

## AIP 와 스퍼터링으로 복합증착된 420 스테인리스강의 TiN과 CrN 박막에 미치는 중간층의 영향

최웅섭 · 김현승 · 박범수\* · 이경구\*\* · 이도재 · 이광민†  
전남대학교 신소재공학부 및 기능성 표면공학연구소  
\*에이지 광학, \*\*타이타늄 · 특수합금부품개발지원센터

### Effect of Interlayer on TiN and CrN Thin Films of STS 420 Hybrid-Deposited by AIP and DC Magnetron Sputtering

Woong-Sub Choi, Hyun-Seung Kim, Burm-Su Park\*, Kyung-Ku Lee\*\*, Doh-Jae Lee and Kwang-Min Lee†

Division of Materials Science and Engineering Research Institute for Functional Surface  
Engineering Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea,

\*A. G. Optics Co., Ancheong-Dong, Gwangju, 500-258, Korea,

\*\*R&D Center for Titanium and Special Alloys, Gwangju, 500-706, Korea

(2007년 3월 28일 받음, 2007년 4월 30일 최종수정본 받음)

**Abstract** Effects of interlayer and the combination of different coating methods on the mechanical and corrosion behaviors of TiN and CrN coated on 420 stainless steel have been studied. STS 420 specimen were tempered at 300°C for 1 hr in vacuum furnace. The TiN and CrN thin film with 2 μm thickness were coated by arc ion plating and DC magnetron sputtering following the formation of interlayer for pure titanium and chromium with 0.2 μm thickness. The microstructure and surface analysis of the specimen were conducted by using SEM, XRD and roughness tester. Mechanical properties such as hardness and adhesion also were examined. XRD patterns of TiN thin films showed that preferred TiN (111) orientation was observed. The peaks of CrN (111) and Cr<sub>2</sub>N (300) were only observed in CrN thin films deposited by arc ion plating. Both TiN and CrN deposited by arc ion plating had the higher adhesion and hardness compared to those formed by magnetron sputtering. The specimen of TiN and CrN on which interlayer deposited by magnetron sputtering and thin film deposited by arc ion plating had the highest adhesion with 22.2 N and 19.2 N, respectively. TiN and CrN samples shown the most noble corrosion potentials when the interlayers were deposited by using magnetron sputtering and the metal nitrides were deposited by using arc ion plating. The most noble corrosion potentials of TiN and CrN were found to be approximately -170 and -70 mV, respectively.

**Key words** TiN, CrN, corrosion, Hybrid coating.

## 1. 서 론

마르텐사이트계 스테인리스강의 대표 강종인 AISI 420 스테인리스강은 고온의 오스테나이트 상태에서 에칭하면 마르텐사이트 조직으로 변태하여 현저하게 경화하는 특징을 가지고 있다. 오스테나이트화 후 템퍼링시 우수한 강도와 경도가 얻어지므로 강도와 경도가 함께 요구되는 의료기의 가위 및 핀셋 등 그 사용 용도가 광범위하다.<sup>1)</sup> 하지만 템퍼링의 영향으로 석출탄화물<sup>2)</sup>이 형성되어 기계적 성질이나 내식성이 저하되는 단점이 있어 이의 보완을 위해 여러 가지 개선책이 모색되어 왔으며 표면에 보

호피막을 코팅하는 방법에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>3,4)</sup> 그 중에서 천이 금속의 화합물인 TiN은 용점과 경도가 높을 뿐만 아니라 화학적 성질도 안정하여 경질 보호피막재료로 널리 사용되고 있다.<sup>5)</sup>

일반적으로 TiN 코팅층의 내식성 또는 기계적 성질은 코팅층의 미세 조직과 표면이나 계면특성에 의해 크게 영향을 받는다. 부식은 주로 주상정 조직에 의한 노출부위와 표면의 결함부(기공, 공공, 핀홀 등)에서 발생<sup>6)</sup>하므로 코팅층의 결함에 따른 기지금속의 부식 보호가 중요하다. 또한 PVD(Physical Vapor Deposition) 코팅재도 종전의 TiN뿐만 아니라 CrN으로 그 범위가 확대되어 가고 있다. CrN 박막이 기존 박막에 비해 내마모성, 내열성, 특히 내식성이 우수하다고 보고되어 Cr계 코팅에 관한 연구가 점차 활성화 되고 있다.<sup>7,8)</sup> 그러나 코팅층의 PVD

†Corresponding author

E-Mail : kmllee@chonnam.ac.kr (K. - M. Lee)

증착방법에 따른 TiN 및 CrN 코팅층의 결합에 따른 부식성과 Ti/TiN 및 Cr/CrN의 중간(buffer)층에 대해서는 거의 연구된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 Arc Ion Plating법과 Magnetron Sputtering법을 이용하여 표면에 Ti 중간층과 TiN 박막 그리고 Cr 중간층과 CrN 박막을 형성시킨 후 중간층 형성과 코팅층의 증착 방법에 따른 박막의 기계적 성질과 부식 특성을 조사하였다.

## 2. 실험 방법

본 실험에 사용한 인발가공된 AISI 420 J2 강의 화학적 조성은 Table 1과 같다. 420 스테인리스강의 오스테나이트화 처리는 아르곤 분위기의 열처리를 이용, 1050°C에서 1시간 유지 후 공냉하였다. 템퍼링은 모재 내부의 탄화물 석출을 억제<sup>9)</sup>하기 위해 저온 템퍼링 구간인 300°C에서 아르곤 분위기 열처리를 이용하여 1시간 유지 후 공냉하는 조건으로 하였다. 템퍼링한 420 스테인리스강 봉재(15)를 약 3mm두께로 절단하였다.

코팅을 위한 시료는 표면을 SiC 연마지로 2000 grit까지 습식연마를 실시한 후 1 μm 알루미늄으로 최종연마를 실시하였고, 이 후 시편표면에 존재하는 잔류 유기물 및 불순물 제거를 위해 알코올과 아세톤으로 각 15분씩 초음파 세척을 실시하였다.

본 연구에 사용된 복합 코팅장치는 Fig. 1과 같이 음극아크원과 magnetron sputtering으로 구성되어 있다. 중간층과 질화 박막은 AIP(Arc ion plating)법과 DC magnetron sputtering 법을 이용하여 기판에 증착하였으며 각 증착방법에 시편을 위치시키기 위해 지그(jig)를 통해 이동하였다. 타겟과 시편의 거리는 100 mm로 고정하였다. 타겟은 마그네트론 스퍼터링법에는 직경이 4인치인 Ti(99.9% purity) 및 Cr(99.9% purity)타겟을, AIP법에는 3인치인 Ti(99.9% purity) 및 Cr(99.9% purity)타겟을 각각 사용하였다. 기판에 중간층과 TiN 및 CrN 박막을 증착하기 위해서 초고순도 질소와 초고순도 아르곤을 사용하였다. 증착전 시료의 표면에 남아있는 산화막

을 제거하기 위하여 Ar 50 sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute), 공정압력은 20 mTorr, bias는 -900V의 조건으로 30분간 plasma cleaning을 실시하였다. 타겟 표면의 산화막을 제거하기 위하여 magnetron sputtering법에서는 동일 공정조건에서 magnetron gun에 400W의 파워를 인가하고 셔터(shutter)를 닫아 놓은 상태에서 5분간, AIP법에서는 동일조건하에 bias를 -500V로 낮추고 arc gun에 50A를 주어 3분간 타겟 표면의 cleaning을 실시하였다. 이는 증착시 박막의 물성에 영향을 줄 수 있는 오염원을 최대한 줄이도록 하는 것이다.

본 연구에 사용된 중간층의 순수 Ti 및 Cr의 두께는 0.2 μm, TiN 및 CrN 박막의 두께는 약 2 μm으로 일정하게 유지하고 중간층과 질화 박막을 증착 방법을 AIP와 magnetron sputtering으로 같이하거나 복합하여 증착하였다. 준비된 시편은 Table 2와 같이 시편명을 명명하였다. 중간층을 AIP를 이용하여 증착한 후 AIP(AA)와 magnetron sputtering(AS)을 이용하여 TiN 및 CrN을 각각 증착하였으며, 중간층을 magnetron sputtering를 이용하여 증착한 후 AIP(SA)와 magnetron sputtering(SS)을 이용하여 TiN 및 CrN을 각각 증착하였다.

이와 같이 얻어진 시편을 결정성을 조사하기 위해 X-선 회절시험기로 박막의 상을 확인하였으며, FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope, S-4700)과 표면거칠기(Roughness tester, diavite, DH-7, Swiss)로 박막의 표면과 표면 거칠기, 파괴 단면 관찰 및 코팅층

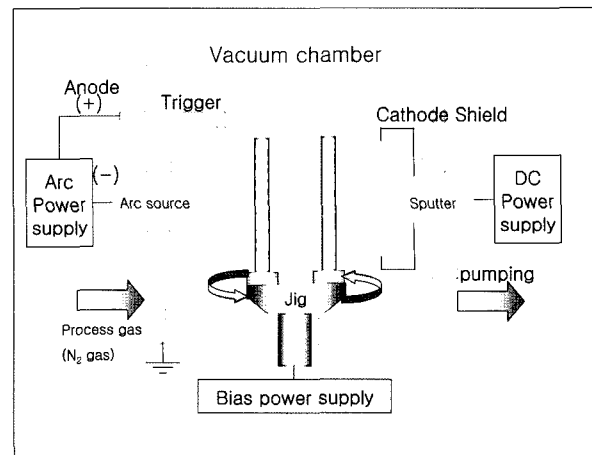


Fig. 1. Schematic of Hybrid Coating System.

Table 1. Chemical composition of 420J2 stainless steel. (wt.%)

C	Cr	Si	Mn	Ni	P	S
0.32	12.5	0.25	0.30	0.14	0.015	0.004

Table 2. Samples and their coating treatment.

Sample	interlayer coating	TiN and CrN coating
AA	Arc Ion Plating	Arc Ion Plating
SA	Magnetron Sputtering	Arc Ion Plating
SS	Magnetron Sputtering	Magnetron Sputtering
AS	Arc Ion Plating	Magnetron Sputtering

의 두께를 측정하였다. 증착된 중간층과 질화 박막의 증착방법에 따른 전기화학적 특성을 비교 분석하기 위해 PARSTAT®2273를 이용하여 동전위법(potentiodynamic polarization scan)으로 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

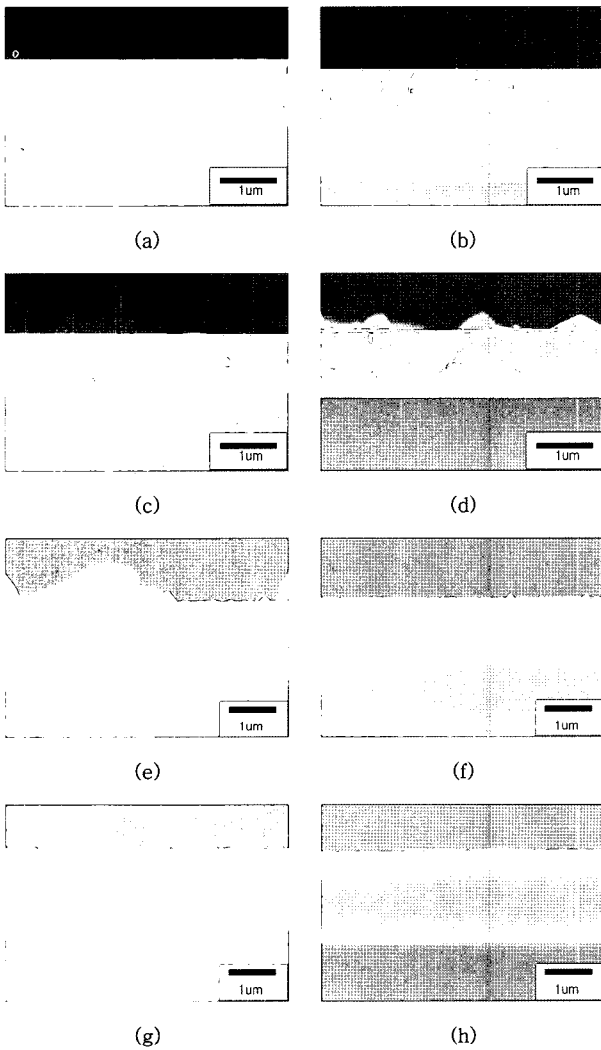
#### 3.1. 박막의 미세조직

Fig. 2는 TiN과 CrN 코팅층의 단면부를 SEM으로 관찰한 사진으로 질화박막은 다소 치밀한 주상정 구조를 가진 약 2 μm, 중간층은 0.2 μm 정도의 두께로 증착되었음을 알 수 있다. 그림에서 보면 TiN과 CrN 코팅층은 미세한 주상정 조직을 이루고 있으나 증착방법에 따른 조직상의 차이는 거의 나타나지 않았다.

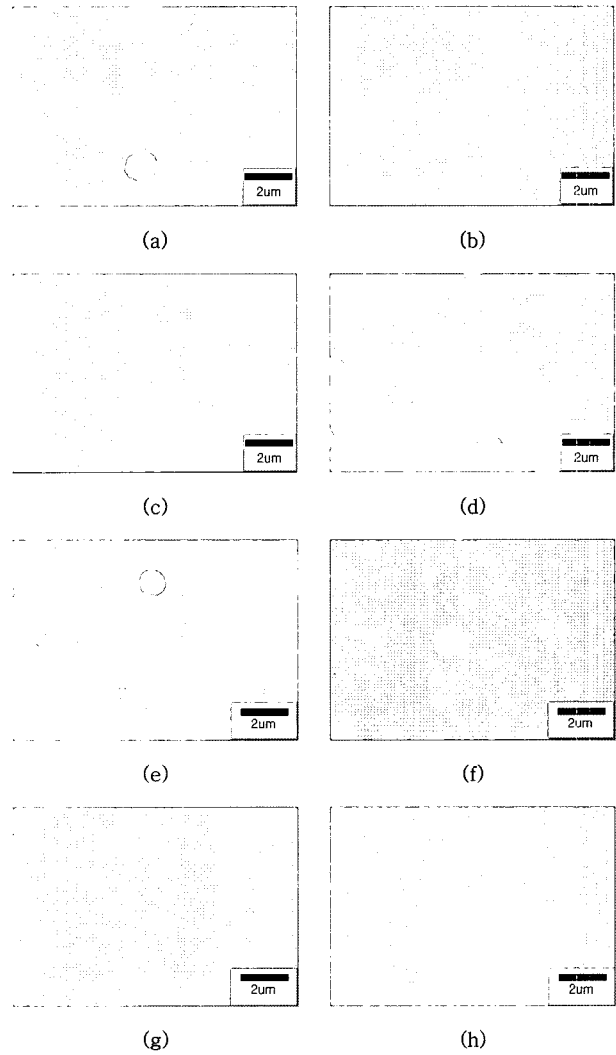
Fig. 3은 각 시편의 코팅 정도를 조사하기 위하여 촬

영한 표면사진을 나타낸 것이다. 여기에서 보면 코팅된 표면의 형상은 TiN의 SA, SS와 CrN의 SS의 시편에서 비교적 균일한 표면을 갖고 있지만 TiN의 AA, AS(Fig. 3-(a), (d))와 CrN의 AA, SA, AS 시편(Fig. 3-(e),(f),(h))에서는 곳곳에 불규칙하게 생성된 미세한 입자(microparticle)들을 볼 수 있다. 이는 아크 증발에 의한 증착시 나타나는 현상인 미세 방울(microdroplet)<sup>10)</sup>이라 불리는 결함으로 생각된다. 이들 입자는 타겟 소재인 Ti이나 Cr이 질화박막에 둘러싸였거나 또는 순수한 Ti이나<sup>10)</sup> Cr입자로 구성되어 있는 것으로 알려져 있다. Ming-Hua Shiao,<sup>11)</sup> S.Y. Yoon<sup>12)</sup> 등은 AIP법을 이용하여 증착시 증착과정에서 순간적인 arc에 의하여 발생된 고상의 droplet들이 증착층에 쌓인다고 보고하고 있다.

Fig. 4는 각 시편의 표면 거칠기 시험결과로 코팅전의 시료는 Ra값이 0.0349 μm에서 TiN 코팅층은 0.922~



**Fig. 2.** Cross-sectional SEM images of TiN coatings [ (a) AA, (b) SA, (c) SS, (d) AS ] and CrN coatings [ (e) AA, (f) SA, (g) SS, (h) AS ] on Si wafer by different coating methods.



**Fig. 3.** SEM topographies of TiN coatings [ (a) AA, (b) SA, (c) SS, (d) AS ] and CrN coatings [ (e)AA, (f) SA, (g) SS, (h) AS ] on STS420 by different coating methods.

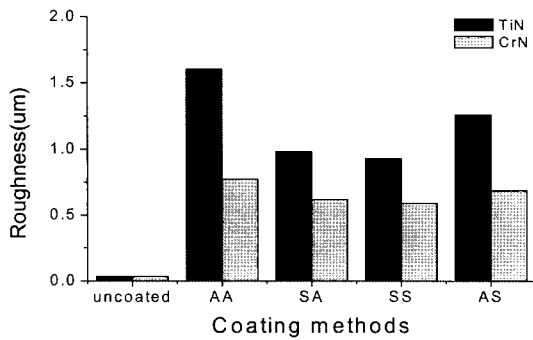
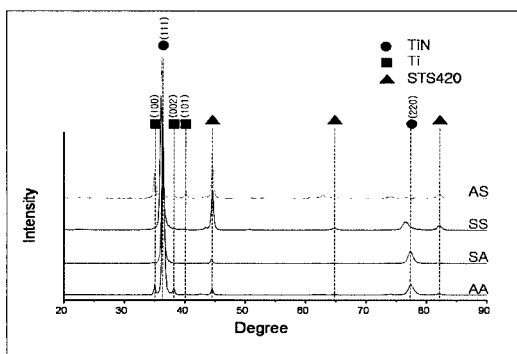
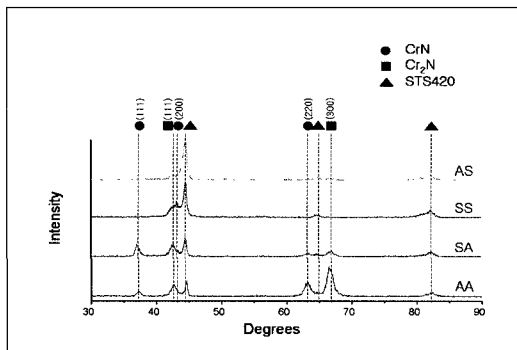


Fig. 4. Surface roughness of TiN and CrN thin films by different coating methods.



(a)



(b)

Fig. 5. X-ray diffraction patterns of TiN(a) and CrN(b) thin films by different coating methods.

1.608  $\mu\text{m}$ , CrN 코팅층은 0.59~0.774  $\mu\text{m}$ 로 증가하였다.

Fig. 5는 TiN과 CrN 코팅한 시편의 X선 회절 패턴 분석결과를 나타내었다. TiN 코팅한 시편의 분석 결과 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 TiN 코팅막에서 NaCl 구조의 (111) 우선방위가 매우 강하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 PVD방법으로 TiN을 코팅하였을 때 나타나는 (111) 우선성장 현상과 일치하였다.<sup>13,14</sup> 진공 증착된 박막들은 대부분 강한 우선방위를 갖고 있다. AIP 방법으로 중간층을 증착시킨 AA와 AS시편에서는 Ti 회절 피크가 나타나는데 이는 Fig. 3에서 관찰된 Ti미세입자

에 의한 것이라 사료된다. 그리고 AA, SA 시편에서 TiN(220)이 관찰되는데 이러한 결정 조직이 TiN(111) 결정조직보다 더 균일하고 치밀<sup>15,16</sup>한 성장으로 알려져 있다. 또한 각 시편에서 회절피크의 반가폭이 비교적 넓게 나타나는데 이는 박막에서 나타나는 전형적인 양상으로 증착시 발생하는 결함, 미세응력, 미세결정립 때문<sup>17</sup>이라고 알려져 있다.

또한 CrN 박막층의 X선 회절 패턴 분석결과로 박막층은 CrN과 Cr<sub>2</sub>N의 두상으로 구성되어 있음을 알 수 있다. AIP법으로 증착되어진 AA시편에서는 JCPDS로 비교해 볼 때, Cr<sub>2</sub>N은 회절강도가 거의 일치하였으나, 회절강도가 100인 (111)면 뿐만 아니라, 회절강도가 15인 (300)면도 높게 나와서 (300) 방향으로의 우선 방위도 존재함을 알 수 있다. 그러나 중간층을 마그네트론 스퍼터링법으로 증착 후 AIP법으로 CrN을 증착된 SA시편에서는 Cr<sub>2</sub>N(300)의 회절 강도가 감소하고 주 피크가 CrN(111)으로 변화되었다.

### 3.2. 박막의 기계적 물성 평가

#### 3.2.1. 박막의 경도

Fig. 6은 TiN 및 CrN 코팅 시편의 경도를 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 측정한 결과를 나타낸 것이다. 전체적인 시편의 경도를 보면 CrN 박막의 미소경도보다 TiN 박막의 미소경도가 우수하게 나타났다. TiN 코팅 시편에서는 AIP법으로 TiN을 증착한 AA, SA 시편은 1750~1800 Hv, 마그네트론 스퍼터링법으로 TiN을 증착한 SS, AS 시편은 약 1400 Hv로 코팅하지 않은 420스테인리스강의 경도보다 3~4배 높은 경도를 나타낸다. Bulk 상태의 TiN 미소경도는 1800~2000 Hv 정도이나, TiN 증착층의 미소경도는 증착공정에 따라 400~3000Hv로 넓은 범위를<sup>18</sup> 가진다. 이러한 차이는 증착조건 등의 차이에 따른 미세조직의 변화 및 화학성분에 기인한다고 볼 수 있다. 일반적으로 조직이 치밀하고 결정립이 미세할수록 경도가 증가하는데, 우선방위, 잔류응력, 결정결함

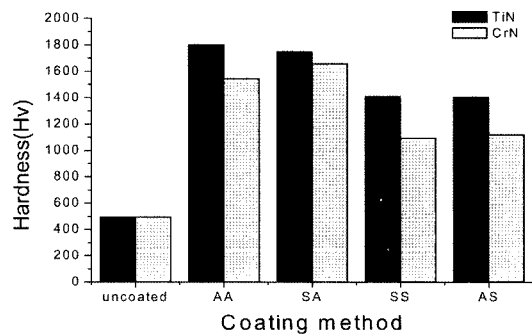


Fig. 6. Surface hardness of TiN and CrN thin films by different coating methods.

및 불순물의 혼입 등에 의해서 증착막의 경도가 영향을 받는다. 경도와 우선방위와의 관계에서 밝혀진 내용은 거의 없으나 Harju등<sup>19,20)</sup>은 TiN 코팅시 일반적으로 (220)면의 성장에 따라 경도가 증가하는 것으로 보고하였으며 본 실험결과를 이들의 연구결과와 일치함을 알 수 있다. 그리고 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 시편이 낮은 경도값을 나타낸 것은 조직이 치밀하지 않기 때문이라고 사료된다.

CrN 코팅 시편 또한 TiN 코팅 시편의 경도와 유사한 경향을 보이고 있다. AIP법으로 CrN을 증착한 AA, SA 시편은 1550~1660 Hv, 마그네트론 스퍼터링법으로 CrN을 증착한 SS, AS 시편은 1100~1120 Hv로 코팅하지 않은 420 스테인리스강보다 높게 나타났다.

3.2.2. 박막의 접착력

Fig. 7은 TiN 과 CrN 박막의 증착방법에 따른 임계하중을 정리하였다. 우선 전체적으로 CrN 박막보다 TiN 박막이 같은 공정에서는 높은 임계하중을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 TiN과 CrN 박막의 시험결과에서 질화박막을 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 시편보다 AIP법을 이용하여 증착한 시편이 약 1.5~3배 높은 임계하중을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 AIP법을 이용한 시편의 임계하중 값<sup>21)</sup>과 magnetron sputtering법을 이용한 시편의 임계하중 값<sup>22)</sup>과 일치하며 AIP법으로 TiN 증착시 고에너지 이온충돌에 의한 계면혼합효과(interface mixing effect) 및 치밀한 미세구조에 의한 영향으로 보고하고 있다. 또한 TiN 박막 중 SA 시편의 임계하중은

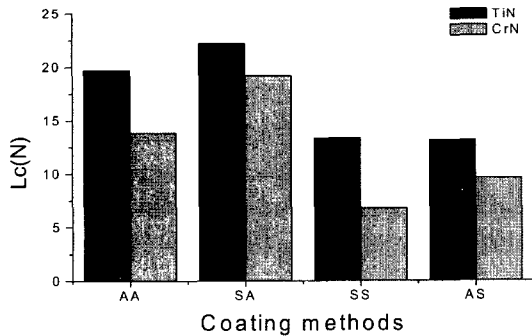


Fig. 7. Critical load from scratch test of TiN and CrN thin films by different coating methods.

22.2 N, CrN 박막 중 SA 시편의 임계하중은 19.2 N으로 가장 높은 접착력을 나타내고 있다. 일반적으로 스크래치 임계하중에 영향을 미치는 외부적인 요인으로는 모재의 경도, 코팅막의 두께, 코팅 막의 경도와 표면조도 등이 있다. 본 실험에서는 코팅막의 경도와 유사한 경향을 보이는 것으로 관찰되어 박막의 경도가 접착력에 영향을 주었을 것이라 사료된다.

3.3. 전기화학적 특성

Fig. 8은 Cl<sup>-</sup>를 포함한 수용액에서 TiN 코팅한 시편이 나타내는 pit의 생성과 성장을 모식도로 나타내었다. PVD법을 이용하여 시편 표면에 TiN을 증착시 Fig. 8(a)와 같이 핀홀 등 결함부가 발생한다. Fig. 8(b), (c)는 TiN 박막층의 핀홀과 같은 결함부에서 pit가 생성되고 성장되어 모재는 부식환경에 노출된다. Fig. 8(d)와 같이 모재에 Cl<sup>-</sup>이 침투된 모양을 볼 수 있다. 또한 노출되어진 모재에서 TiN층이 모재에 대하여 음극(cathode)으로 작용하고 노출된 모재는 양극(anode)으로 작용하여 소위

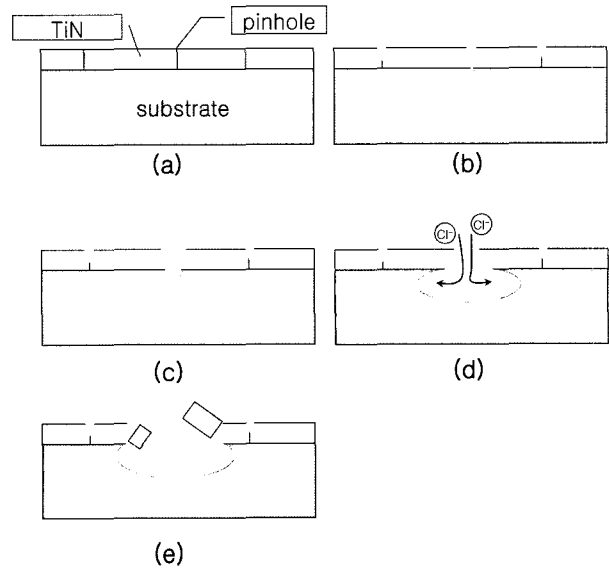


Fig. 8. Schematic diagram showing the mechanism for pit generation and growth in TiN coating on substrate.

Table 3. Corrosion potential and Corrosion Current Density of TiN and CrN thin films by different coating methods.

	TiN		CrN	
	E <sub>corr</sub> (mV)	i <sub>corr</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	E <sub>corr</sub> (mV)	i <sub>corr</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )
uncoated	-305	14.4	-305	14.4
non-interlayer	-304	3.88	-249	0.075
AA	-195	0.144	-245	0.072
SA	-170	0.062	-70	0.031
SS	-205	0.924	-163	0.068
AS	-244	1.09	-221	1.81

게 된다. 이후 국부적인 부식에 의해 TiN 코팅층은 파괴가 일어난다(Fig. 8(e)).

Fig. 9는 TiN과 CrN 코팅된 시편을 NaCl 수용액에서 측정된 동전위 분극곡선이다. 그리고 좀더 정확하게 비교하기 위해 Tafel 분석한 결과<sup>23)</sup>를 Table 3에 정리하였다. Fig. 9(a)에서 전체적인 부식 특성은 TiN 단일박막의 경우 부식 전위의 상승이 나타나지 않았으나 Ti가 중간층으로 코팅된 시편에서는 420스테인리스강보다 약 61~135 mV 상승하는 경향을 나타낸다. 그리고 Ti 중간층 증착방법에 따라 부식 전위가 크게 증가하였는데 특히 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 증착한 SA 시편의 경우 -170mV의 부식 전위를 나타내 AA 시편의 -195mV, SS시편의 -205 mV, AS 시편의 -244 mV보다 크게 상승하였다. 그리고 양극분극곡선을 비교하여 보면 420 스테인리스강의 양극분극곡선에 비해 Ti 중간층으로 코팅된 시편이 왼쪽으로 이동되어지는 것을 관찰할 수 있다. 특히 SA 시편의 경우 현저히 이동되어짐을 관찰할 수 있으며 다른 시편에 비해 낮은 부동태 전류밀도를 나타낸다. 이는 Fig. 8(b)와 (c)에 나타난 pit의 성장 과정에서 Ti 중간층이 전해액 내의 산소와 결합하여 산화피막(TiO<sub>2</sub>)

을 형성하고 이로 인한 부피팽창으로 TiN 박막의 결합부위를 막아 부식 속도를 낮춘 것이라고 사료된다.<sup>24-27)</sup> 또한 Ti가 중간층으로 코팅된 시편은 420스테인리스강과 TiN 단일층의 경우에 비해 전반적으로 낮은 부식 전류 밀도를 보이며 특히 SA시편은 420스테인리스강의 경우보다 약 1/100 배 이하의 낮은 부식 전류 밀도를 나타내고 있다.

Fig. 9(b)에서 전체적인 부식 특성은 CrN 박막을 증착한 시편에서는 420스테인리스강보다 약 56~235 mV의 부식전위가 상승하는 경향을 나타낸다. 그리고 Cr중간층과 CrN 증착방법에 따라 부식 전위가 상승하였는데 특히 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 증착한 SA 시편의 경우 -70mV의 부식 전위를 나타내 AA 시편의 -245 mV, SS시편의 -163 mV, AS 시편의 -221 mV보다 크게 상승하였다. 그리고 420스테인리스강에 비해 CrN코팅한 시편의 양극 분극곡선이 왼쪽으로 이동되어졌으며 이는 420

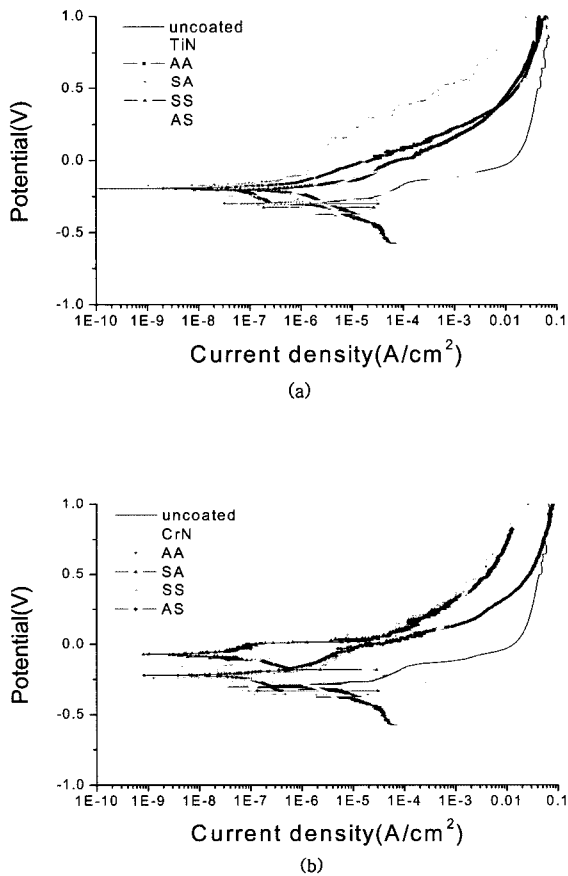


Fig. 9. Potentiodynamic polarization curves of TiN(a) and CrN(b) thin films by different coating methods.

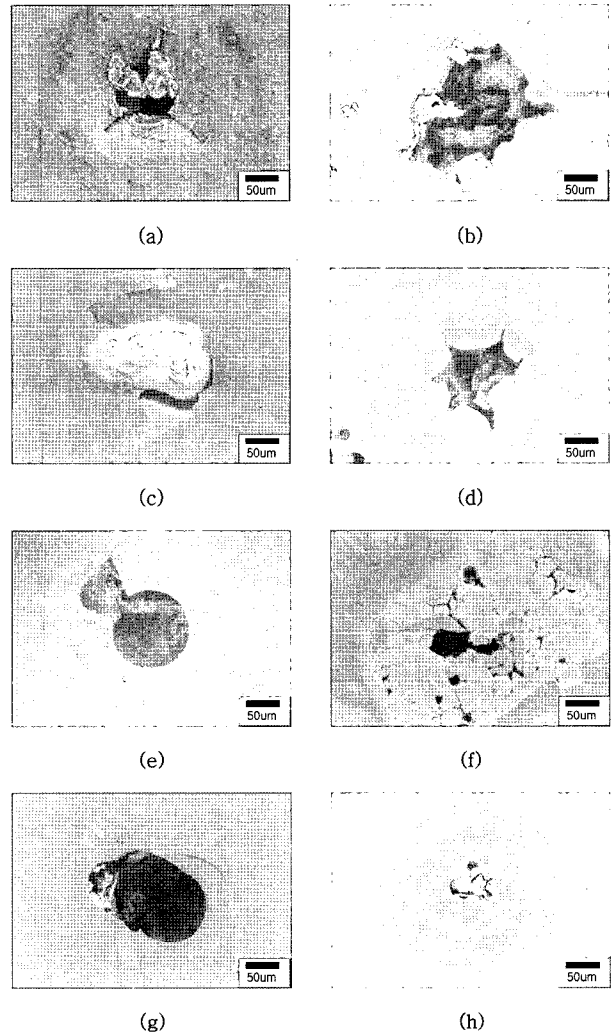


Fig. 10. SEM images of TiN coatings [(a) AA, (b) SA, (c) SS, (d) AS] and CrN coatings [(e) AA, (f) SA, (g) SS, (h) AS] on STS420 after potentiodynamic test.

스테인리스강에 비해 낮은 부동태 전류밀도를 나타냄을 알 수 있다. 또한 Cr중간층이 마그네트론 스퍼터링법으로 코팅된 시편은 420스테인리스강과 다른 시편에 비해 전반적으로 낮은 부식 전류 밀도를 보이며 특히 SA시편은 420스테인리스강의 경우보다 약 1/1000배 이하의 낮은 부식 전류 밀도를 나타내고 있다.

Fig. 10은 TiN과 CrN 시편을 NaCl 수용액에서 동전위분극시험한 후 표면을 SEM으로 관찰한 결과이다. 코팅층이 원형으로 함몰되거나(Fig. 10(a), (d), (e), (g)) 파괴되어(Fig. 10(b), (c), (f), (h)) 있는데 Fig. 8과 같이 균열이나 결함부위로 침투한 Cl<sup>-</sup>에 의해 TiN 코팅층과 CrN 코팅층 내부에서 조대한 pit가 핵생성되어 성장하였기 때문에 판단되며 pit내에서 pH의 감소로 인한 결과로 사료된다.<sup>28)</sup>

#### 4. 결 론

1. 코팅층의 XRD 분석 결과 TiN 박막은 모든 시편에서 (111)의 우선성장 방위가 나타났으며 AIP법을 이용한 TiN 증착시 (220)면이 발달하여 더 균일하고 치밀한 성장을 보였다. CrN 박막은 CrN과 Cr<sub>2</sub>N의 2상으로 구성되었다.

2. 미세경도 측정 결과 TiN 박막이 CrN 박막보다 높은 경도를 나타냈으며 TiN 박막과 CrN 박막 모두에서 질화박막을 AIP법으로 증착한 시편이 Magnetron Sputtering법으로 증착한 시편보다 높은 경도를 나타내었다. 그 중 AIP법을 이용하여 중간층을 형성한 TiN 박막이 1863Hv, Magnetron Sputtering법으로 중간층을 형성한 CrN 박막이 1661 Hv로 가장 높은 경도값을 나타내었다.

4. 스크래치 시험결과 TiN 박막과 CrN 박막 모두 Magnetron Sputtering법으로 중간층을 형성하고 AIP법으로 질화박막을 증착한 시편이 22.2N과 19.18N으로 가장 높은 접착력을 나타내었다.

5. 3.5% NaCl 수용액에서 동전위 분극시험결과 TiN 박막과 CrN 박막 모두 부식전위가 크게 상승하고 부동태 전류 밀도와 부식 전류 밀도가 감소하는 경향을 나타내었다. Magnetron Sputtering법으로 중간층을 형성하고 AIP법으로 질화박막을 증착한 시편의 부식 전위가 -170 mV와 -70 mV를 나타내 가장 우수한 부식 저항을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 2006 지역혁신인력양성사업(GJ-06-1-029)의 연구결과로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. ASM International Handbook Committee, Stainless Steel, p.17, J. R. Davis, ASM International, U.S.A (1996).
2. Y. G. Kim, J. of the Korean Society for Heat Treatment, **5**, 117 (1992).
3. W. J. Chou, G. P. Yu and J. H. Huang, Corrosion Science, **43**, 2023 (2001).
4. H. C. Barshilia, M. S. Pakash, Thin Solid Film, **460**, 133 (2004).
5. J. A. Thornton, Ann. Rev. Sci., **7**, 239 (1977).
6. H. Melchoir, J. Appl. Phys., **52**, 5722 (1981).
7. V. K. William Grips, H. C. Barshilia, The Solid Film, **514**, 204 (2006).
8. M.A.M Ibrahim, S. F. Korablov, Corrosion Science, **44**, 815 (2002).
9. B. H. Jung, H. J. Kim, J. of the Korean Society for the Heat Treatment, **17**, 29 (2004).
10. H. Randhawa, Surf. Coat. Technol., **33**, 53 (1987).
11. M. S. Shiao, F. S. Shieu, Thin Film Solid, **386**, 27 (2001).
12. S. Y. Yoon, Y. B. Lee, J. Kor. Ins. Sur. Eng., **35**, 199 (2002).
13. T. Matsue, T. Hanabusa, Y. Ikeuchi, Vacuum, **66**, 435 (2002).
14. G. S. Kim, S. Y. Lee, Sur. Coat. Tech., **171**, 83 (2003).
15. J. C. Knight and T. F. Page, Thin Solid Films, **193/194**, 431 (1990).
16. A. Deblanc Bauer, M. Herranen, H. Ljungcrants, J-O. Carlsson, J. E. Sundgren, Surf. Coat. Technol., **91**, 208 (1997).
17. Y. I. Chen and J. G. Duh, Surf. Coat. Technol., **46**, 371 (1991).
18. D. S. Rickerby, J. Bull, T. Robertson and A. Hendry, Surf. Coat. Technol., **41**, 63 (1990).
19. S. H. Harju, M. Lee, I. Lee, J. Kor. Inst. Sur.Eng., **30**, 33 (1997).
20. J. Takadoun, H. H. Bennami, Surf. Coat. Technol. **96**, 371 (1997).
21. C. B. In, B. J. Jung, W. J. Lee, J. Kor. Cer. Soc., **31**, 731 (1994).
22. J. Stallard, S. Poulat, D.G. Teer, Tribology International, **39**, 159 (2006).
23. W. J. Chou, G. Y. Yu and J. H. Huang, Corrosion Science, **43**, 2023 (2001).
24. Denny A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, 2nd Ed, Prentice-Hall, **143** (1997).
25. C. Harish, M. Surya Prakash, K. S. Rajam, Thin Solid Films, **460**, 133 (2004).
26. S. J. Bull, P. R. Chalker, C. F. Ayres and D. S. Rickerby, Mat. Sci. Technol., **39**, 71 (1991).
27. Y. Massiani, A. Medjajed, P. Gravier and J. P. Crousier, Thin Solid Films, **37**, 217 (1992).
28. D. Lopez, C. Sanchez, A. Toro, Wear, **258**, 684 (2005).