

F51강의 저온 플라즈마 침탄처리시 표면특성에 미치는 공정변수의 영향

Effect of processing parameters on the surface characteristics of low temperature plasma carburized F51 Duplex Stainless Steel

천창석, 이인섭*
 동의대학교 신소재공학과

초 록: 우수한 기계적 강도 및 내식성을 가지고 있는 F51(Duplex Stainless Steel)에 저온 plasma Carburizing처리를 적용하여 온도 및 Ar농도에 따른 표면특성을 조사하였다. 플라즈마 처리된 시편은 표면에 탄소가 과포화된 S-phase 또는 Expanded austenite가 형성되어 미처리 시편에 비해 경도 및 내식성 모두 증가하였다.

1. 서론

F51(Duplex Stainless Steel)은 우수한 가공성을 제공하는 Austenite 상과 우수한 내식성을 제공하는 Ferrite 상이 약 50 : 50으로 매우 미세하게 결합된 구조를 가진다. 염수분위기에서 응력부식, 공식 및 틈부식에 대한 저항성과 기계적 강도가 좋으므로 범용적으로 사용되고 있으며, 일반 Austenite계 Stainless Steel에 비해 Ni가 약 1/2수준밖에 포함되지 않으므로 비용이 절감되어 경제적으로도 이점을 가지고 있다. 본 연구는 이런 이점을 가지고 있는 F51(Duplex Stainless Steel)에 저온 플라즈마 침탄처리시 온도 및 Ar gas 농도가 표면특성에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

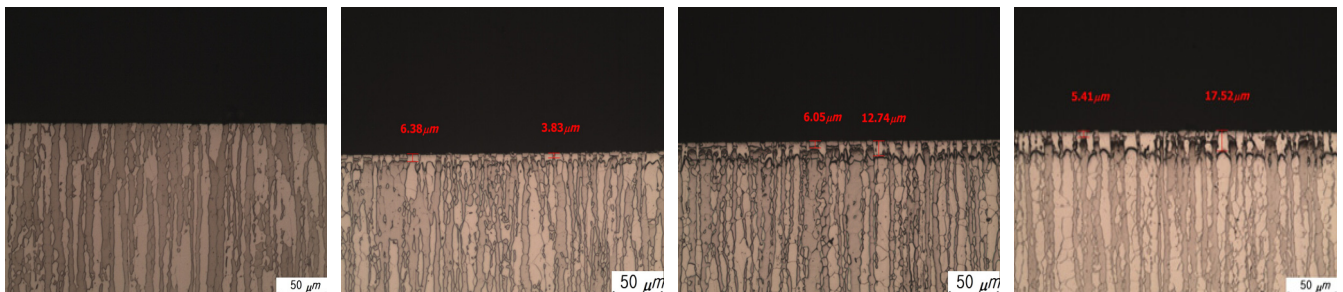
2. 본론

본 연구에서는 F51시편을 몇 가지 공정변수를 두고 저온 플라즈마 침탄처리하여 소재표면의 거동을 관찰하였다. 압연봉재의 재료를 절단하여 디스크 형태의 시편(φ16mm x h3mm)으로 가공하였다. SiC사포를 이용하여 120~1200번까지 순차적으로 연마 후 Diamond, Alumian slurry로 경면처리를 하고 이물질 제거를 위해 초음파세척을 실시하여 시편준비를 하였다. Table 1.은 이번 연구에 사용된 소재의 조성을 나타낸 것이다.

Table 1. Chemical Composition of F51(Duplex Stainless Steel)

Fe	Cr	C	Mn	Ni	Mo	Cu	P	S	N
Bal	22.286	0.013	1.239	5.43	3.16	0.244	0.028	0.001	0.158

준비된 시편을 저진공로에서 300℃까지 Heating시켜 40분동안 Sputtering처리하였다. 이때 Sputtering은 Cleaning, Micro defect가 목적이다. Sputtering 후 430℃부근에서 플라즈마 침탄처리를 하였다. 침탄처리시 온도 및 Ar%를 공정변수로 하여 실험하였다. 플라즈마 침탄 처리 후 소재의 표면거동을 분석하기 위해 미세조직사진, 경도, XRD, Corrosion Test를 실시하였다. Fig. 1.의 (a)는 원소재의 조직사진이고, (b)~(d)까지 플라즈마 침탄처리 시 Ar gas의 농도를 15%로 고정시키고 처리온도를 다르게 한 조직사진, (e)~(h)는 플라즈마 침탄처리시 처리온도를 430℃로 고정시키고 Ar gas의 농도를 다르게 한 조직사진이다. 플라즈마 침탄처리로 소재의 표면에 C가 확산되어 3~20μm의 층이 생성되는데 이것을 경화층(S-phase)이라 부른다.



(a) Bare

(b) 370°C (Ar 15%)

(c) 400°C (Ar 15%)

(d) 430°C (Ar 15%)

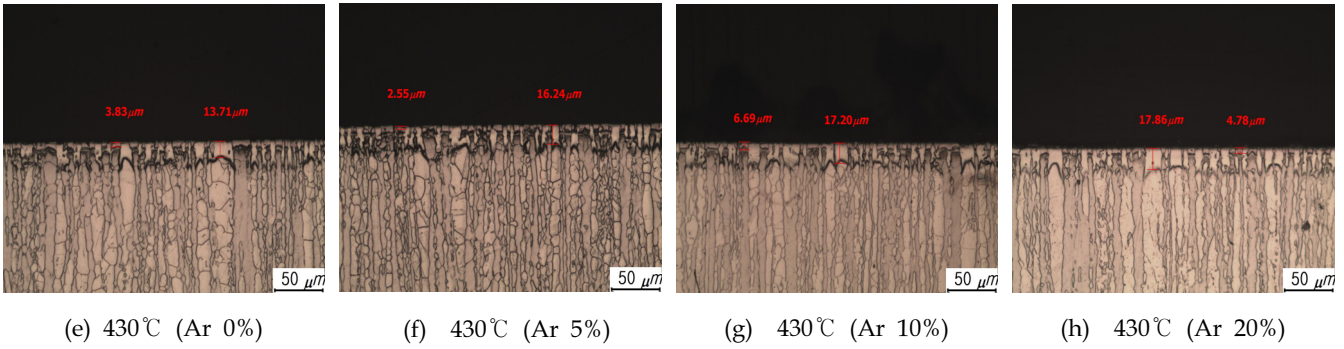


Fig. 1. Optical micrographs of cross-sections of plasma carburized F51 Steel

Fig. 1.에서 알 수 있듯이 침탄처리 시 온도가 높을수록, Ar %가 높을수록 표면에 형성되는 경화층(S-phase)의 두께가 두꺼워진다. 경화층의 두께가 두꺼울수록 경도 또한 높아지는 것을 알 수 있다. F51(Duplex Stainless Steel)은 Austenite 상과 Ferrite 상이 50:50비율로 존재하므로 미세조직사진에서 볼 수 있듯이 C의 Ferrite 상에서의 확산깊이와 Austenite 상에서의 확산깊이가 2~4배 가까이 차이난다. 이것은 Ferrite와 Austenite 각 상의 C의 고용한도의 차이로 인한 것이라 추측된다. Ferrite가 Austenite에 비해 상대적으로 C의 고용한도가 낮기 때문이라 생각되며, 이러한 이유 때문에 C의 확산이 Austenite 상에서 Ferrite 상보다 활발하게 일어나 경화층(S-phase)의 두께가 차이난다 추측된다. Fig. 2.는 플라즈마 침탄처리 후 표면경도 및 Austenite 상의 경화층 두께를 나타낸 그래프로, Ar gas 농도 및 처리온도가 표면경도 및 경화층(S-phase)의 두께에 미치는 영향을 나타낸다.

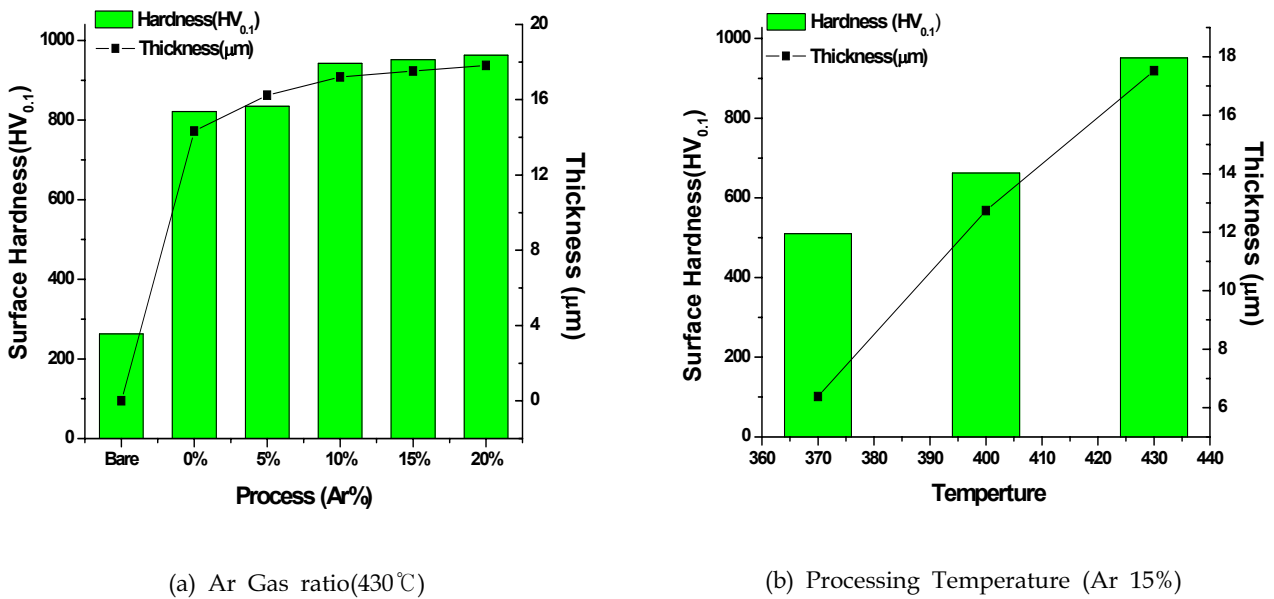
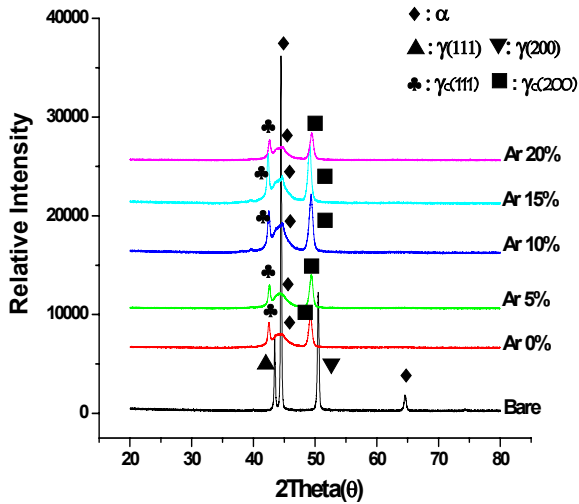


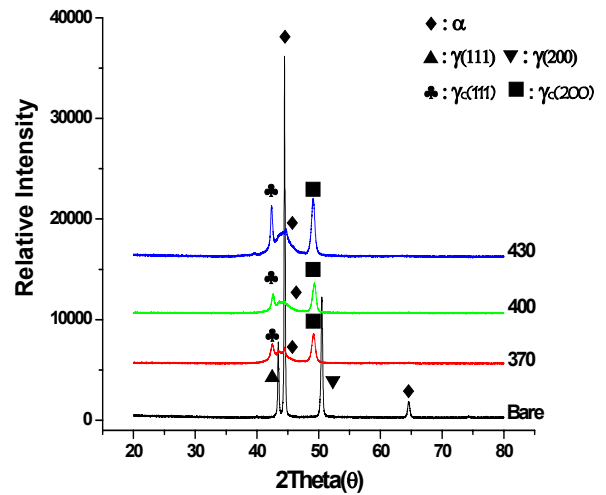
Fig. 2. Surface Hardness & Thickness(Austenite) of carburized layer produced on F51 Duplex stainless steel

Fig. 3.은 플라즈마 침탄처리 후 XRD 표면 분석 결과 그래프이다. 원소재에서 나타나는 Ferrite peak이 플라즈마 침탄처리 후에도 나타나는 것을 볼 수 있으나, 현저하게 감소하는 것을 볼 수 있고, Austenite peak은 C의 확산에 의해 2 Theta의 값이 감소하고 Relative Intensity가 높아지는 것을 볼 수 있고, 처리 온도 및 Ar gas 농도가 증가할수록 Austenite peak의 Relative Intensity가 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 4.는 각 시편별 Corrosion Test의 결과로, 원소재보다 플라즈마 침탄처리 후의 시편들의 내식성이 미세하지만 좋아지는 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 Ar gas 농도 변화는 내식성에 큰 영향을 주지 못하다는 것을 알 수 있고, 온도의 변화 또한 Ar gas 농도변화와 같이 큰 영향을 주지 못하는 것을 볼 수 있다. 이것은 플라즈마 침탄처리 후 표면에 생기는 경화층(S-phase)이 내식성 증가에 영향을 주지만, 경화층의 두께가 내식성 증가에는 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

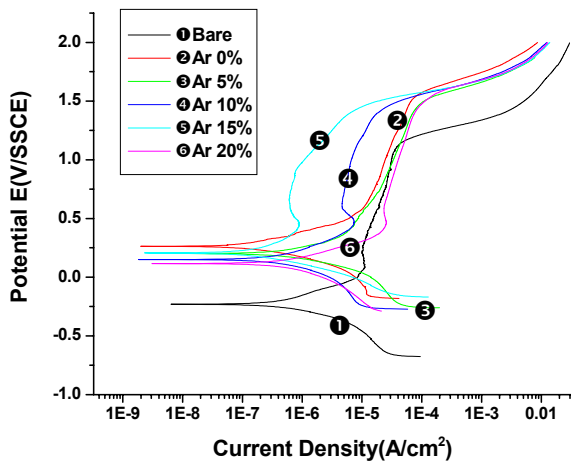


(a) Ar Gas ratio(430°C)

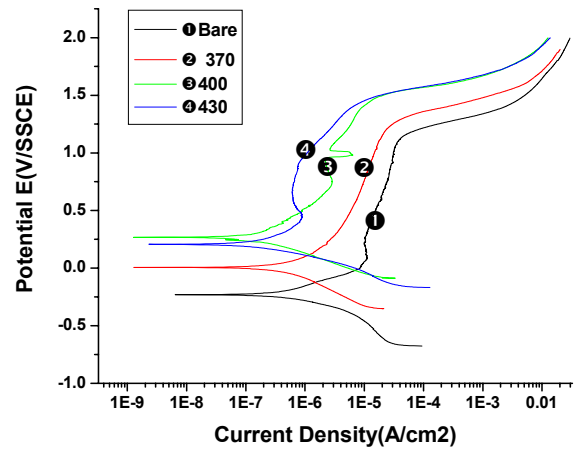


(b) Processing Temperature(Ar 15%)

Fig. 3. XRD Patterns of Carburizing layers produced on F51 Duplex stainless steel at various Ar gas ratio & Carburizing Temperature



(a) Ar Gas ratio(430°C)



(b) Processing Temperature(Ar 15%)

Fig. 4. Anodically potentiodynamic polarization curves of carburizide layer produced on F51 Duplex stainless steel

3. 결론

F51(Duplex Stainless Steel)에 플라즈마 침탄처리시 원소재보다 경도 및 내식성이 향상되는 것을 확인 할 수 있었다. 온도 및 Ar농도가 증가 할수록 표면에 발생하는 경화층(S-phase)의 두께가 두꺼워져 표면경도 또한 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 소재의 표면경도는 처리시 온도에 의해 크게 영향받는다라는 것을 확인하였고, Ar농도의 영향은 거의 없다고 볼 수 있다. 이것은 온도에 따른 C의 확산속도의 차이 때문이라 추측된다.

내식성 측면에서는 플라즈마 침탄처리 자체의 효과는 볼 수 있었지만, Ar농도 및 온도의 영향은 크게 받지 않는 것을 확인 할 수 있었다. XRD pick에서 볼 수 있듯이 표면에 Ferrite 및 C가 확산된 Austenite를 제외한 다른 석출물이 검출 되지 않았기 때문이라 추측된다. 다시말해 S-phase에 탄화물이 형성되지 않았기 때문에 내식성의 차이가 거의 없다고 판단된다.

참고문헌

1. T. Bell, Y. Sun and A/ Suhadi, Vacuum, 59, 14 (2000).