74 %,  $\delta$ -ferrite 量은 14 % 以上으로 計算된다. 合金 I 과 II 의 微細 組織의 差異點은 Austenite 安定化 元素인 Ni-當量 差異에 따라  $\delta$ -ferrite 析出相이 合金 II 에 뚜렷한 것을 알 수 있다.

#### 5. 結 論

스텐레스 304는 冷間 壓延率이 增加 할수록 加工誘起 마르텐사이트 生成量이 34 % 以上으로 增加하므로 그에 따른 透磁率도 14 以上으로 增加하나, 오스테나이트 安定화스텐레스 鋼은 冷間 加工을 深하게 받는 引張 試驗 後에도 마르텐사이트 含量이 0.07 % 以下로 나타나므로 電子銃用 素材로서 適合한 것을 알 수 있다. 오스테나이트 相의 安定化를 極大化시킨 合金을 製造하기 爲해 Ni-當量 17.1 %, Cr-當量 17.5 % 의 條件을 滿足하는 組成으로 鑄造, 壓延 및 熱處理한 非磁性 스텐레스 鋼 試料의  $\delta$ -ferrite 量은 0.005 % 以下 이었으며, 그에 따른 磁氣透磁率도 1.003 으로서 常磁性體의 값과 類似 하였다.