



&lt;연구논문&gt;

한국표면공학회지  
J. Kor. Inst. Surf. Eng.  
Vol. 44, No. 5, 2011.

<http://dx.doi.org/10.5695/JKISE.2011.44.5.220>

## 304 스테인리스강의 착색 처리 조건이 표면 특성에 미치는 영향

김기호\*

충북대학교 신소재공학과

### The Effect of Coloring Condition on the Surface Characteristic of 304 Stainless Steel

Kiho Kim\*

Department of New Materials Engineering, Chungbuk National University, Cheungju 361-763, Korea

(Received July 28, 2011 ; revised October 10, 2011 ; accepted October 28, 2011)

#### Abstract

304 stainless steel plate was colored by hot dip and electrochemical treatment in a solution containing sulphuric and chromic acids. In the process, treatment variables such as operating time and method were changed. The surface characteristics that changed by the treatment of the samples such as surface composition, oxide film thickness, color, surface roughness and reflectivity were studied. Surface composition was varied as follows. Fe was decreased, but Cr and O were increased. Ni was increased until 20 min, but reveals decreasing tendency as time passed after that. These means the surface film becomes chrome rich oxide phase as the treatment times increase. The thickness of film was about 220 nm at 30 min by dip treatment and it reduced as the treatment times increased. On the other hand, the thickness was about 150 nm at 10 min by electrochemical method and it doesn't increase with time. Surface color changed from metallic white of the base plate to gray, black, red, and green-blue, gradually, as the treating time increased. The reflectivity of colored surface measured by UV-VIS-NIR spectrophotometer was reduced from max 38% of basis metal to min 3.5%.

*Keywords:* 304 stainless steel plate, Dip and electrochemical treatment, EDS, AES, Surface composition, Roughness, Reflectivity

## 1. 서 론

스테인리스강의 표면을 다양한 목적을 위하여 변화시켜주는 연구는 많이 발표되어 왔다. AISI 304 스테인리스강의 주성분은 Fe, Cr, Ni, Mn 등으로 구성되어 있으며, 304 스테인리스강에 관한 연구로서 독일의 Olesner 등<sup>1)</sup>은 전해법에 의한 스테인리스강 착색에 대하여 발표하였으며, 일본의 東海林 喜雄 등<sup>2)</sup>은 스테인리스강의 알칼리성 용액 착색처리에 대하여 발표하였다. Furneaux 등<sup>3)</sup>은 가열 황산/크롬산 용액 중에서 착색 처리된 스테인리스강의 처리에 따른 피막 구조에 대하여 발표하였으며, Kituti 등<sup>4)</sup>은 전해처리에 의한 304강의 착색 처리

표면의 구조에 대한 연구 결과를 발표하였다. 또한 Stefanov 등<sup>5)</sup>은 스테인리스강의 크롬산화물 피막의 구조에 대한 XPS 및 SEM 연구 결과에서 피막이 내부 산화크롬층과 외부의 얇은 크롬 수산화물의 이중 구조를 이루고 있으며 약 50 nm의 두께를 갖는다고 하였으나 조성 변화에 대한 내용은 없었다. Handbook of Chemistry and Physics의 data<sup>6)</sup>에 의하면 스테인리스강의 가시광선 반사율은 약 40%로 알려져 있고, 표면의 산화피막의 존재로 30%로 감소되는 것으로 알려져 있으나 처리 조건에 따른 변화 값은 제시하지 않고 있다.

본 연구실에서는 스테인리스강의 표면처리에 관한 일련의 연구로서 304 스테인리스강의 광 반사율 감소를 위한 표면처리 및 반도체 제조 설비용

\*Corresponding author. E-mail : kimkh@cbu.ac.kr

전해 연마된 316L 용접강관의 전해 조건과 표면 성상의 관계를 중심으로 연구한 표면 성질에 대하여 논문을 발표한 바 있으며<sup>7,8)</sup>, 여기에서는 304 스테인리스강의 착색 처리 조건이 표면 특성에 미치는 영향에 대한 연구로서 얻어진 결과를 발표하는 것이다. 스테인리스강은 금속 광택의 흰색을 띠고 있으며, 다양한 목적으로 착색 처리가 시행되고 있다. 이러한 처리 과정에서 표면의 성질은 변화되며, 그 결과로서 표면 조성의 변화, 복합 산화물의 생성과 두께 변화, 광 반사율의 변화 등 여러 가지 특성의 변화를 나타내게 된다.

표면 성질이 처리 조건에 따라서 어떻게 변하는 것을 아는 것은 특정된 표면 성질을 얻기 위하여 필요한 일이다. 예를 들어 처리 시간에 따른 표면 조성의 변화를 밝히면 특정 조성을 얻기 위한 최적 처리 조건을 알아낼 수 있고, 반사율은 표면 색깔을 좌우하게 되므로 원하는 표면 색깔은 반사율을 조절하여 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 304 스테인리스강의 표면 처리 조건에 따라서 조성과 표면 요철도 등의 특성이 어떻게 관계되는가를 밝히는 것을 내용으로 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시편 제조

본 실험에 사용된 시편은 국내 P사 제품의 304 스테인리스강 판재이며, 그 조성(wt.%)은 AISI 규격에 따라 17.7 Cr, 7.4 Ni, 1.2 Mn, 0.4 Si, 0.01 > S, 0.07 > C, 나머지 Fe로 되어 있고, 이 판재를 50×60 mm 크기로 절단하여 사용하였다. 표면의 착색 처리를 위하여 2.5 mol/l CrO<sub>3</sub>와 5 mol/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 혼합 용액을 90°C로 가열하여 침지법으로 착색시켰으며, 침지 시간을 변화시켜가면서 처리하였다. 또한 전해 처리에 따른 영향을 알아보기 위하여 동일 용액에서 시편을 양극으로 하고, 스테인리스강관을 음극으로 하여 전해시간을 달리해 가면서 양극 용해에 의한 표면 물성 변화를 야기시켰다.

### 2.2 실험방법

시편을 알칼리 용액에서 세정하여 표면의 오물을 제거하고 수돗물과 증류수로 세척하고 건조하고 가열한 크롬산 및 황산의 혼합용액에 침지시켜 표면 처리를 시행하되, 시간을 달리하여 처리액 중에 침지하는 방법과 동일한 온도에서 시간을 달리하여 전해하는 방법을 이용하여 각 처리조건의 영향을 조사하였다. 전해 조건은 초기 7V의 전압을 인가하였으며 처리 시간에 따른 전압 변화를 보정하지

않았다. 처리 후에는 수돗물과 증류수 세정을 하고 건조시킨 후 종이 티슈로 포장하여 보관하였다.

착색 처리된 시편의 표면 상태를 알아보기 위하여 일본 ULVAC-PHI사의 PHI 700 모델로 SEM에 의한 표면 상태를 관찰하였으며 EDS(Energy Dispersed electron Spectroscopy)에 의한 표면 조성을 분석을 하였다. 피막의 두께를 알아보기 위하여 영국 ESCA-Lab에 의한 AES(Auger Electron Spectroscopy)로 깊이 분석을 하였다. 표면 조도 측정은 일본 Kosaka사의 조도측정기로서 5 mm 거리를 측정하여 평균값으로 Ra를 정하였다. 가시광선 범위를 초과하는 자외선 및 적외선 파장 범위를 아우르는 광 반사율 측정 장비는 호주 Varian사의 모델 Cary500로 UV-VIS-NIR Spectrophotometer를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

304 스테인리스강의 표면 성분 중 중요한 Fe, Cr, Ni, O의 처리 시간에 따른 변화를 EDS 분석 결과에 근거하여 그림 1에 나타내었다. 시편 중 각 성분의 조성(wt.%) 변화로서 Fe는 초기 73.3에서 10분 처리로 58.6으로 감소되었다가 40분 처리로 60.4, 60분 처리로 59.1로 변화되었으므로 전체적으로는 용해되어 감소되는 경향을 나타내었다. Cr은 초기 17.7에서 10분 처리로 19.1, 40분과 60분 처리로 19.1과 19.6의 값을 보였으며, 이것은 Cr이 용액 중에 녹아 나오지 않고 표면에 밀착된 산화피막을 이루므로 조성으로는 증가되는 효과를 보이는 것으로 판단된다. Ni는 초기 7.4에서 10분과 20분 처리에서 동일하게 7.6의 값을 나타냈으며, 30, 40, 60분 처리로 각각 6.7, 6.8, 6.6의 값으로 감소되었다. 산소는 20분 처리로 12.9로 증가하였고 그 후로는 시간의 경과와 더불어 13.6까지 증가하였다. 이와 같은 결과로

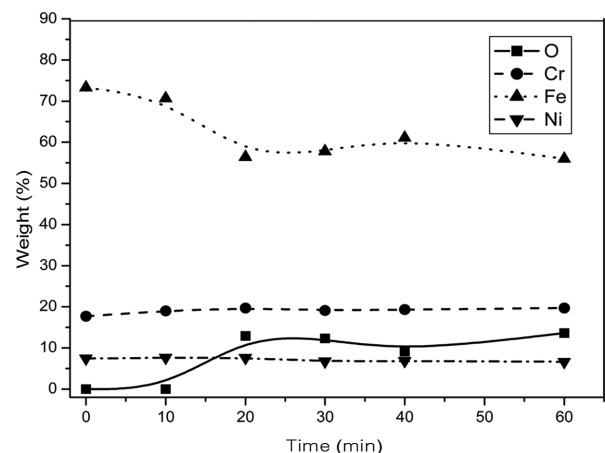
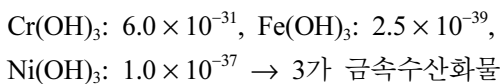
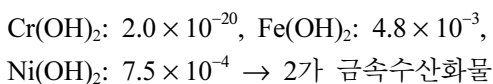


Fig. 1. Change of surface composition of 304 stainless steel with treatment time.

시료 표면에 생성되는 피막의 조성은 시간의 경과와 더불어 Cr이 많아지는 복합산화물 층으로 된다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 Cr이 많아지는 것이 부동태 형성에 바람직한 방향이지만 처리 시간이 길어질수록 피막의 두께는 감소될 수 있어 최적의 처리 시간을 결정해야 될 것이다.

AES 분석결과로부터 304 스테인리스강 소재의 Fe:Cr:Ni = 73:18:7의 중량 비율을 이루고 있으나 처리 시간이 길어질수록 표면에서는 Fe:Cr:Ni = 59:20:7 정도의 비율로 되어 있어 표면에는 주로 크롬산화물이 농축되며 철산화물과 소량의 니켈산화물이 공존하는 복합산화물로 되어 있음을 알 수 있다. 이것은 김과 조가 전해 연마된 316L강에 대한 연구 결과 발표논문<sup>8)</sup>에서 전해 연마된 표면의 Cr:Fe의 비율은 1.5:1 이상으로 Cr이 많은 것으로 나타났으며, 크롬산화물:철산화물의 비율도 3:1 이상으로 크롬산화물이 많은 것으로 나타난 결과와 유사한 내용의 결과이다. 또한 초기 316L강의 조성에서 고찰해볼 때 전해 연마 과정에서 철은 양극 산화되어 전해액 중에 용해해 들어가지만 크롬은 잔류하거나 산화 피막으로 남아있어 부동태 피막을 형성하기 때문인 것으로 판단된다는 내용과도 일치하는 결과이다. Kikuti 등<sup>4)</sup>은 304 스테인리스강의 착색 처리에 관한 연구논문에서 표면 산화피막의 조성에 대한 AES 깊이 분석에서 Cr과 Ni, O 성분은 표면에서 내부로 갈수록 감소되었으며 반대로 Fe는 표면에서 내부로 갈수록 증가하는 결과를 나타내었으며 이것은 본 연구 결과와 동일하다. 또한 Lin 등<sup>9)</sup>에 의하면 304 스테인리스강 표면은 Fe(Cr, Ni)SO<sub>4</sub>·xCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·yCrO<sub>3</sub> 등의 복합금속산화물로 되었다고 하였으며 Cr과 Ni는 거의 변함이 없으나 Fe는 전해 시간 증가에 따라서 감소된다고 하였고 그 까닭은 Fe가 전해의 양극반응에 우선적으로 포함되기 때문이라고 주장하였다. 이러한 내용은 위의 결과와 유사하다고 볼 수 있으며, 본 연구 결과에서는 Ni성분이 약간 감소되는 경향을 나타내었다. 참고적으로 日本 化學便覽<sup>10)</sup>에서 인용한 본 연구와 관련된 금속수산화물들의 수용액의 용해도적은 다음과 같다.

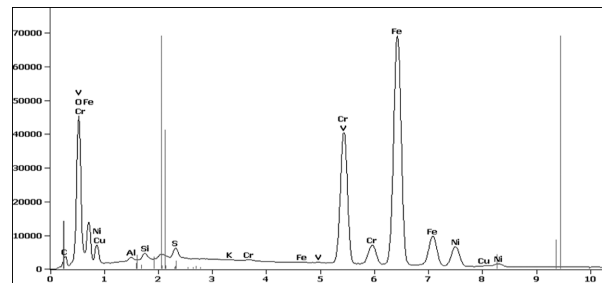


이와 같이 2가 금속수산화물들의 용해도는 Fe > Ni >> Cr의 순서로 감소되는 것을 나타내었으나, 3가 금속수산화물들의 용해도는 큰 폭으로 감

소하며 용해도적의 차이도 적은 것을 알 수 있다. 본 연구 결과에서 Fe와 Ni 성분이 감소하고 Cr 성분이 약간 감소하는 경향을 나타낸 것은 금속 시편의 용액 처리로 금속 성분들은 주로 2가 상태로 용해되며 3가 상태가 되면 용해가 멈추고 부동태로 되는 것으로 추정할 수 있다. 이와 같이 용해도는 부동태화와 밀접하게 관련되는 현상으로 부동태화에 의하여 밀착된 피막이 되면 용해도는 감소하게 된다. 이것은 철이 희질산에는 잘 용해되지만 농질산에서 용해되지 않는 현상으로 잘 설명되고 있다.

그림 2는 90°C, 20 min 처리한 시편의 EDS 분석 결과의 한 예를 나타낸다. 이와 같은 결과들은 침지 처리과 전해 처리에서 유사하게 나타났으며, 표면 사진, 피막 두께, 색깔, 광 반사율 등에 대한 자세한 비교는 앞서 발표한 논문<sup>7)</sup>에서 설명하였다.

표 1은 AES 분석결과에 따른 표면 복합 산화피막의 두께와 육안 판단 표면 색깔의 관계를 나타낸 것이다. 복합 산화피막의 두께는 깊이 분석에서 산소 피크가 영이 되는 깊이까지를 피막으로 판단하여 결정하였다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 90°C 침지처리로 생성된 복합 산화피막의 두께는 10분까지 약 30 nm, 20분까지는 190 nm로 급격히 증가하다가 그 후 30분 처리에서 220 nm 전후로 거의 일



Elemnt Line	Weight (%)	Atom (%)
C K	1.79	5.90
O K	12.91	31.98
Al K	0.23	0.33
Si K	0.55	0.77
S K	0.47	0.58
K K	0.03	0.03
V K	0.06	0.05
Cr K	19.72	15.03
Fe K	56.38	40.02
Ni K	7.56	5.11
Cu K	0.32	0.20
Total	100.00	100.00

Fig. 2. EDS result of the sample dip treated at 90°C, 20 min.

Table 1. Change of oxide film thickness and color by dipping treatment in solution at 90°C

Dipping time (min)	Film thickness (nm)	Surface color
10	30	gray
20	190	black
30	220	red
60	210	deep green

정한 값을 나타내었으며, 60분 처리로 시간이 길어지면 오히려 약간 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과의 원인으로서는 철산화물이 산성 용액에 쉽게 용해되지만 복합 크롬산화물은 표면에 잔류하기 때문이라고 이전에 발표된 논문<sup>7)</sup>에서도 밝혔으며, 앞에서 설명하였으며, 처리시간이 길어지면 입자내 용해도 함께 진행되므로 피막의 두께는 도리어 감소되는 것으로 생각되었다. 전해처리에서도 5분 후 175 nm에서 10분 후 140 nm로 감소됨을 알 수 있었다. 이러한 현상은 철산화물이 산성 용액에 쉽게 용해되지만 복합 크롬산화물은 표면에 잔류한다는 앞에서의 설명과도 일치하는 결과로서, 처리시간이 길어지면 피막은 도리어 감소되므로 목적으로 하는 피막 두께를 얻는 조건으로 최적화되어야 할 것이다. Lin 등<sup>9)</sup>에 의하면 전해처리에 의한 304 스테인리스강 표면에 생성되는 복합산화물 피막의 두께는 단위 면적당 전류와 시간에 비례해서 증가된다고 하였으나, 본 연구 결과에서는 초기에는 시간 증가에 따라서 두께는 증가하지만 그 후로는 거의 일정한 값을 나타내거나 약간 감소되었으며, 이러한 현상은 침지 초기에는 강한 산화에 의하여 밀착된 층을 형성하다가 장시간 침지로 화학적 용해가 진행되기 때문인 것으로 판단된다.

원래 시편은 육안 색깔로도 금속광택의 흰색을 나타내었고, 10분 처리로 전 파장 범위에서 균일하게 반사율이 감소되어 약간 회색을 띠었으며, 20분 처리에서 짙은 검은색을 나타내었다. 다시 말해서 가시광선의 전 파장 범위에 걸쳐서 반사율이 클 때는 금속광택의 흰색을 나타내며, 반사율이 낮아지면 검은색으로 변화되는 것을 알 수 있다. 그러나 처리시간이 길어져 30분이면 빨강색을 나타내었고, 60분 처리에서는 빨강색과 파랑색의 혼합에 의하여 청록색으로 보이는 것으로 판단된다. 이러한 색깔 변화는 파장에 따라서 반사율이 크게 변하는 파형 곡선을 나타내는 것과 관계가 있을 것이다. 전해 처리에서는 이러한 변화가 더 빨리 진행되어 5분 처리로 짙은 회색을 나타내었고, 10분 처리에서 짙은 검은 색으로 변하였다. 일본금속표면처리 편람<sup>11)</sup>에 의하면 스테인리스강의 착색 처리에서 처리 시간이

길어지면 흑색에서 적색으로 변화된다고 기록되어 있다. 그러나 본 연구에서의 결과에서 알 수 있듯이 착색 처리에 의하여 표면 색깔은 금속광택의 흰색에서 회색과 흑색 및 적색을 거쳐 황록색과 청록색으로 변화됨을 알 수 있었다. 원래 철 산화물은 산화 정도가 클수록  $Fe_3O_4$ 의 흑색에서  $Fe_2O_3$ 의 적색으로 변하며, 크롬 산화물은  $CrO_3$ 의 6가에서는 붉은색이지만  $Cr_2O_3$ 의 3가에서는 녹색을 띤다. 따라서 피막의 색깔은 이러한 물질들이 복합적으로 존재하여 발현되는 상태일 것으로 판단되며, 여기에 피막의 두께와 거칠기 등이 복합적으로 작용되는 것으로 사료된다.

이와 같은 AES 분석 결과를 정리하여 처리 시간에 따른 피막의 두께의 변화 관계를 그림 3에 나타내었다. 침지처리에서는 30분이 되어야 최대의 피막 두께 약 220 nm를 나타내는데 비하여 전해 처리에서는 10분 처리로 최대의 피막 두께 약 180 nm를 나타냈다가 그 후 처리 시간이 길어지면 도리어 피막의 두께는 감소하는 경향을 나타내었다. 전체적으로는 침지 처리에 의한 생성 피막의 두께가 전해 처리보다 약 70 nm 정도 두꺼운 결과를 보여주었으며 그 이유로서 전해 처리에서는 양극에서 발생하는 산소에 의하여 피막의 부착이 방해되고 입내 용해도 쉽게 진행되기 때문이라고 판단되었다. 실제로 입내 용해가 진행된 사진을 본인 등이 발표한 논문<sup>7)</sup>에 게재한 바 있다.

304 스테인리스강의 황산-크롬산 혼합 용액 중에서의 침지 착색 처리로서 나타난 표면 변화 상태의 SEM 촬영한 결과를 본 연구실에서 발표한 논문에서 볼 수 있으며, 90°C에서 10분 처리로 금속판 표면의 가공된 줄무늬 상태가 보였으나 20분 처리에서는 입계가 완전히 들어나는 입계 용해 양상을 나타내었다. 30분 그리고 60분 처리에서는 입계의 용해가 더욱 진행되어 있고 입내에서도 용해가

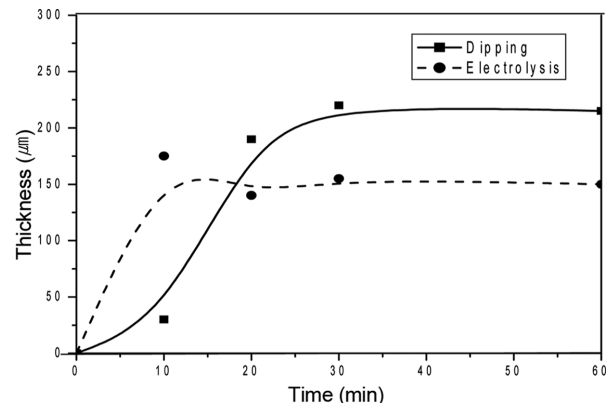


Fig. 3. Change of oxide film thickness with treatment time.

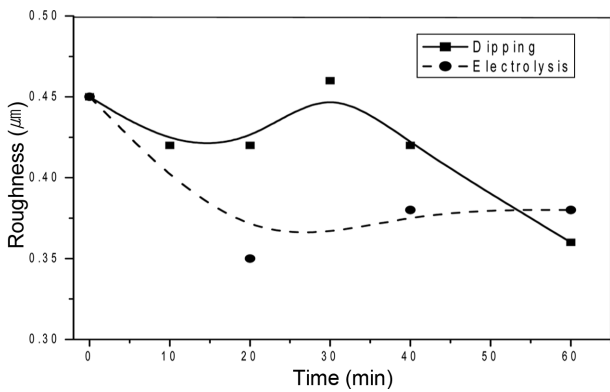


Fig. 4. Change of surface roughness with treatment time.

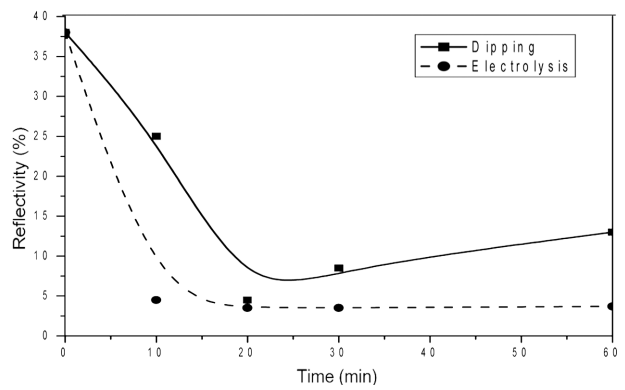


Fig. 5. Reflectivity measured by UV-VIS-NIR spectrophotometer of the colored 304 stainless steel.

진행되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 입계는 입내보다 불순물 함유량이 높고, 결정결함이 모여 있는 장소가 되므로 자유에너지가 높아 용해가 빨리 진행되는 것으로 알려져 있다. 이러한 표면 용해에 따른 조도의 변화를 알아보기 위하여 처리 시간에 따른 조도의 변화를 측정하였다. 표면 조도의 계산은 기준 값에 대한 상대 값을 평균화하여 계산하였고 이를 정리하여 그림 4에 나타내었다.

그림 4에서 표면 조도(Ra:  $\mu\text{m}$ )는 처리 전 시편의 0.45에서 90°C, 20분 침지처리로 0.42까지 감소하였다가 30분 처리로 0.46까지 증가하였으나 그 후 처리 시간이 길어짐에 따라서 다시 감소하여 60분 처리에서는 0.36으로 감소하였음을 알 수 있다. 이것은 앞의 사진에서 나온 결과로 예측되는 내용으로서 초기에는 표면의 용해로 조도는 감소하였으나 시간이 지남에 따라서 입계용해가 심하게 진행되어 조도는 증가되고 그 후 입내 용해도 일어나 조도는 다시 감소하는 것으로 판단된다. 이와 같은 현상으로 미루어 볼 때 표면의 평탄화를 이루기 위해서는 최적의 처리 시간이 있는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

한편, 전해 처리에 의한 표면 조도의 변화는 20분 처리로 0.35, 40분 처리로 0.38, 60분 처리로 0.38의 조도 값을 나타내었으며, 전해 처리에서는 처리 시간이 길어져도 표면 조도가 일정한 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 이것은 앞의 사진에서 알 수 있는 것처럼 전해 처리에서는 짧은 처리시간에도 입계뿐만 아니라 입내 용해도 균일하게 진행되어 표면 조도가 일정하게 유지되며, 이것이 전해연마의 근본이 되는 것을 나타내는 것으로 확인되었다.

UV-VIS-NIR Spectrophotometer로 측정된 가시광선을 벗어나는 파장대를 아우르는 광 반사율의 처리 시간에 따른 광 반사율의 변화를 그림 5에 나

타낸다. 참고적으로 눈으로 빛을 가장 많이 느끼는 파장은 550 nm이며, 그림에서의 수치도 이 파장을 중심으로 측정된 결과를 나타낸 것이다.

그림 5에서 알 수 있는 것은 90°C에서 처리한 시편의 반사율은 처리시간 20분까지는 반사율이 급격하게 감소하다가 그 후 증가하는 경향을 나타내었으나, 전해처리한 시편의 반사율은 약 10분 처리로 4.5의 값을 나타낸 후 처리 시간이 길어져도 반사율이 거의 일정한 값을 나타내는 것으로 측정되었다. 이와 같이 경향을 나타내는 것은 피막의 두께와 표면의 거칠기가 영향을 미치지 때문이라고 판단된다. 실제로 파장에 따른 반사율 측정에 대한 결과 논문에서 밝혔듯이 착색처리하지 않은 시편에서는 전 파장 범위에 걸쳐 장파장 영역에서부터 단파장 영역으로 갈수록 거의 일정한 구배를 갖고 감소하는 금속광택의 흰색을 나타내었고, 10분 처리로 전 파장 범위에서 균일하게 반사율이 감소되어 약간 검은 색깔을 띠었으며, 20분 처리에서도 원래 시편 반사율의 약 25% 정도로서 단파장 영역으로 갈수록 일정한 구배를 갖고 감소하는 경향을 가지며 짙은 검은색을 나타내었다. 다시 말해서 가시광선의 전 파장 범위에 걸쳐서 반사율이 클 때는 금속광택의 흰색을 나타내며, 반사율이 낮아지면 검은색으로 변화되는 것을 알 수 있다. 그러나 30분 처리로 빨강색과 초록색이 혼재된 색깔을 나타내었고 이것은 빨강색과 파랑색의 범위 파장에서 반사율이 큰 것에 기인하기 때문이라고 생각되며, 40분 처리로 주황색과 파랑색의 혼합에 의해 전체가 빨강색으로 변하였으며, 60분 처리에서는 빨강색과 파랑색의 혼합에 의하여 청록색으로 보이는 것으로 판단된다. 이러한 색깔 변화는 파장에 따라서 반사율이 크게 변하는 파형곡선을 나타내는 것과 관계가 있을 것이다.

## 4. 결 론

AISI 304 스테인리스강 판재를 90°C로 가열된 CrO<sub>3</sub>와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 혼합 용액에서 침지법과 전해법으로 시간을 달리해 가면서 착색 처리하여 다음과 같은 표면 물성 변화의 결과를 얻었다.

시편 중 각 성분의 조성(wt.%) 변화로서 Fe는 처리 시간에 따라서 전체적으로는 용해되어 감소되는 경향을 나타내었으며, Cr은 용액 중에 녹아 나오지 않고 표면에 밀착된 산화피막을 이루므로 조성으로 는 증가되는 효과를 보이는 것으로 판단되었다. Ni는 처음에는 변화가 없다가 처리 시간이 길어질수록 감소되었으며, 산소는 처리 시간과 더불어 증가하였다. Fe와 Ni 성분이 감소하고 Cr 성분이 약간 감소하는 경향을 나타낸 것은 금속 시편의 용액 처리로 금속 성분들은 주로 2가 상태로 용해되며 3가 상태가 되면 용해가 멈추고 부동태로 되는 것으로 추정할 수 있다.

AES 분석 결과로서 처리 시간에 따른 피막의 두께의 변화는 침지처리에서 30분 처리로 최대 약 220 nm를 나타내는데 비하여 전해 처리에서는 10분 처리로 최대 약 180 nm를 나타냈다가 그 후 처리 시간이 길어지면 도리어 피막의 두께는 감소하는 경향을 나타내었으며, 그 이유로서 전해 처리에서는 양극에서 발생하는 산소에 의하여 피막의 부착이 방해되고 입내 용해도 쉽게 진행되기 때문이라고 판단되었다.

표면 조도는 처리 20분 침지처리로 감소하였다가 30분 처리로 증가하였으나 그 후 처리 시간이 길어짐에 따라서 다시 감소하였다. 이것은 초기에는 표면의 용해로 조도는 감소하였으나 시간이 지남에 따라서 입계용해가 심하게 진행되어 조도는 증가되고 그 후 입내 용해도 일어나 조도는 다시 감소하는 것으로 판단된다. 한편, 전해 처리에서는 짧은 처리시간에도 입계뿐만 아니라 입내 용해도 균일하게 진행되어 표면 조도가 일정하게 유지되며, 이것이 전해연마의 근본이 되는 것을 나타내는 것으로

확인되었다.

시편의 반사율은 처리시간 20분까지는 반사율이 급격하게 감소하다가 그 후 증가하는 경향을 나타내었으나, 전해처리한 시편의 반사율은 약 10분 처리로 4.5의 값을 나타낸 후 처리 시간이 길어져도 반사율이 거의 일정한 값을 나타내는 것으로 측정되었다. 이와 같이 경향을 나타내는 것은 피막의 조성, 두께와 표면의 거칠기가 영향을 미치기 때문이라고 판단되었다.

## 후 기

이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2010).

## 참고문헌

1. G. Olesner, Jahrbuch der Oberflächentechnik, (1959) 164.
2. 東海林喜雄, 金屬, 28 (1958) 434.
3. R. C. Furnaux, G. E. Thomson, G. C. Wood, Corros. Sci., 21 (1981) 23.
4. E. Kikuti, N. Bocchi, J. L. Pastol, Corros. Sci., 49 (2007) 2303.
5. P. Stefanov, D. Stoychev, M. Stoycheva, T. Marinova, Mater. Chem. Phys., 65(2) (2000) 212.
6. Weast, Handbook of Chemistry and Physics, 67th edition, CRC press, Florida, (1986) E-377.
7. K. Kim, J. Korean Inst. Surface Engineering, 43 (2010) 187.
8. K. Kim, B. Cho, J. Korean Inst. Surface Engineering, 41 (2008) 38.
9. C. J. Lin, J. G. Duh, Surf. Coat. Technol., 85 (1996) 175.
10. 日本化學會, 化學便覽 基礎編I, II, 丸善株式會社, 東京 (1975).
11. 金屬表面技術協會, 金屬表面處理便覽, 日刊工業新聞社, 東京 (1973) 826.