

AISI316L stainless steel에 저온 플라즈마 침탄처리 후 질화처리 시 Ar 가스조성이
표면특성에 미치는 영향

Effects of Ar gas composition on the surface properties of AISI316L stainless steel during
low temperature plasma nitriding after low temperature plasma carburizing

정광호^{1*}, 이인섭¹
(¹) 동의대학교, 신소재공학과

초 록 : 저온 플라즈마 침탄 처리 후 연속적인 공정으로 저온 플라즈마 질화를 실시하여 내식성과 표면경도를 향상시키는 처리에서 질화처리 시 Ar 가스가 표면특성에 미치는 영향을 조사 하였다. 모든 시편의 경도가 미처리재 보다 약 4배 증가하였으며, Ar 가스의 양이 증가할수록 N의 침투깊이가 깊어졌다. 전체 경화층의 두께는 거의 일정하였고, 경화층은 모재보다 내식성이 증가되어 단면조직사진에서 밝게 나타났다.

1. 서 론

저온 플라즈마 질화처리를 통해 표면에 형성되는 경화층은 얇고, 경화층과 모재사이에서 경도의 급격한 감소가 일어나므로 load bearing capacity가 떨어진다. 그리고 표면에 형성되는 경화층이 균일하게 형성되지 않는 단점이 있다 따라서 보다 짧은 시간 내에 경화층의 두께를 향상시키기 위하여 플라즈마 침탄과 플라즈마 질화처리를 동일한 로 내에서 연속적으로 실시하였다 (2-step 공정). 동일한 온도에서 오스테나이트 상내부에서 C는 N보다 확산 계수가 크고, 석출물 형성 온도도 N보다 높아 플라즈마 침탄처리는 플라즈마 질화보다 높은 온도에서 처리가 가능하다. 따라서 짧은 시간 내에 침탄처리에 의한 두꺼운 경화층을 형성시킬 수 있어서, load bearing capacity를 확보할 수 있다. 후속 공정으로 질화처리 온도까지 냉각시킨 후 질화처리하면 침탄처리만 한 표면보다 더 높은 경도와 내식성을 확보할 수 있다. 2단계 공정은 본 실험실에서 독자적으로 개발한 공정이므로 2단계 공정으로 형성된 경화층의 재료물성분석에 대한 연구는 전무한 상태이다. 특히 본실험은 플라즈마 침탄 후 질화 처리단계에서, 질화층 형성을 촉진시키기 위하여 플라즈마의 밀도를 향상시키고 활성화질소를 많이 형성시키는 비활성 가스인 Ar가스의 양을 변화시켜 그에 따른 표면 경화층의 조직 및 특성을 관찰 하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

이 실험에 사용된 AISI316L시편의 조성은 Table 1에 나타내었다. 디스크 형태의 시편 (Φ 22mm × h 5mm)을 SiC사포를 이용하여 1200번까지 순차적으로 연마 후 알루미늄 슬러리로 경면처리 하였다. 아세톤에서 초음파 세척하여 Plused-DC 플라즈마 질화 장비에 넣고, 대기 공기의 영향을 최소화하기 위해 초기배기를 50 mTorr이하까지 실시한다. 플라즈마 침탄을 실시하기 전, 300°C에서 공정온도 (500°C)까지 상승하는 동안 (약 40분) 스퍼터링을 실시한다.

Table 1 Chemical composition of AISI316L stainless steel.

Fe	C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	S	P
Bal.	0.03	2.00	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	1.00	0.03	0.045

저온 플라즈마 침탄 처리는 스퍼터링 처리가스를 50 mTorr 이하까지 배기하고, H₂, Ar, CH₄ 가스를 주입하여 4 Torr로 처리압력을 고정하여, 500°C에서 15시간 동안 실시하였다. 침탄처리후, 연속적인 공정으로 침탄처리가스를 50 mtorr 이하까지 배기하고, 온도가 400°C에 도달하면, 질화처리가스 H₂, N₂(15~45%), Ar가스를 주입하여 2 torr로 처리압력을 고정하고, 5시간 동안 처리하였다. 모든 시편은 진공로 내에서 냉각되었으며, 상세한 처리조건을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Experimental parameters for 2-step plasma process.

Step	Temp.	Time	Discharge voltage	working pressure
Carburizing	500°C	15h	500V	4 Torr
Nitriding	400°C	5h	600V	2 Torr

광학현미경을 이용하여 단면을 관찰하였고, N원자와 C원자의 농도분포를 확인하기 위해 GDS시험을 실시하였다.

2.1 결과 및 고찰

저온플라즈마 2-step 공정을 실시한 시편의 단면을 Fig. 1에 나타내었다. 모든시편의 경화층은 왕수(50% HCl + 30% HNO₃ + 20% H₂O)에 대해 내식성이 모재부 보다 우수하여 전체적으로 밝게 나타난다. 이것은 다른 논문에서 보고한 C에 의해 확장된 오스테나이트 영역(Expanded austenite C-γ_C) 및 N에 의하여 확장된 오스테나이트 영역(Expanded austenite N-γ_N)의 특성과 일치하며 에칭용액에 대한 내식성이 뛰어난 것을 보여준다. 전체적인 경화층의 두께는 침탄공정 시 결정되므로 거의 일정한 값을 가진다.

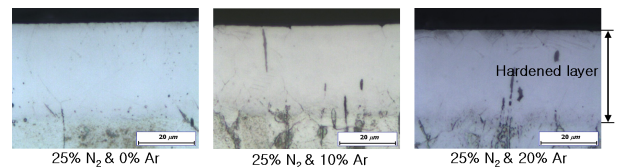


Fig. 1 Optical micrographs of cross-sections of plasma carburized + nitrided (C+N) AISI316L steel with various gas composition at nitriding step.

시편 표면의 N및 C의 농도분포를 분석한 GDS실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. Ar가스를 주입하면 모재내의 결합력을 저하시키고, 결정결함을 형성시켜 침입형 원자의 확산을 원활하게 한다. 따라서 Ar양이 증가할수록 N의 침투깊이가

깊어지는 것을 확인할 수 있다. 표면의 N 농도는 10% Ar 시편과 20% Ar 시편이 거의 동일하게 나타났으며, 그 원인은 Ar에 의하여 결합은 충분히 형성되었으나 플라즈마 분위기 내의 N 농도가 25%로 일정하여 표면농도도 일정한 것으로 생각된다.

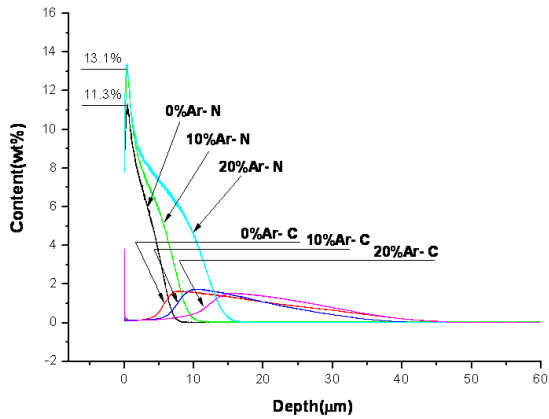


Fig. 2 Nitrogen and carbon concentration profiles of carburized+nitrided layers produced on AISI316L steel with various gas composition at nitriding step.

3. 결 론

1. 처리가스 내의 Ar이 증가하면 시편내의 N 농도와 N의 침투깊이가 증가하는 것으로 나타났다.
3. 저온플라즈마 처리한 모든 시편의 내식성은 미처리재 보다 우수하게 나타났다.
3. 전체 경화층의 두께는 일정하게 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] Zhao Cheng, C.X. Li, H. Dong, T. Bell, Low temperature plasma nitrocarburising of AISI 316 austenitic stainless steel, Surf. & coat. tech., 191, 195, 2005.
- [2] E. Menthe, A Bulak, J. Olfe, A. Zimmermann, K.-T. Rie, Improvement of the mechanical properties of austenitic stainless steel after plasma nitriding Surf. & coat. tech., 133-1134, 259, 2000.
- [3] H. Dong, P.-Y. Qi, X.Y. Li, R.J. Liewellyn, Improving the erosion-corrosion resistance of AISI316 austenitic stainless steel by low-temperature plasma surface alloying with N and C, Mater. Sci. Eng., 431, 137, 2006.
- [4] Y. Sun, T. Bell, Wear, Dry sliding wear resistance of low temperature plasma carburised austenitic stainless steel, 253, 689, 2002.