

AISI316L stainless steel에 저온 플라즈마 침탄처리 후 질화처리 시 N₂ 가스조성이
표면특성에 미치는 영향

Effects of N₂ 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

초록 : AISI316L강의 내식성과 표면경도를 동시에 향상시키기 위한방법으로 저온 플라즈마 침탄과 저온 플라즈마 질화를 동일한 로 내에서 연속적으로 실시하였다. 여러 가지 공정인자 중 저온 플라즈마 질화 시 N₂가스가 표면에 미치는 영향을 조사 하였다. 모든 시편의 표면에 N에 의해 확장된 오스테나이트 (γ_N)가 형성되었으며, 형성된 γ_N 로 인하여 표면경도가 약 3~4배 증가하였다. N₂가스가 증가할수록 γ_N 층의 두께가 증가 하였다.

1. 서 론

오스테나이트계 스테인리스강은 석유화학, 식품, 제지 등 내식성을 크게 요구하는 분야에 널리 이용되지만, 표면경도가 낮아 쉽게 마모가 일어나고 해수 분위기에서 pitting 부식이 일어나는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 저온 (350~450℃) 플라즈마 질화처리를 실시하여 표면에 질소를 주입하면, 질화물(CrN)을 생성하지 않고 N이 과 고용된 오스테나이트상(γ_N)을 생성할 수 있다.

강에서의 질소는 오스테나이트 안정화 원소이며, 탄소보다 효율적인 고용강화 원소이다. 그리고 Cr 결핍영역 형성을 발생시키는 탄화물생성을 억제하여 pitting 부식 저항성을 높이는 것으로 알려져 있다.

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. 본 실험은 플라즈마 침탄 후 질화 처리 단계에서, N의 공급원인 N₂가스의 양을 변화시켜 그에 따른 표면경화층의 조직 및 특성을 관찰 하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

이 실험에 사용된 AISI316L시편의 조성은 Table 1에 나타내었다. 디스크 형태의 시편 (Φ22mm × h5mm)을 SiC 사포를 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℃에서 공정온도 (500℃) 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℃에서 15시간 동안 실시하였다. 침탄처리후, 연속적인 공정으로 침탄처리가스를 50 mtorr 이하까지 배기하고, 온도가 400℃에 도달하면, 질화 처리가스 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℃	15h	500V	4 Torr
Nitriding	400℃	5h	600V	2 Torr

광학현미경을 이용하여 단면을 관찰하였고, 표면경도를 마이크로 비커스 경도계 (Mitutoyo 하중 10g, 하중시간 15sec)를 이용하여 측정하였다.

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 특징과 일치하며 에칭용액에 대한 내식성이 뛰어난 것을 보여준다. 전체적인 경화층의 두께는 침탄공정 시 결정되므로 거의 일정한 값을 가진다.

저온 플라즈마 2-step공정처리 후 시편의 표면경도및 경화층의 두께를 Fig. 3에 나타내었다. 표면경도는 N₂가스의 양이 증가 하여도 크게 변화하지 않으나 γ_N 층의 두께는 N₂가스의 양이 증가할수록 크게 증가한다.

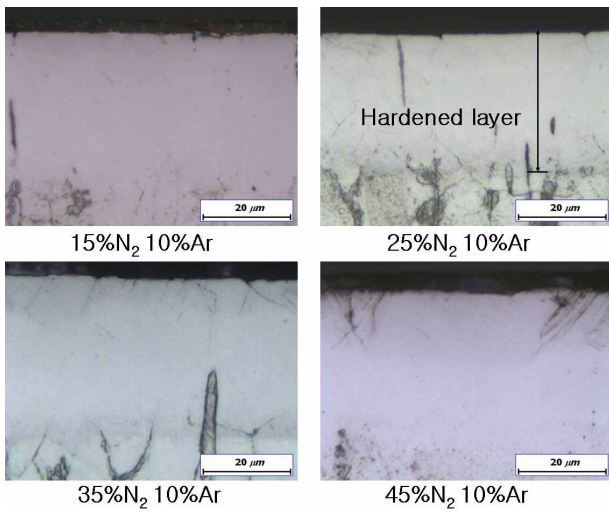


Fig. 1 Optical micrographs of cross-sections of plasma carburized + nitrided (C+N) AISI316L steel with various gas compositions at nitriding step.

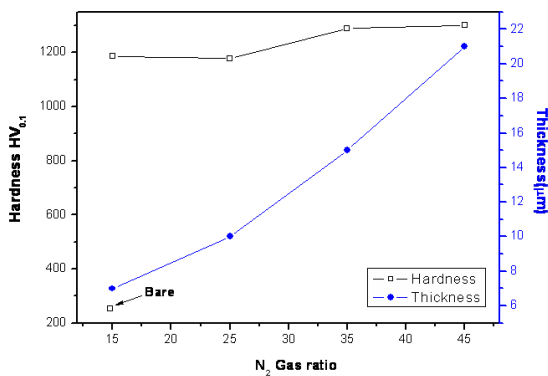


Fig. 2 Thickness of γ_N layer and surface hardness of carburized+nitrided layers produced on AISI304L steel as a function of gas ratios at nitriding step.

3. 결 론

1. 처리가스 내의 N₂가 증가하면 시편내의 N의 침투깊이가 증가하는 것으로 나타났다.
2. 저온 플라즈마처리한 모든 시편의 표면경도는 미처리재보다 약 4배 이상 증가하였다.
3. 저온 플라즈마처리한 모든 시편의 내식성은 미처리재보다 우수하게 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.