

AISI316L stainless steel에 저온 플라즈마 침탄처리 후 질화처리 시 공정인자에 따른 표면특성평가

Effects of operation parameters 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 : AISI316L강에 저온 플라즈마 침탄과 저온플라즈마 질화를 연속적으로 실시하여 표면경도와 내식성을 동시에 증가시키는 처리법에서 질화처리 시 처리시간 및 온도에 따른 표면특성변화를 조사하였다. 모든 시편의 표면에 N에 의해 확장된 오스테나이트 (γ_N)가 형성되었으며, 형성된 γ_N 로 인하여 표면경도가 약 3~4배 증가하였다. 처리시간과 온도가 증가함에 따라 γ_N 층의 두께와 표면의 N농도가 증가하였다. 표면처리한 모든 시편은 표면의 N의 영향으로 내식성이 증가 하였다.

1. 서 론

저온 플라즈마질화를 실시하면 표면에 석출물이 없는 N에 의해 확장된 오스테나이트상(γ_N)이 형성되지만, 경화층의 두께가 얇고, 경화층의 분포도 균일하지 않은 단점이 있다. N_2 와 CH_4 가스 분위기에서 저온 플라즈마처리 즉 저온 플라즈마 질탄화를 실시하면, 경화층의 분포를 균일하게 하는 장점이 있다. 그리고 N에 의해 확장된 오스테나이트상(γ_N)과 C에 의해 확장된 오스테나이트상(γ_C)이 층상구조로 형성된다. 하지만 저온플라즈마 질탄화의 경우 두꺼운 경화층을 얻기 힘들다. 따라서 보다 짧은 시간 내에 경화층의 두께를 향상시키기 위하여 플라즈마 침탄과 플라즈마 질화처리를 동일한 로 내에서 연속적으로 실시하였다 (2단계 공정). 본 실험에서는 AISI316L강에 저온 플라즈마 침탄 처리 후 질화처리 시 처리시간과 처리온도가 표면특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

이 실험에 사용된 AISI316L시편의 조성은 Table 1에 나타내었다. 디스크 형태의 시편 ($\Phi 22mm \times h5mm$)을 SiC사포를 이용하여 1200번까지 순차적으로 연마 후 알루미늄 슬러리로 경면처리 하였다. 아세톤에서 초음파 세척하여 Plused-DC 플라즈마 질화 장비에 넣고, 초기배기를 50 mTorr이하까지 실시한다. 플라즈마 침탄을 실시하기 전, 300°C에서 공정온도 (500°C) 까지 상승하는 동안 (약 40 분) 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, H_2 , Ar, CH_4 가스를 주입하여 4 Torr로 처리압력을 고정하여, 500°C에서 15시간 동안 실시

하였다. 침탄처리후, 연속적인 공정으로 침탄처리가스를 50 mtorr 이하까지 배기하고, 온도가 400°C 또는 450°C에 도달하면, 질화처리가스 H_2 , N_2 , Ar가스를 주입하여 2 torr로 처리압력을 고정하고, 5-10 시간 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	Gas ratio ($H_2:N_2:Ar:CH_4$)	working pressure
Carburizing	500°C	15h	500V	75:0:20:5	4 Torr
Nitriding	400-450°C	5-10h	600V	65:25:10:0	2 Torr

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

2.2 결과 및 고찰

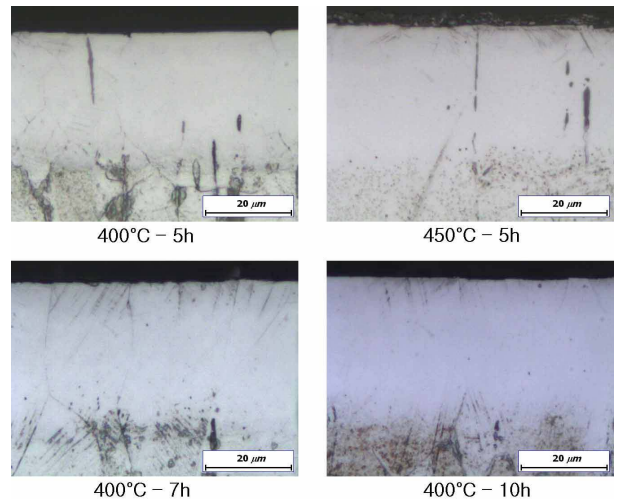


Fig. 1 Optical micrographs of cross-sections of plasma carburized + nitrided (C+N) AISI316L steel with various temperatures and times at nitriding step.

Fig. 1은 침탄처리 후 질화처리 시 처리온도 및 시간을 변화하면서 처리한 시편의 단면을 광학현미경으로 관찰한 사진이다. 모든 시편이 왕수(50% HCl+ 30% HNO_3 + 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. γ_C 와 γ_N 는 격자 변형이 심하게 일어난 지역으로 높은 경도를 가지게 한다. 전체적인 경화층의 두께는 침탄단계에서 결정되므로 모든 시편에서 비슷한 두께를 가지는 것으로 나타났다.

[6] B.Larisch, U.Brusky, H.-J. Spies, Structure and composition of expanded austenite produced by nitrogen plasma immersion implantation of stainless steel X6CrNiTi1810 and X2CrNiMoN2253, Surf. & coat. tech., 116-119, 205, 1999.

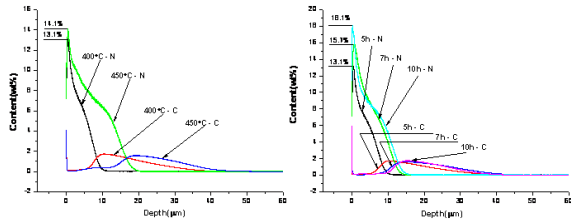


Fig. 2 Nitrogen and carbon concentration profiles of carburized+nitrided layers produced on AISI316L steel with various temperatures and times at nitriding step.

Fig. 2는 각 시편의 N 및 C의 농도분포를 나타낸 GDS 분석 결과이다. 온도와 시간이 증가할수록 표면의 N 농도가 높아져 10시간 처리 하였을 때 약 18%까지 높아진다. N의 침투 깊이도 깊어지는데 침투 깊이는 확산에 의한 것이므로 확산계수는 온도에 지수함수적으로 증가하므로 450°C일 때 약 20 μ m로 가장 두껍게 나타났다. 하지만 C가 침투하는 침탄 조건은 동일하므로 C의 침투 깊이는 450°C시편을 제외하고는 동일하다. 450°C시편의 경우 온도가 높아 N의 침투가 활발히 일어나고 이로 인하여 C가 내부로 밀려들어갈 때 문이다.

3. 결 론

1. 2-step 공정에서 침탄 처리 후 질화처리 시 처리시간을 10시간, 처리온도를 450°C까지 상승시켜도 석출물이 형성되지 않았다.
2. 처리시간과 온도가 증가할수록 표면의 질소농도가 높아지고 γ_N 층의 두께도 두꺼워졌다.

참 고 문 헌

[1] Y. Sun, "Kinetics of low temperature plasma carburizing of austenitic stainless steel". Mater. proc. tech., 168, 189, 2005.

[2] 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.

[3] C. Blawert, H. Kalvelage, B.L. Mordike, G.A. Collins, K.T. Short, "Nitrogen and carbon expanded austenite produced by PI³". Surf. & coat. tech., 136, 181, 2001.

[4] Y. Sun, Mater. letter., Enhancement in corrosion resistance of austenitic stainless steels by surface alloying with nitrogen and carbon, 59, 3410, 2005.

[5] Y. Sun, E. Haruman, Vac., 81, Effect of carbon addition on low-temperature plasma nitriding characteristics of austenitic stainless steel, 1, 2006.