

矯正用 裝置物에 대한 TiN Ion Plating의 應用*

慶北大學校 齒科大學 齒科矯正學教室*, 齒科材料學教室**

權五源* 金教漢**

I. 序 論

矯正治療後의 審美的 向上보다도 治療中 非 審美的인 矯正 裝置物을 附着해야하는 心的 負擔感으로 인해 특히 成人 女性인 경우 矯正治療를 回避하는 傾向이 있다. 患者에게 이러한 心的 負擔感을 덜어주려는 努力은 오래전 부터 있어 왔으며, 그 例로 bracket을 齒牙에 直接 接着시켜 固定性 矯正裝置의 非審美性을 어느 정도 緩下시킨 DBS의 開發을 들수있다. 그 후, 齒牙와 色相이 類似한 resin bracket, ceramic bracket등이 開發되었으나 長期間 接着시 나타나는 變色, 破切및 bracket除去의 어려움, 高價등으로 인해 實質的으로 臨床에는 널리 利用되고 있지는 않다. Bracket, band 및 矯正用 線材는 非貴金屬 特有的 金屬色을 나타내므로 審美的인 問題를 안고 있고 이러한 問題를 解決하기 위하여 線材위에 테프론을 입힌다든가, 金屬이외의 材料의 開發등이 行하여 지고 있으나 이것들 역시 磨耗나 變色등에 약한 缺點을 안고있다.

工業的으로도 審美性뿐만아니라 耐蝕, 耐磨耗性을 增加시키기 위하여 오래전 부터 鍍金技術이 利用되어 왔고, 이러한 鍍金技術은 現在에 이르러 深刻한 公害問題를 惹起시켜 그 使用이 限界에 달하였다.

1960年代 眞空 蒸着 技術과 低溫 plasma技術을 應用한 ion-plating法이 開發된 이래, 現在에는 耐蝕, 耐磨耗¹⁾, 裝飾²⁾등의 目的으로 被

處理材에 수 μm 에서 수십 μm 까지 이르는 皮膜을 蒸着시킬수 있고, 基板으로는 金屬, glass에서 最近에는 특히 plastic 材料까지 對象이 될뿐아니라, 化合物이나 複合材料의 皮膜도 얻어지게 되었다³⁾.

Ion-plating法이란 從來부터 있었던 眞空 蒸着 技術의 한 方法으로 蒸發原에서 蒸發시킨 粒子의 一部를 어떠한 方法으로 이온화시키고, 다른 中性 粒子와 같이 基板에 入射시켜 薄膜을 形成하는 方法을 말한다. 따라서 ion-plating法에는 粒子를 어떤식으로 이온화 시키느냐에 따라 여러가지 方法이 있을 수 있다⁴⁾.

한편 齒科材料를 對象으로한 ion-plating法의 應用은 그 例가 많지않으나 吉成은 齒科用 修復物로 利用되는 各種 金屬에 TiN ion-plating⁵⁾을 한후 TiN 膜의 基礎的 性質을 調査하여, 耐變色性, 耐磨耗性이 向上되었고, 機械的 性質도 增加하였다는 것을 報告하였다. 또, 腐蝕性이 강한 金屬에 Type IV gold alloy의 ion-plating⁶⁾, 및 Al alloy의 TiN ion-plating⁷⁾한 結果 그 耐蝕性이 현저히 增加하였다고 報告하였다. 또, implant 材料인 stainless steel의 生體 接合性을 높이기 위하여 Al_2O_3 의 ion-plating⁸⁾을 행한 結果 耐蝕性이 현저히 改善되었다고 報告하였다.

따라서 本 研究에서는 高硬度, 耐久性, 耐磨耗性 및 耐蝕性이 優秀하고 금빛의 광택으로 審美的으로도 뛰어난 TiN 薄膜을 矯正用 材料에 ion-plating시키므로써, 矯正用 裝置物의

* 본 연구는 1989년 문교부 학술연구 조성비(일반 과제)의 지원으로 이루어진 것임.

審美性を改善시킴을 그 목적으로하여 TiN ion-plating 膜의 色彩的 性質, ion-plating 膜의 性狀 및 機械的 性質을 觀察하여 矯正用 裝置物에 대한 TiN ion-plating 膜의 蒸着의 可能性을 檢討하였다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗 材料 및 前處理

本 實驗에서는 美國 Rocky Mountain社의 stainless-steel系의 .180"×.005"의 roll band 와 獨逸 Dentaureum社의 stainless-steel系 材料인 Remanium 0.9mm의 圓形線材를 利用하였다.

Ion-plating을 實施하기전 #1200의 sand paper로 研磨後 trichloroethan, NaOH, distilled water, isopropyl alcohol등에 차례로 超音波 洗滌하여 脫脂를 行하였다. 脫脂된 試片은 眞空曹 內에서 眞空(約 10^{-6} torr)으로 排氣한 다음 4×10^{-2} torr정도로 Ar gas를 注入하여 基板에 200V의 電壓을 가하면서 約 10분간 Ar gas bombardment를 行하므로써 密着力을 높이기 위한 前處理를 行하였다.

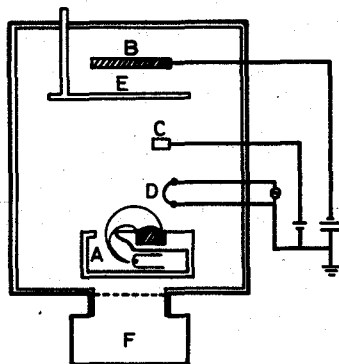
2. TiN ion-plating處理

本 實驗에서 使用한 TiN ion-plating 處理 裝置는 ARC 放電形 高眞空 ion-plating 裝置 (PG-SY, Ion-plating system, Shinko Co.,

Japan)이며 그 原理圖는 Fig. 1에 나타내고 있다. 本 實驗에서 使用한 ARC 放電形 高眞空 ion-plating 裝置는 商業用으로 利用되는 裝置로서 特別한 放電用 gas를 使用하지 않고 蒸發物의 蒸氣壓을 利用하여 arc放電을 일으켜 蒸發物을 이온화시키는 原理를 가진다. 이 裝置의 眞空曹 內에는 蒸發原, 이온화 電極, 試片, shutter를 두고 蒸發物에 대해서는 熱全射 放射用電極이 設計되어 있다. 眞空曹 內에는 $10^{-3} - 10^{-5}$ Pa ($10^{-5} - 10^{-7}$ torr)의 高眞空을 維持하도록 排氣하고 電子 beam 방식에 의해 蒸着材를 蒸發시킨다. electrongun에 의하여 電子 beam을 發生시키면서 蒸發物(Ti)에 靜電壓을 걸어주면, 蒸發物에서 放出하는 熱電子 혹은 2次 電子는 이온화 電極과 만나게되어 電子들과 蒸發粒子의 충돌에 의해 이온화된다. 즉, $M \rightarrow M^+ + e^-$ 와 같은 形態로 +이온과 -이온으로 分離되고, 이 이온은 試料 周圍의 강한 電界에 의해 加速되어, 높은 에너지를 가지면서 反應性 gas와 反應하여 被處理物에 蒸着된다. 이때 反應性 gas는 질소(N_2)를 利用하고, 그 結果 約 $1-2\mu\text{m}$ 의 TiN 皮膜이 形成된다. 이때 眞空曹 內의 溫度를 250°C 정도로 維持시켜 蒸着後 眞空曹의 溫度가 100°C 以下로 降下한 다음 眞空曹을 열어 試片을 安全하게 꺼낸 후 데시케이트에 保管하였다.

3. TiN ion-plating 膜의 色彩的 性質

Ion-plating한 roll band 試片의 色彩的 性



- A: Electron gun
- B: Substrate
- C: Ionization electron
- D: Filament
- E: Shutter
- F: Vacuum system

Fig. 1. Schematic diagram of ARC discharge type high-vacuum ion-plating system.

質을 測定하기 위하여 測色 色差計(TC-6FX, Color and Color Difference Meter, Tokyo Denshoku Co., Japan)를 使用하였다. 이 裝置는 國際 照明 委員會(CIE; Commission International l'Eclairage)의 標準 C 光原을 利用하여 光原에 對한 3자극치 X, Y, Z(X: 光原에 對한 赤色의 平均 反射率 量, Y: 綠色의 平均 反射率 量, Z: 青色의 平均 反射率 量)를 구하고 이 값으로부터 Hunter의 色空間 座標의 L^* , a^* , b^* 를 다음 式에 의하여 구하였다.

$$L^* = 10.0\sqrt{Y} \quad a^* = 17.5(1.02X - Y)/\sqrt{Y} \quad b^* = 7.0(Y - 0.847Z)/\sqrt{Y}$$

여기에서 L^* 은 明度を 나타내며 0부터 100까지의 값을 가지고, a^* 는 赤色, 綠色의 程度를 나타내는 指標로서 -60에서 80까지로 값이 크면 赤色, 값이 작을수록 綠色을 나타낸다. 또한 b^* 는 黃色, 青色의 程度를 나타내고 範圍는 -80에서 60까지이고 값이 클수록 黃色, 작을수록 青色에 가깝다. 한편 色相(H: Hue)과 彩度(C: Chroma)는 a^* , b^* 값으로부터 얻어지고, 明度は L^* 값으로 얻어진다.

本 實驗에서는 ion-plating한 3個의 試片을 準備하고 各 試片당 5회씩 色調를 測定하여 ion-plating膜의 色彩的 性質을 測定하여 純金, 金合金등의 色彩的 性質과 比較하였다.

4. Ion-plating 膜의 性狀 調查

1) 蒸着層의 두께 觀察 및 表面組織 觀察

蒸着層의 두께는 試片의 切斷面을 垂直으로 세워 mounting한 다음 研磨하여 注射電子顯微(S-2300, SEM, Hitachi Co., Japan)으로 觀察 測定하였다.

蒸着層의 表面 組織 역시 注射電子顯微鏡에 의하여 觀察하였다.

2) X-線 回折 實驗

皮膜을 形成한 蒸着層의 相(Phase)을 確認하기 위하여 X-線 回折 分析機(D/Max-3C, Rigaku Co., Japan)을 使用하여 測定 範圍 2θ 를 35° - 65° 로 하여 測定하고, Table 1에 있는

것과 같은 JCPDS card를 利用하여 ion-plating하지 않은 試料과 比較 分析하였다.

Table 1. Characteristics of JCPDS card 6 - 0642 (TiN)

Angle (deg)	d (Å)	I/I _{max} (%)	hkl
36.79	2.44	75	111
42.61	2.12	100	200
61.97	1.496	55	220

3) 蒸着層의 密着性 測定

本 實驗에서는 母材와 TiN ion-plating 膜 사이의 密着力을 測定하기 위하여 Scratch test方法을 利用하였고 그 原理 및 AE-load diagram을 Fig. 2에 나타내었다.

이 方法은 半球形으로 된 diamond tip stylus에 一定한 荷重 또는 連續의 荷重을 增加시키면서 皮膜을 긁는데 이때 蒸着層과 母材 사이의 界面이 最初로 分離되는 荷重을 臨界 荷重(Critical Load)이라 하고, 이러한 臨

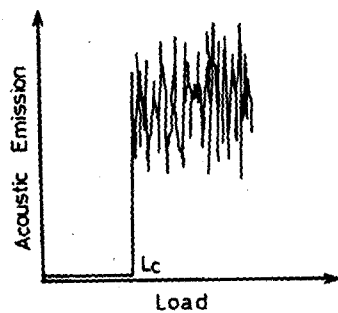
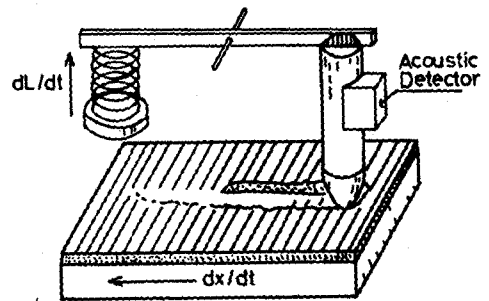


Fig. 2. Schematic illustration of the scratch adhesion test and typical acoustic emission signal and load graph.

界 荷重은 光學 및 電子顯微鏡, 音響放出信號 (Acoustic Emission Signal) 등으로 決定하고 이 값은 材料의 相對的인 密着性을 나타내는 變數로 使用하였다.

本 實驗에서는 Automatic scratch tester (REVEST, CSEM Co., Switzerland)를 使用하였으며, 實驗 條件은 diamond tip radius : $200\mu\text{m}$, loading rate : 100N/min , scratching speed : 10mm/min 로 하였다.

또, 蒸着層이 母材로부터 flaking이 發生되는 failure mode를 觀察하기 위하여 scratch channel 部分을 注射電子顯微鏡으로 觀察하였다.

5. 引長 試驗

Ion-plating을 할 경우 眞空曹 內의 溫度가 약 200°C - 250°C 정도로 上昇되므로써 나타날수 있는 母材의 機械的 性質의 變化를 確認하기 위해서 引長 試驗을 行하였다.

引長 試驗은 ion-plating 處理를 하지 않은 試料과 ion-plating한 試料를 各各 全體길이 100mm , 測定길이 50mm 로 하여 萬能試驗機 (4202, Instron, Instron Co., USA)에 의해 5개의 試驗片에 대하여 實驗한 後 附着된 micro processor에 의해 引長強度, 降伏強度, 延伸率을 各各 測定하였다.

III. 實驗 結果 및 考察

1. TiN ion-plating 膜의 色彩的 性質

本 實驗에서 얻어진 TiN ion-plating 膜의 色彩的 性質의 結果를 Fig.3에 나타내고 있다. L^* 값은 61.8이었고, 이 값은 Type IV gold alloy의 L^* 값인 65.9보다도 작은 값이었으며, a^* , b^* 의 값도 3.3, 26.2로 거의 2.5Y의 色相과 약 4의 彩度を 보인다. 이 값은 Type IV gold alloy보다 약간 黃色이 強하고, 彩도가 큰 色彩的 性質을 보이며, Type II gold alloy와는 비슷한 彩도에 약간 強한 黃色

빛을 내며 純金보다는 낮은 彩도에 역시 약간 強한 黃色을 보이고 있다.

Ion-plating에 의해서 얻어진 TiN 膜의 色調는 反應 gas로 利用되는 N_2 gas의 分壓에 의해 彩도가 쉽게 바뀌어진다. 本 實驗에서는 N_2 gas 分壓을 $6 \times 10^{-4}\text{torr}$ 로 하였지만, N_2 gas 分壓을 $6 \times 10^{-4}\text{torr}$ 에서 $4 \times 10^{-3}\text{torr}$ 까지 增加시키면 흰색빛이 나는 金色 즉, hamilton 色과 같은 色調에서 푸른빛이 나는 green gold, 그리고 純金에 가까운 yellow gold와 같은 色으로 變化한다⁹⁾. 또한 本 實驗에서와 같이 $6 \times 10^{-4}\text{torr}$ 부근의 N_2 gas 分壓이 되면 붉은 色을 띠는 pink gold에 가까운 金色을 나타내기 때문에 약간 強한 黃色을 나타낸 것으로 思料된다. 또한 色相도 질소 가스 이외의 가스 (수소 가스, 산소 가스, 탄화수소 가스)를 同時에 微量 添加하는 것에 의해서도 變化가 可能하다.

本 實驗에서는 질소 가스를 單獨으로 使用하였기 때문에 약간 黃色이 強한 色相을 보였지만, 위에서 말한 바와 같이 가스 分壓이나 反應 가스의 種類를 變化시키므로써 色調를 쉽게 變化시킬 수 있는 것으로 생각되어 진다.

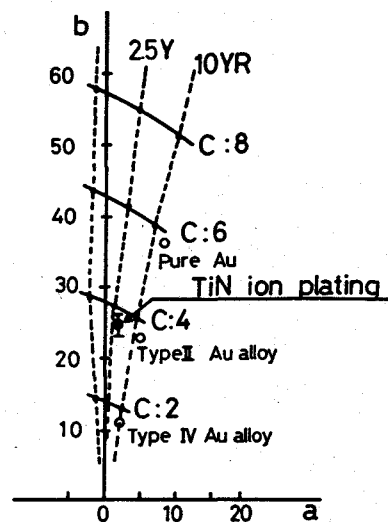


Fig. 3. The colorimetric properties of TiN ion-plating film.

2. Ion-plating 膜의 性狀 調査

1) 蒸着層의 두께 및 表面 組織

Fig. 4에 ion-plating한 表面의 性狀(a)과, 蒸着層의 두께를 確認하기 위한 斷面의 注射電子顯微鏡 사진(b)을 보여 주고 있다. 蒸着層의 두께는 均一하지 않지만 全體적으로 약 2 μm 정도의 蒸着膜이 形成되었음을 알 수 있다. Bias 電壓 200V, 眞空曹 溫度 250°C, 질소 가스 分壓 6×10^{-4} torr의 條件下에서 約 2 μm 두께의 蒸着層이 얻어짐을 알 수 있었다.

蒸着層의 表面 性狀은 全體적으로 거칠고, 柱狀化되어 있음을 알 수 있다. 이러한 現象의 原因은 ion-plating하기 前의 前處理인 emery-paper로 機械的 研磨를 한 結果 形成된 scratch 위에 蒸着層이 形成되었기 때문인 것으로 생각되어진다. 그러나, ion-plating에 의해 얻어진 蒸着膜의 形狀은 眞空曹 溫度에 의해서도 影響을 받을 수 있다. 즉, 物質의 融點을 尺度로 하여 融點의 25%와 50%를 境界로 하였을때 溫度 範圍는 zone 1, 2, 3으로 區分되고, zone 1에서 3으로 갈수록 密度가 낮은 膜에서 緻密한 膜이 얻어진다. 또한 高眞空 蒸着에서 均一한 膜이 얻어지는 基板 溫度에서도 가스 壓力이 높을수록 柱狀化가 되어 膜의 形狀이 거칠게 되기때문에 ion-plating에 의해 얻어진 蒸着膜의 形狀은 眞空曹의 溫度와 가스 壓力에 의해서도 影響을 받을 수 있다⁴⁾. 이와 같은 점들을 考慮해 볼 때 本 實驗에서의 眞空曹 溫度는 250°C로 融點의 약 25% 정도의 낮은

溫度이고, 가스 分壓도 6×10^{-4} torr로 높은 편이므로 이들 두가지 條件이 相互作用하여, 柱狀化되고 약간은 거칠은 蒸着膜이 얻어진 것으로 생각되어진다.

2) X-線 回折 試驗

Fig. 5에서는 蒸着하지 않은 試片의 X-線 回折 pattern(a)과 蒸着後의 X-線 回折 pattern(b)을, Table 2, 3에서는 그 結果를 정리하고 있다. (b)에서 나타난 peak에 Table 1의 JCPDS card의 값이 包含되는 것으로부터 TiN의 相이 形成되었음을 알 수 있다. 또, ion-plating하지 않은 試料과 比較하여 回折 pattern이 底角度 側으로 약간 移動하였고, 回折線의 幅도 더 넓어졌음을 알 수 있었다.

吉成⁹⁾은 Ag-In, Ni-Mn, Cu-Al 合金의 ion-plating 膜의 性質을 調査하여 底角度 側으로 移動한 原因으로서 1) 組成의 變化에 의해 格子定數가 크게 되었고, 2) 引長應力에 의한 均一한 變化가 생겼기 때문이라고 說明하고, 回折線의 幅이 커진 理由로서는 1) 微結晶이 되었고, 2) 不均一한 strain이 생겼기 때문이라고 하였다.

또, 吉原등¹⁰⁾은 Ag ion-plating 膜의 性質을 調査하여, ion-plating 膜에 引長應力이 存在하고, 微結晶 粒子가 等方的으로 存在하는 것으로 報告하였다.

따라서 本 實驗에서 얻어진 ion-plating 膜의 X-線 回折 結果를 分析해 보면 이 膜은 非結晶이 아닌 結晶質이며 그 組織이 微細한 結晶 粒子로 이루어진 것으로 思料된다.

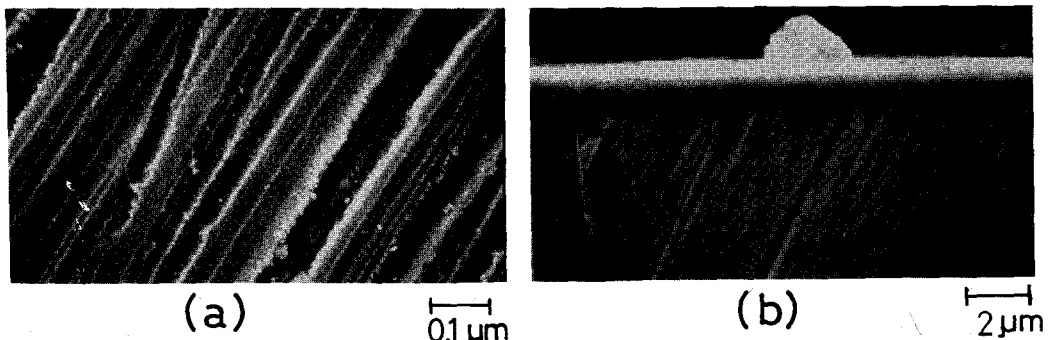


Fig. 4. SEM photographs of surface morphology (a) and cross section (b).

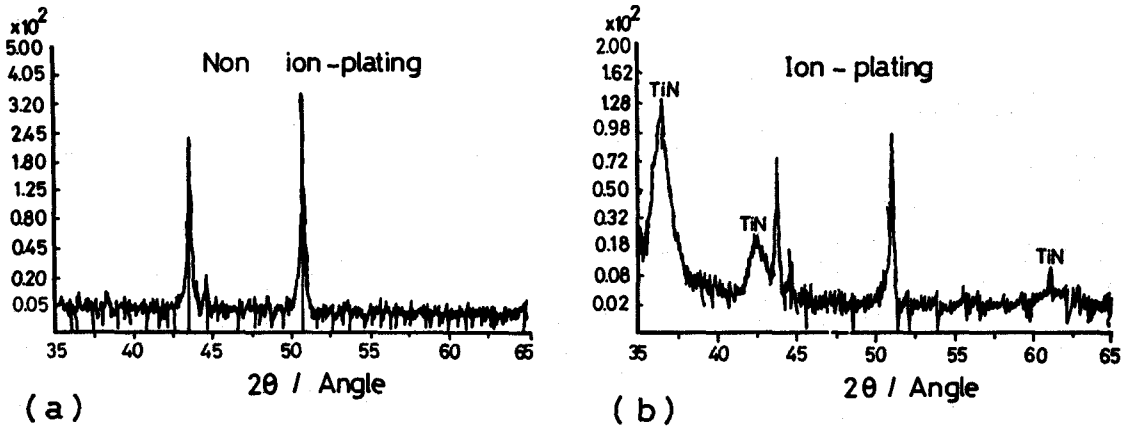


Fig. 5. Typical X-ray diffraction pattern of stainless steel (a) and TiN ion-plated stainless steel (b).

Table 2. Results of obtained peak of non ion-plated stainless steel

Peak No.	Angle (deg)	Tip width (deg)	d (Å)	I/Imax (%)
1	43.84	0.10	2.07	78.45
2	44.67	0.24	2.02	3.34
3	50.74	0.10	1.79	100
4	50.90	0.06	1.79	47.02

Table 3. Results of obtained peak of TiN ion-plated stainless steel

Peak No.	Angle (deg)	Tip width (deg)	d (Å)	I/Imax (%)
1	36.34	0.24	2.47	93.85
2	42.51	0.72	2.12	21.97
3	43.78	0.20	2.06	69.44
4	44.62	0.20	2.02	11.11
5	51.01	0.12	1.78	100
6	51.18	0.08	1.78	47.27
7	61.09	1.92	1.51	11.11

3) 蒸着層의 密着性 實驗

密着力(Adhesive strength)은 物理, 化學的으로 密着되어 있는 두 物質 사이를 分離시키는데 必要한 힘으로 定義되고, 本 實驗에서는 diamond tip에 連續적으로 荷重을 增加시키면서 蒸着層을 긁을때 蒸着層과 母材 사이의 界面이 分離되는 荷重을 音響放出(Acoustic

Emission)로 測定하여 臨界 荷重으로 定하였다.

Fig.6에는 가해진 荷重과 그때 發生하는 Acoustic Emission signal을, Fig.7에는 scratching한 表面의 注射電子顯微鏡 사진을 나타내고 있다. 하나의 試驗片에 대하여 3회의 實驗을 行하였고 注射電子顯微鏡 사진의 a, b, c는 各 load stage에서의 結果를 나타내고

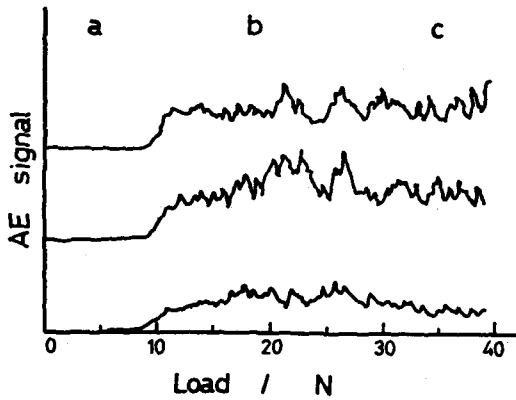


Fig. 6. Typical acoustic emission release pattern in scratch adhesion test.

있다. a 段階에서는 아무런 Acoustic Emission signal의 發生이 없고, 表面에서도 蒸着

膜의 薄離現象을 나타내지 않았다. 荷重이 10 N 以上인 stage b에서는 蒸着層과 母材의 薄離現象을 確認할 수 있었고, 그 結果 Acoustic Emission이 連續적으로 放出되고 있었다. 즉, 本 實驗에서 얻어진 TiN ion-plating 膜은 약 10N의 臨界 荷重에서 薄離現象을 보임을 알 수 있었다.

3. 引長 實驗

Fig. 8에 ion-plating하지 않은 線材와 ion-plating한 線材의 荷重-延伸 曲線을 보여주고 있고, 이때 얻어진 引長強度, 降伏強度, 延伸率의 값은 Table 4에 나타나있다. Ion-plating을 하지 않은 線材의 引長強度 값은 $171.1 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{mm}^2$, 降伏強度 값은 $155.6 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{mm}^2$, 延伸率 5.

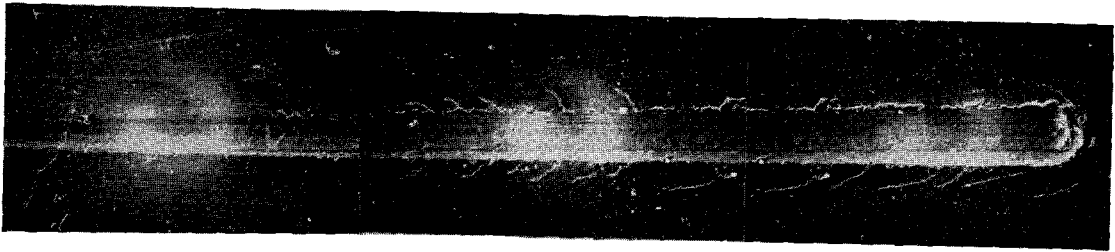


Fig. 7. SEM photograph of the trace resulted from the scratch adhesion test.

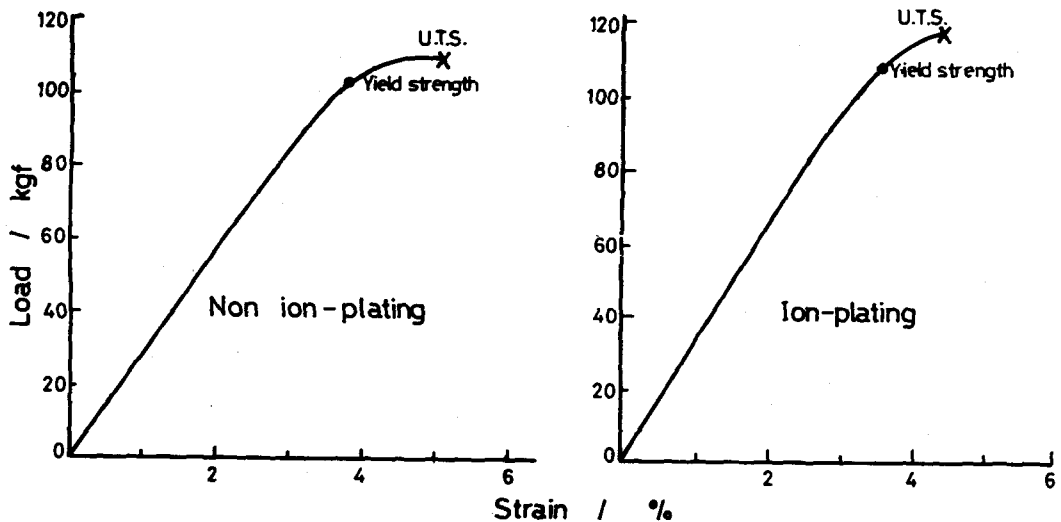


Fig. 8. Typical load-elongation curves of non ion-plated and ion-plated specimen.

Table 4. Mechanical properties of non ion-plated & TiN ion-plated orthodontic wires

	Tensile strength (Kg · f/mm ²)	Yield strength (Kg · f/mm ²)	Elongation (%)
Non ion-plated	171.1	155.6	5.5
TiN ion-plated	181.9	168.1	4.5

5%를 나타내었고, 이線材에 ion-plating 處理를 하였을때는 引長強度 181.9kg · f/mm², 降伏強度 168.1kg · f/mm², 延伸率 4.5%를 보였다.

이와같이 ion-plating 處理를 하므로써 引長強度, 降伏強度는 約 10kg · f/mm²의 增加를 보였고, 반면 延伸率은 1%의 減少를 보였다. 즉, 約 2 μ m의 높은 硬度를 가지는 ion-plating 膜이 形成되므로써 機械的 性質이 增加한 것으로 思料된다.

以上 本 實驗의 結果로 부터 矯正 裝置物에 ion-plating法으로 TiN 薄膜을 蒸着시켰을때 審美的으로 gold alloy와 비슷한 色彩的 性質을 갖는다는 것을 알 수 있었고, 또한 TiN 薄膜의 諸性質들을 檢討하여 보았다.

그러나 本 實驗은 矯正用 裝置物에 ion-plating으로 TiN 薄膜의 蒸着 可能性및 諸性質을 알아본 基礎 實驗에 그쳤고, 以後 口腔內에서 長時間 使用에도 견디어 낼수 있는 變色, 磨耗, 腐蝕抵抗등에 대한 實驗의 좋은 結果가 얻어진다면 臨床 應用의 길도 열릴 것으로 思料된다.

IV. 結 論

矯正物 裝置物에 TiN ion-plating을 行하여 그 色彩的 性質, ion-plating 膜의 性狀및, 機械的 性質을 觀察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

· Ion-plating 膜의 色彩的 性質은 L*, a*, b*가 각각 61.8, 3.3, 26.2이었고, 이 값은

JIS 標準 色表에서 거의 2.5Y의 色相을 가지고, 明度는 약 6, 彩度는 약 4의 값을 나타내었다.

· 얻어진 ion-plating 膜의 두께는 약 2 μ m 이었으며, 積層 形態는 약간 不規則한 形狀을 나타내었다.

· Ion-plating 膜은 TiN 相임을 알 수 있었다.

· 蒸着膜의 母材에 대한 密着力은 약 10N이었다.

· Ion-plating한 試片의 引長強度및 降伏強度는 ion-plating하지않은 試片에 비해 약 10kg · f/mm²정도 增加하였고, 延伸率은 1% 減少하였다.

參 考 文 獻

1. 河野 昌, 南 三浪: 이온플레이팅法による耐磨耗, 耐食性表面被覆, 金屬臨時增刊号, 8: 55-59, 1977.
2. 清水 昭, 南 二浪: 裝飾을目的とした이온플레이팅技術, 金屬臨時增刊号, 3: 48-52, 1982.
3. 柏木 邦宏: 이온플레이팅, 金屬表面技術, 30: 231-240, 1979.
4. 小宮 宗治: 眞空蒸着, 스패터링, 이온플레이팅, 金屬材料, 30: 27-35, 1983.
5. 吉成 正雄: 이온플레이팅의齒科修復物への應用に関する研究(I), 齒科材料·器械, 3: 71-78, 1984.
6. 吉成 正雄: 이온플레이팅의齒科修復物への應用に関する研究(II), 齒科材料·器械, 4: 97, 105, 1985.

7. 吉成 正雄：イオンプレーティングの歯科修復物への応用に関する研究(Ⅲ)，*歯科材料・器械*，5：17-25，1986.
8. 吉成 正雄，清藤 太郎，住井 俊夫：イオンプレーティング法によるアルミナ-ステンレス鋼複合材料の特性について，*歯科材料・器械*，7：585-591，1988.
-591，1988.
9. 黄 燕清，松村 義人：金色に至る道，*金属* 51：16-21，1981.
10. 吉原 秀雄，木内 乾保，青木 武，梅材 茂：銀イオンプレーティング膜の諸性質，*日本金属学会誌*，40：999-1006，1977.

– ABSTRACT –

APPLICATION OF TIN ION-PLATING TO THE ORTHODONTIC APPLIANCE

Oh-Won Kwon*, Kyo-Han Kim**

Department of Orthodontics, Department of Dental Materials**
College of Dentistry, Kyungpook National University*

To estimate the possibility of the application of TiN ion-plating to the orthodontic appliance, colorimetric properties, and characteristics of ion-plated film as well as adhesive strength of TiN film to the substrate and mechanical properties of ion-plated orthodontic appliance were investigated.

The obtained results were as follows:

- 1) TiN ion-plated film had the colorimetric properties which were the hue of about 2.5 Y, the brightness of about 6, and the chroma of about 4 by the standard color chip of JIS.
- 2) TiN ion-plated film was $2\mu\text{m}$ in thickness and its deposition pattern was rather irregular.
- 3) TiN phase was confirmed on the X-ray diffraction pattern.
- 4) Critical load for delamination of ion-plated film from stainless steel band was 10N.
- 5) Tensile and yield strength of ion-plated specimen was increased about $10\text{Kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$, while elongation was decreased 1% comparing to the values of the non ion-plated specimen.