

# 마이크로 구동 요소부품의 기능화를 위한 플라즈마 질화 프로세스 연구

## A Study on The Plasma Nitriding Process for Functionality of Micro Actuation Component

\*나승우<sup>1</sup>, #나승우<sup>1</sup>, 정재용<sup>1</sup>, 정제명<sup>1</sup>, 송정환<sup>2</sup>, 이해진<sup>2</sup>, 이근안<sup>2</sup>, 이낙규<sup>2</sup>

\*S.W.Ra<sup>1</sup>, #S.W.Ra(raswoo@hanmail.net)<sup>1</sup>, J.Y.Jung<sup>1</sup>, J.M.Jang<sup>1</sup>, J.H.Song<sup>2</sup>, H.J.Lee<sup>2</sup>, G.A.Lee<sup>2</sup>, N.K.Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울금속(주) 기술연구소, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

Key words : plasma nitriding, leadscrew, corrosion resistance, actuated component

### 1. 서론

세계 전자부품산업은 21세기 정보화 사회의 도래와 함께 소형화, 고성능화, 디지털화 그리고 고밀도화가 진행되고 있다. 세계 전자부품산업의 발전 패턴은 IT 산업의 성장과 더불어 크게 발전하고 있으며 큰 특징으로는 기술이 매우 빠르게 변화하고 소비자의 편리성과 개별성에 초점을 맞추어 소형화, 경량화, 친환경화가 수반되고 있다.

구동형 부품(actuated component) 중의 하나인 leadScrew는 이송장치를 구성하는 핵심 부품으로 소재로는 탄소강, 합금강, 스테인레스강 등이 주로 이용된다. 그러나 이들 합금의 경우 우수한 성형성과 뛰어난 내식성을 가지는 반면 표면경도가 낮아 쉽게 마모가 일어나고 해수 분위기에서 pitting부식이 일어나는 단점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 방법으로 적절한 재료의 개발과 그 재료의 용도와 성능에 적합한 기계적 성질을 부여하는 표면경화법이 중요하다고 할 수 있다. 표면경화법 중 질화법은 침탄법보다 표면 경도가 높고, 경화에 의한 변형이 적으며 고온으로 가열되어도 경도 값의 변화가 거의 없다는 것이 큰 특징이다.

플라즈마 질화법은 기존의 염욕질화나 가스질화법의 문제인 배기, 폐수 배출 등의 문제가 거의 없으며, 가열과정에서도 전기로를 사용하기 때문에 공해물질의 배출이 거의 없다. 또한 이온가스의 sputtering작용을 이용하기 때문에 기존의 질화법보다 열처리 시간을 단축시킬 수 있고, 질소이온의 음극 강하에 따른 전위차에 의하여 가속되므로 질화 능력이 타 질화법보다 월등히 높다. 또한 미세조직적인 측면에서도 다공층이 없고 조밀한 조직을 얻을 수 있으며 모든 공정의 자동화로 진공로 안에 지그를 설치한 뒤 질화조건에 따라 시간, 온도, 압력 등의 변수를 손쉽게 입력, 자동공정을 할 수 있다는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 탄소강인 SWCH18A에 표면에 질화층을 형성하는데 있어서 내식성 및 표면경화를 향상시키고자 최적의 공정조건을 확립하고 실제 공정조건에 적용 할 수 있도록 플라즈마 질화법의 우수성을 입증하고자 한다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 플라즈마 질화처리

본 연구에 사용된 소재는 냉간압조용 강선인 SWCH18A를 이용하였으며, 그 화학성분은 Table.1과 같다. 해당 소재로 냉간전조 후 절삭가공을 통해 지름이 2.5mm에 길이가 60mm인 나선형의 홈이 파져있는 봉재형상의 leadscrew를 제작하고 오염 물질을 제거하기 위해 초음파 세척을 실시하였다.

플라즈마 질화처리는, 대기 공기의 영향을 최소화하기 위해 질화처리전에 노내를 0.8torr까지 배기시킨 후 혼합탱크 내에서 일정한 가스비로 혼합한 N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 가스를 질화열처리로 내에 주입하였다. 가스압은 노내의 도입량과 배기량을 조절함으로써 소정의 압력을 유지하였으며, 질화처리 조건은 예비실험을 통하여 최적의 조건으로 하였다. 반응가스는 N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>를 4:1:1과 3:1:1의 체적비로 혼합한 후 0.8torr로 배기시킨 노내에 주입하고 질화처리시의 가스압력은 1.8torr로 일정하게 유지시켰으며, 560℃에서 4시간 처리하였다. 처리가 끝난 시편은 상온까지 노냉 시켰으며, 처리변수로는 가스분위기 중 N<sub>2</sub> 농도를 공정변수로 설정하고, 나머지 공정인자는 일정하게 유지하였다. 세부조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of SWCH18A

Element	C	Si	Mn	P	S	Al
Wt.%	0.15 ~ 0.20	0.10 이하	0.60 ~ 0.90	0.03 이하	0.035 이하	0.02 이상

Table 2 Plasma nitriding conditions

Parameters	Ranges
Temperature(℃)	560
Heating rate	6℃/min
Pressure(torr)	1.8
Input voltage(V)	4000
Time	4
Gas ratio(N <sub>2</sub> : H <sub>2</sub> : CO <sub>2</sub> )	4 : 1 : 1

#### 2.2 질화층의 지모 분석 평가

Leadscrew 질화시험편을 회전연마기를 이용하여 표면을 연마 후 35℃에서 8시간동안 염수분부테스트를 하여 표면의 부식상태를 관찰하였다. 또한 시편의 수직절단면을 경면연마한 후 3% Nital 용액으로 부식하여 화합물 층 및 확산층의 미세조직을 광학현미경 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다.

마이크로 비커스(Hv 10)경도기로 질화 전·후의 시편에 대하여 질화층 단면의 경도분포를 측정하였으며, 소성가공에 의해 큰 변형이 가해진 홈 부위와 표면부의 경도분포를 비교하고 pitting부식결과와의 연관성을 비교분석 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 내식성 실험결과

Fig. 1은 반응가스  $N_2 + H_2 + CO_2$ 의 체적비 a) 3:1:1와 b)4:1:1의 플라즈마 시험편을 8시간동안 염수분무테스트 결과 부식위치와 정도를 나타내고 있다. 표면부는 a)와 b) 모두 우수한 내식성을 나타내는 반면에 a)의 홈부위는 내식성에 매우 취약한 결과를 보여주고 있다.

Fig. 2는 처리변수인 반응가스의 체적비에 따라 염수분무테스트한 시험편을 경면연마 후 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 표면부와 홈부위를 분석한 결과이다. a)의 경우 홈부위의 질화층은 모재와 분리되어 부식이 모재의 일정깊이 까지 진행된 반면, b)의 경우는 질화층의 두께가  $5.7\mu m$ 로 감소하였지만 a)에 비하여 내식성이 상대적으로 우수하게 나타났다.

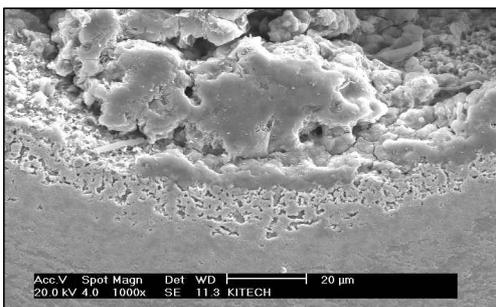


(a)Nitrided with  $N_2:H_2:CO_2=3:1:1$

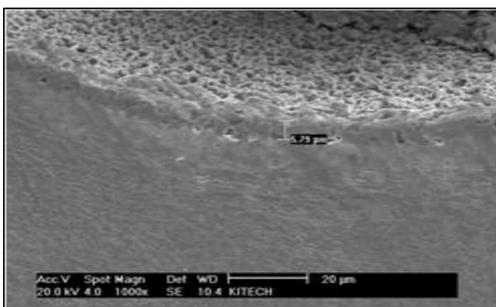


(b)Nitrided with  $N_2:H_2:CO_2=4:1:1$

Fig. 1 Surface morphology of different  $N_2$  ratio.



(a)Nitrided with  $N_2:H_2:CO_2=3:1:1$



(b)Nitrided with  $N_2:H_2:CO_2=4:1:1$

Fig. 2 SEM micrograph of the groove topography after nitriding.

#### 3.2 유효 경화 깊이분석

Fig. 3에서는 각 시험편의 단면 표면부와 홈부위의 미세경도를 비교하였다. 각 시험편의 미세 경도를 비교한 결과 a)조건인 시험편의 경우 b)조건인 시험편 보다 상대적으로 높은 경도값을 나타내고 있다. 부식이 발생하는 홈부위의 경우 b)의 조건일 때 표면에서 상대적으로 낮은 경도값을 보여주며 모재로 갈수록 경도값이 상승하는 결과를 보여주고 있다.

이는 절삭가공에 의해 홈부위에 응력이 집중되어 확산에 의한 N 분자의 이동을 방해함으로써 내식성향상의 목적을 반감시키는 것으로 분석된다.

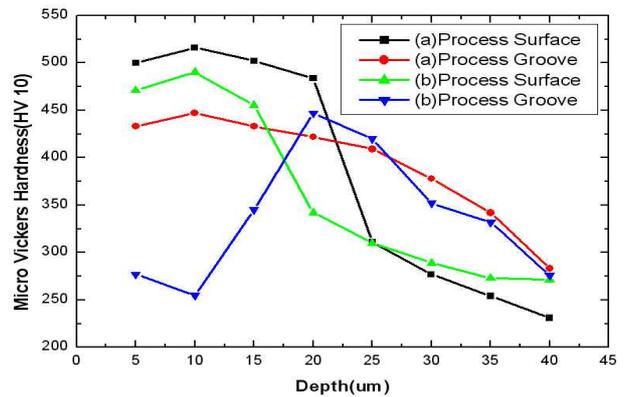


Fig. 3 Change of hardness with increase of  $N_2$  ratio

### 4. 결론

본 연구에서는 탄소강용 구동 요소부품인 Leadscrew의 내식성 및 마찰·마모 특성을 향상시키기 위하여 냉간압조용 강선인 SWCH18A를 냉간전조 후 절삭가공하여 플라즈마열처리를 적용하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

SWCH18A 소재를 소성가공하여 응력이 집중된 홈부위에서는 응력과 개재물의 간섭으로  $N_2$  분자의 확산이 원활하지 못해 화합물층과 모재와의 결합력이 약해지고, 내식성이 급격히 감소되는 것으로 관찰되었다.

위의 문제점을 해결하기 위해,  $N_2$  분자의 비를 높여서 분자의 확산을 활성화 시킨 결과 내식성이 우수한 화합물층이 형성되었다.

### 참고문헌

- Li GJ, Wang J, Li C. Microstructure and dry wear properties of DC plasma nitrided 17-4PH stainless steel. Nucl Instrum Methods B 2008;266:1964-70.
- T. Bell, Y. Sun, and A. Suhadi, Vacuum, 59, 14 (2000).
- C. Ruset, A. Bloyce and T. Bell, Heat Treatment of Metals 4, 95 (1995).
- Files et al., "Corrosion behaviour of stainless steel after plasma and ammonia nitriding", Surface Engineering, 5-2, p. 151, 1989
- N. Dingremont, E. Bergmann, M. Hans and P. Collignon, "Comparison of the corrosion resistance of different steel grades nitrided, coated and duplex treated", Surface and Coatings Technology, 76-77, pp.218-224, 1995