

플라즈마기술의 새로운 시도 - 활성 스크린 플라즈마 기술의 적용 -

김한군 · 빈정욱 · 정병호
부경대학교 신소재공학부

1. 개 요

질화나 침질탄화 처리는 철계 엔지니어링 부품들의 마모성, 피로도와 내하중특성 또한 내부식성을 개선하기 위해 엔지니어링 산업을 통해 광범위하게 사용되고 있다. 이들 표면 엔지니어링 기술은 N과 N/C의 확산이 관련된 이원자 Fe-N 또는 3원자 Fe-C-N계들이 공정온도 이하에서 반응이 진행된다는 점에서 페라이트계 열화학처리로 분류된다. 이것은 일반적으로 500~570°C 온도 범위에서 처리되는 것을 의미하며, 처리된 부품의 비틀림 같은 현상은 침탄과 침탄질화 같은 오스테나이트계 열화학적으로 처리된 것에 비해 상대적으로 변형이 적다.

대체로 이러한 처리는 질소와 탄소의 활성화 원소들을 포함하는 고체, 액체, 기체 또는 플라즈마 분위기에서 진행된다. 사실 국제적으로 플라즈마 열화학 처리에 있어서, 특히 질화처리 그리고 침질탄화에 대해 산업적인 관심이 고조되고 있다. 환경적 문제가 플라즈마 기술사용의 수요 증가에 하나의 중요한 계기가 되며 시안계 염욕처리의 대체 방법으로 1960년대 소개되어 가스처리 방법을 대신할 유망한 열처리법으로 등장하였다. 플라즈마처리는 특히 가스와 연료 소모량을 절감하고 환경친화적이라는 장점을 갖고 있다. 이러한 것을 설명할 수 있는 하나의 예를

표 1에 나타냈는데, 가스 침질탄화에 비해 플라즈마 침질탄화처리의 경우 여러가지 면에서 절감 효과가 뛰어나다는 것을 알 수 있다.

플라즈마 처리가 전통적인 질화 방법에 비해 급속히 발전하고 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 산업용 표면처리에서 플라즈마 질화기술을 사용하는 비율은 그림 1에서 나타내고 있는 것처럼 최근 들어 증가율이 오히려 감소하는 경향이 있다. 사실 몇몇의 나라에서는 오늘날 공업용 질화처리의 65%가 여전히 가스 또는 염욕 질화기술을 사용하고 있는 실정이다. 플라즈마 질화처리의 일반 공업적 이용을 위한 플랜트의 개발은 음극(재료) 표면에서 심각한 아크작용 문제 때문에 초기에는 아주 미미했으나 지난 30년 동안 전기기술과 전자기술의 발달로 아크 억제 조절용 다이리스트 제어회로 브레이크를 도입하게 되어 공업적으로는 플라즈마 공정을 다양하게 발전시키는 계기가 되었다. 유럽에서 플라즈마를 이용한 페라이트계 열화학처리 기술의 발달과정에 대하여 현재까지 500개의 플라즈마 장치에 대한 사용실태를 그림 1에 나타낸다. 가공산업의 모든 분야에 설치되어 있는 플라즈마 장치들은 1~5x10⁸ 유로화 정도의 자

표 1. 플라즈마와 가스 침질탄화의 차이

침질 탄화의 형태	플라즈마	가스처리
가스 사용량, m ³ /h	0.6	6.0
총 탄소 배출량 CO/CO ₂ , mg/m ³	504	137253
총 NO ₃ 가스량, mg/m ³	1.2	664
잉여 탄화계 가스 생산, mg/h	302	823518
잉여 NO ₃ 가스 생산, mg/m ³	0.72	3984

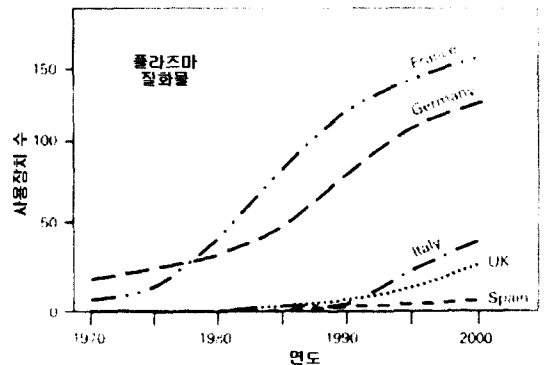


그림 1. 유럽의 산업용 플라즈마 장치의 사용실태.

본을 투자하여 2~5x10⁹ 유로화 정도의 가치를 갖는 막대한 엔지니어링 부품들을 처리할 능력을 갖고 있다.

종래의 DC 플라즈마 시스템에서는 처리할 물품들이 높은 음극 전위에 위치하게 되고 플라즈마가 제품의 표면 위에 직접 형성되어 활성화된 질화물을 제공하여 부품들을 가열시킨다. 이것은 상대적으로 간단한 형상이나 적재품의 양이 적은 경우에 가열하거나 처리하는데 용이하기 때문에 DC 플라즈마 질화처리 기술은 다양한 공업적 상황에 대한 요구들을 충족시키지 못하는 단점을 근본적으로 안고 있다. 챔버 온도를 균일하게 유지하기 어려운 문제, 특히 여러 치수의 물품들을 가득 채워 적재하면 국부적인 아크 작용에 의해 부품이 손상을 받는다. DC 플라즈마 질화처리에서 모서리 효과와 홀로우 음극효과 등의 문제점 등이 사용빈도를 적게 하는 중요한 원인이다.

최근, 플라즈마 질화처리에서 활성입자들에 대한 연구결과가 발표되었는데 금속 표면에 이온 충돌에 의한 질화효과라고 알려졌던 종래의 주장과는 달리 이온충돌에 의한 것이 아니라는 것이 밝혀졌다. 따라서 플라즈마가 처리할 제품의 표면에 직접 형성될 필요는 없다. 이러한 중대한 발견으로 인해 활성 스크린 플라즈마기술의 개발이 가능하게 된 것이다. 여기서는 AS 플라즈마 질화와 그에 관련된 기구의 작

동 원리 뿐만 아니라 철계 부품들의 조직과 특성에 미치는 영향을 소개하고 AS 플라즈마 질화처리에서 현재의 응용상태나 앞으로 응용 방향에 대해 모색해 보고자 한다.

2. 활성 스크린 플라즈마 질화로의 작동 원리

활성스크린플라즈마(AS)에서 플라즈마 질화설비는 미국 특허번호 5,989,363으로 등록되어 있다. Full-Scale 산업용 AS 질화장치의 도면을 그림 2에 사진과 함께 나타낸다. 처리될 물품(1)이 중앙 작업대(2)에 놓여지고 커다란 금속 스크린(3)을 주위에 둘러싸게 되는데 이것에 고압 음극전위가 투사된다(이로 인해 활성 스크린이라는 용어가 사용됨). 열처리로 내부벽(4)은 DC 질화처리에서처럼 양극으로 사용된다. 작업대와 처리할 물품들은 부유전위속에 있거나 상대적으로 낮은 바이어스 전압 즉, 100 V에서 200 V을 받는다. 따라서, 플라즈마가 생성되는 곳은 처리 물품의 표면이 아니라 활성 스크린 위에서 일어나게 된다. 플라즈마는 스크린을 가열하고 스크린으로부터 생성된 복사열을 처리 물품에 전달하여 처리 온도까지 가열한다. 이 때 플라즈마는 이온들, 전자들과 처리할 부품과 접촉할 다른 활성 입자들을 포함하고 있다. 그림 2(b)와 (c)에 활성 스크린과 질

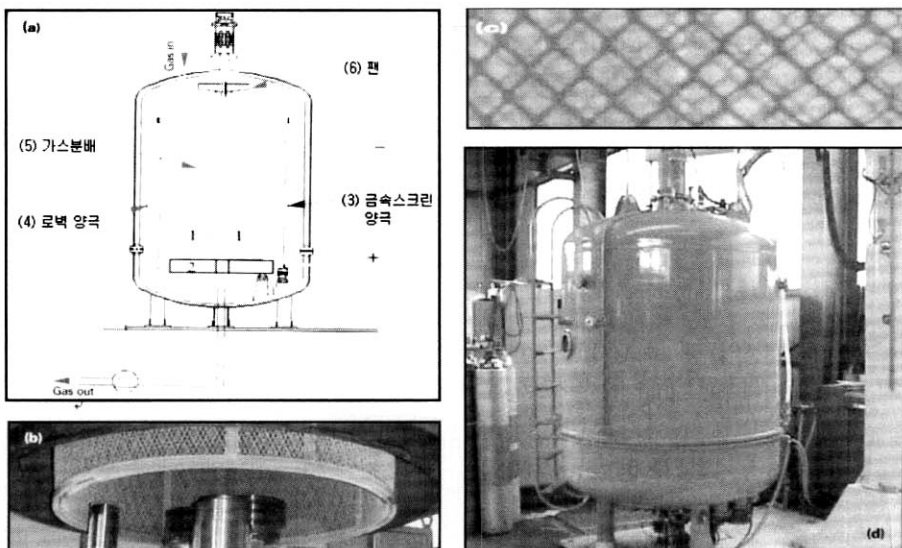


그림 2. 활성 스크린 플라즈마 질화 : a) 로 계략도, b) 활성 스크린, c) 표면 플라즈마 형성, d) 산업용 규모의 로.

화처리동안 형성된 플라즈마를 나타내고 있다.

처리gas는 열처리벽과 스크린 사이에 여러 공급관(5)을 통해 열처리로의 전체 내부표면에 분배된다. 이렇게 하여 활성 입자들이 스크린을 통과해 로의 중심부로의 이동을 용이하게 해주고 작업대의 중간을 통해 배출된다. 작업대 위의 모든 부품들은 처리기간 동안 계속적으로 플라즈마 입자들과 접촉하게 해주며, 부품표면으로 질소의 질량이 이동할 수 있는 기회를 최대로 갖게 해준다. 이로 인해 매우 복잡한 형태의 부품들도 성공적으로 처리될 수 있고, 많이 적재한 챔버 내에서 여러 가지 형태나 다른 크기의 모든 부품들도 균일한 질화층을 얻을 수 있게 해준다. 이에 따라 음극 전위가 직접적으로 그 처리 물품들에 투사되지 않기 때문에 DC 플라즈마의 문제점들이 해소된다.

3. 활성스크린 플라즈마-질화처리 제품의 조직과 특성

AS-질화 처리된 표면층들은 본질적으로 DC 플라즈마 처리표면과 같은 조직과 유사한 특성을 가진다. 이러한 사실을 아래에 하나의 예로 나타낸다. 이것은 3 wt%Cr-Mo강(722M24)의 시료를 500°C에서 500Pa $25\%N_2 + 75\%H_2$ 가스 조건에서 5시간동안 AS 질화처리한 경우와 종래의 DC 질화처리 기술을 이용하여 처리한 것이다. DC 질화처리는 처리할 시료를 음극 작업대에 직접 놓고 실시하며, AS 질화처리는 이상에서 언급한 Full-scale 산업용 열처리로와 같은 작업 원리를 사용하여 실험용 규격의 활성스크린을 사용하여 질화처리한 것이다. 처리할 시료는 플라즈마가 분리된 시편들과 작업대 주위에 설치된 강 매쉬 실린더에서 생성되는 동안 부유전위 속에 놓여 있게 된다.

질화처리 후 시료들의 모습에 대한 외관검사를 실시한 결과 DC-질화 처리된 시료는 불균일한 표면층을 가지고 있다. 즉, 평면 표면의 모서리를 따라 변색된 하나의 고리(그림 3a)가 있다. 변색된 색깔의 고리의 폭은 25 mm 원주 시료 위에 1~2 mm 정도이다. 이 불균일 형상은 일반적인 스파트링 DC 플라즈마 질화처리에서 나타나는 보편적인 현상이며 표면위의 불균일한 스파트링에 의한 것으로 설명할 수

있다. 이와 대조적으로 AS-질화처리 시료는 전체 표면에 걸쳐 균일한 회색의 형상을 나타내고 있다(그림 3b). 여기서 모서리 변색은 발견되지 않고 있다.

DC 질화처리와 AC 질화처리와의 작업원리상의 차이에도 불구하고 두 공정들은 표면위에 하나의 혼합물층과 그 아래의 질소 확산층이라는 동일한 조직을 나타내고 있다. 그림 4의 광학현미경 조직과 그림 5의 SEM 현미경조직에서 이러한 사실을 나타내고 있으며 $\gamma-Fe_4N$ 과 $\epsilon-Fe_{2.3}N$ (그림 6)의 혼합조직으로 구성된 화합물층들이 동일한 밀도로 이루어져 있고 묽은 나이탈 용액으로 부식되지 않는다. 확산영역은 결정입계 질화물에 의하여 둘러 싸인 전형적인 템퍼링된 라스마르텐사이트가 분산된 미세한 질화물들로 이루어져 있다. 실제로 AS와 DC 질화 처리 시료들 사이에서 조직적인 차이는 거의 발견되지 않는다. AS와 DC 질화처리된 시편들의 경도는 매우 유사한 것으로 나타났다. 10번을 측정한 평균 표면 경도는

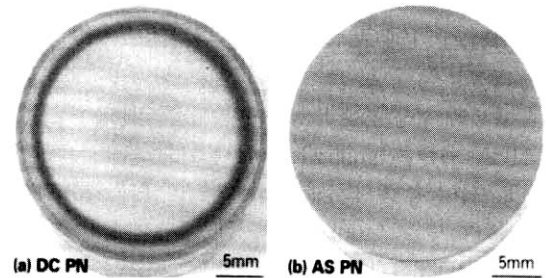


그림 3. DC와 AS 플라즈마 질화처리된 시료표면 형태.

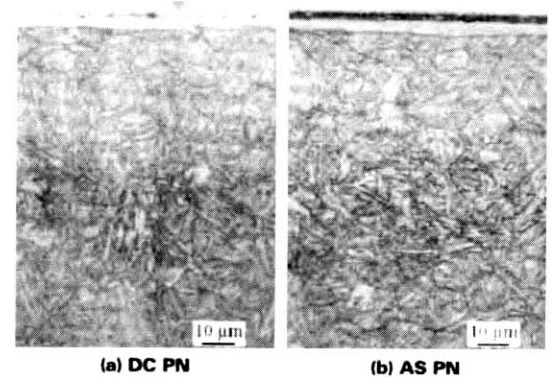


그림 4. (a) DC 및 (b) AS 플라즈마 질화처리한 722M24강의 광학현미경 조직. $25\%N_2 + 75\%H_2$ 가스 조건으로 500°C에서 5시간 질화처리.

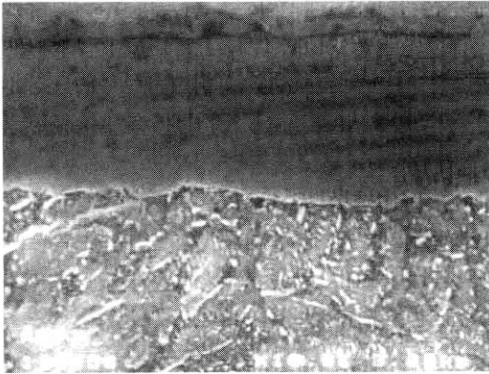


그림 5. AS 플라즈마 질화처리한 722M24강 시편표면의 SEM 현미경조직. 500°C, 25%N₂+75%H₂가스 조건으로 500°C에서 5시간 질화처리.

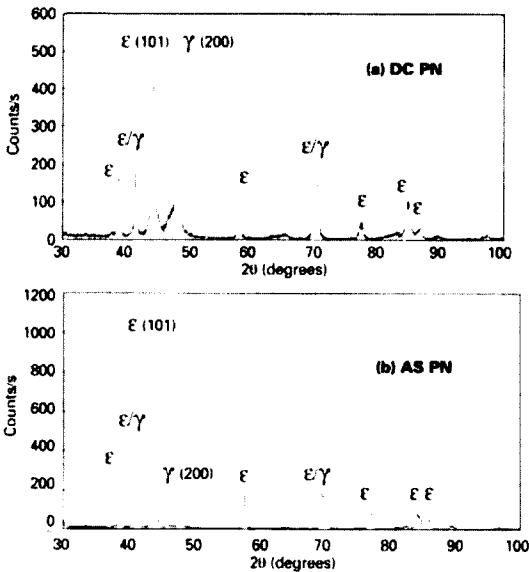


그림 6. (a)DC와 (b)AS 플라즈마 질화처리한 722M24강 시료표면의 XRD 패턴.

AS의 경우 1025HV0.1, DC의 경우 1038HV0.1이다. 확산 부위의 경도들도 유사하다. 그림 7에서 나타나는 것처럼 두 가지 질화 처리 공정에 의해 나타난 경도분포도와 표면경화깊이와의 차이는 거의 없다.

722M24 강 의 시료 역시 25%N₂+75%Ar 과 100%N₂의 가스를 사용하여 500°C에서 5시간동안 AS 플라즈마 질화처리를 실시하였다. N₂/Ar 가스 사용 AS 질화 처리 경우 일반적 질화처리용 가스인 N₂/H₂가스를 사용한 질화처리와 유사한 질화처리 효

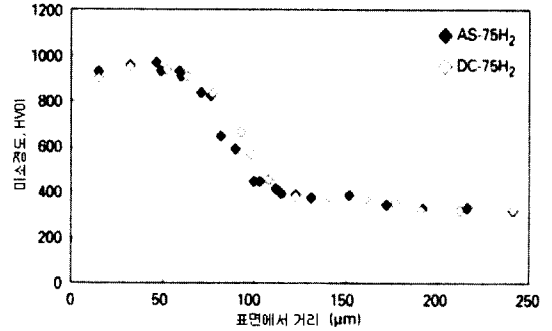


그림 7. AS와 DC 플라즈마 질화처리한 722M24강의 경도 분포.

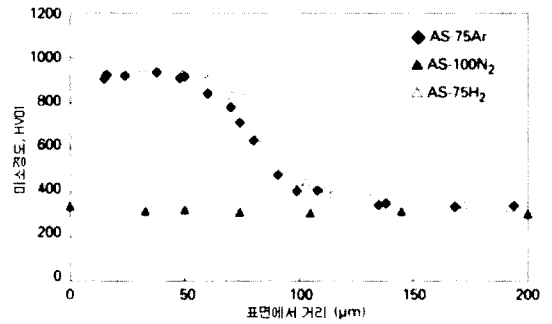


그림 8. AS 질화처리된 시료들의 가스조성 효과에 따른 경도 분포도.

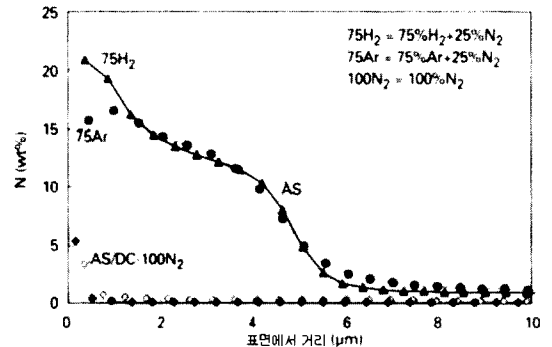


그림 9. 플라즈마 질화 처리된 시료표면내의 질소 이동에 따른 가스조성의 영향.

과를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 표면 경화깊이와 경도분포도는 거의 동일하다(그림 8). 그러나 순질소 가스만 사용했을 때 질화처리 효과는 DC 질화처리나 AS질화처리와 관계없이 낮게 나타난다. 질소는 단지 표면 아래 아주 얇은 곳에 확산되고 질소 양도 아주 적게 나타난다(그림 9). 표면에 화합물 층은

발견되지 않고 표면아래 경화효과도 나타나지 않는다 (그림 8).

4. 활성 스크린 질화 처리에서 질소원자 이동기구

분위기 가스로부터 시편표면으로의 질소 이동.

다른 형태의 질화처리와 같이 AS 플라즈마 질화처리 역시 질소원자 이동이 플라즈마 분위기로부터 고체표면으로, 그리고 고체표면으로부터 기지로 이루어지는 여러 단계의 공정을 거친다. 질소원자 생성기구와 그 매질로부터 처리품의 표면으로 이동하는 것이 플라즈마 질화처리와 가스나 염욕 질화 처리와의 주요한 차이점 중 하나이고 또한 AS와 DC 질화 처리 사이의 뚜렷한 차이점이다. 여러 모델들이 DC 플라즈마 질화처리의 질량이동 기구를 설명하기 위해 과거부터 제시되었다. 이들은 스파트링과 재응축, 질소 주입, 낮은 에너지의 $NmHn^+$ 충돌, 질소 흡수, 중성자 및 이온흡수 등의 모델들을 포함하고 있었다. 그러나 이들 모델들 중 몇 가지는 다음과 같은 이유로 인해 AS 플라즈마 질화처리에서는 사용할 수 없다.

질소-수소 이온 충돌 이론은 질소-수소 분자 이온들(즉, NH^+ 와 NH_2^+)이 플라즈마 질화처리에서는 질소 질량 이동에 있어 결정적인 역할을 해준다고 한다. 이 질소-수소의 분자 이온들은 음극의 충돌에 의해 분해되고 표면 벽을 뚫을 활성 질소를 제공하게 된다. 그러나 AS 질화 처리(그림 8)에서 N_2 -Ar 가스 혼합물을 가지고도 질화처리가 실행될 수 있다는 것과 다른 공정에서도 DC 질화처리는 수소와 NH^+ 와 NH_2^+ 가 플라즈마 질화처리에서는 필요하지 않는 것을 나타내고 있다.

또한 시편 표면으로 직접적인 질소흡수가 질소질량 이동에서 중요한 인자일 것이라는 것은 의문스럽다. 그 이유는 시료를 N^+ , N_2^+ 의 이온들과 N, N_2 의 중성 질소를 포함한 플라즈마 속에 질화시켰지만 그림 8과 9에서 나타내는 것처럼 AS와 DC 플라즈마 질화처리에서 다같이 순 질소만을 이용한 질화처리에서 질화가 최소로 되었기 때문이다. Hudis는 N_2 - H_2 -Ar 가스의 다른 조성에서 RF 플라즈마에 넣어진 시료에서 음극과 양극 사이에 전류가 흐르지 않으면 질

화처리가 되지 않음을 증명하였다. 주입 이론에 의하면 플라즈마 질화처리는 높은 에너지의 질소 원자 침투에 의해서 이루어진다고 하였다. 그러나 산업용 이온주입 경우 이온들의 에너지는 100 KeV 만큼 올릴 지라도 이온들 즉, N^+ 의 침투깊이는 0.1에서 0.2 μm 이하의 깊이로 최고치 한계를 가진다. DC 플라즈마 질화처리에서 질소이온의 에너지는 일반적으로 0.5 keV이며 음극과 양극 사이에 약 500 V의 전위를 가진다. AS 질화 처리에서 시료는 부유전위 속에 존재하고 음극면으로부터 멀리 떨어진 질소이온들 또는 원자들은 이온주입이나 DC 질화처리에서 훨씬 적은 에너지를 가진다. 따라서 높은 에너지 원자침투나 이온주입은 AS 플라즈마 질화처리의 질소 이동에서 큰 역할을 하지 못하게 된다.

위에 나타난 사실을 통해 DC 플라즈마 질화처리에서 만들어진 스파트링과 재응축 모델이 AS 플라즈마 질화처리에서 질소질량 이동의 기구를 설명하는데 최적임을 알 수 있다. 그림 10에서 나타난 것과 같이 이러한 모델은 음극의 부품표면으로부터 음극 전위차가 감소하는 지역까지 철의 스파트링을 필요로 하는데 음극 위에서 재 분산하고 침전되어 그곳에서 FeN이 형성된다. 이러한 α -Fe 격자 속에서 질소를 방출하여 표면경화가 이루어 지게 된다.

이러한 사실을 증명하기 위하여 AS 질화처리 실험에 점차 다른 재질의 음극 활성 스크린들을 가지고 실시하였으며 시료는 여전히 부유전위 속에 있게 된다. 스파트링과 석출이 중요할 뿐 아니라 질화처리 효과에도 밀접하게 관련이 있음을 알 수 있었다. 활

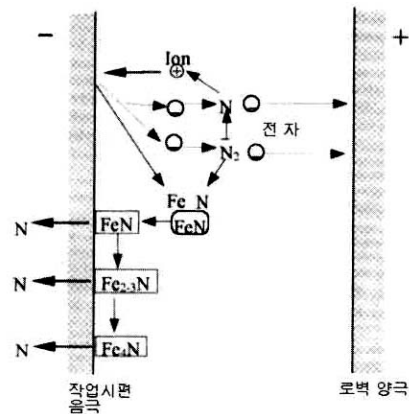


그림 10. DC플라즈마 질화처리중 질소질량 이동기구.

성 스크린을 구리를 사용함으로써 스파트링과 석출을 설명할 수 있는데 이 경우 구리 층이 시편의 표면 위에 형성됨을 육안으로도 알 수 있으며 GDS와 XRD분석으로도 확인이 가능하다.

티타늄 역시 활성 스크린으로 사용하면 티타늄 층이 생성됨을 알 수 있다. 그러나 불행히도 구리와 티타늄층이 석출될 경우 질소가 시료의 표면으로 많이 석출될 수 없고 표면 경화가 나타나지 않게 된다. 강을 스크린으로 사용했을 때는 시료 표면 위의 석출 현상은 그렇게 뚜렷하지는 않다. 그러나 고 배율의 SEM에서는 그 석출의 형태를 알 수 있다. 그림 11에 DC 질화처리와 AS 질화처리된 시료 표면의 FEG-SEM 상들을 나타낸다. DC 질화처리된 시료가 비 규칙적인 크기들의 입자들과 질화처리 기간 동안 시편 표면에 계속된 스파트링에 의한 분포들을 가지고 있음을 알 수 있다. 역으로 AS 질화처리 표면은 형상이 뚜렷한 많은 입자들로 구성되어 있다. 입자의 크기는 sub-micron 정도이며 대부분은 육면체의 구조를 가진다. 고배율의 입자들의 모습을 그림 12에 나타낸다

각 입자들의 상세한 조성은 분석하지 않았지만 시료표면 위에 실시한 XRD 측정을 통해 대부분이 ϵ 상으로 구성된 질화철들이다. 이들 질화철 입자들은 시료표면에서 질화철의 성장으로 인해 형성되지만 대부분은 스파트링과 재 응축에 의한 생성물들이다. 원래의 스파트링과 재 응축 모델에서 스파트링은 분리 에너지를 증가시켜 음극시료 표면으로부터 철 원자가

분리되어서 동시에 플라즈마 속에서 활성질소와 반응하여 질화철이 형성되어 음극 시편 표면에 역 확산됨으로써 이루어 진다(그림 10). AS 질화 처리에서는 스파트링은 고립된 시료 표면에서 일어나지 않고 단지 음극 활성 스크린에서 이루어진다. 더구나 철 활성 스크린은 이전의 질화처리로 인해 스크린 표면에 질화철의 화합물 층이 이미 존재하고 있다. 따라서 다중 충격에 의해 질화철(다중 결정구조)의 스파트링이 일어나게 되고 활성 스크린으로부터 Fe와 N 원자뿐만 아니라 질화철의 입자형태의 물질도 분리하게 된다. 분리된 물질들의 부분들은 DC 질화 처리에서처럼 음극 활성 스크린으로 역확산되고 입자들은 시편의 표면으로 이동하게 된다. 그 과정에서 활성질소와 점차 반응이 일어나서 보다 많은 질소들이 시편 표면과 접촉한다. 이 과정은 그림 13에서 나타난 바와 같은 수정된 스파트링과 재 응축 모델로 설명할 수 있다.

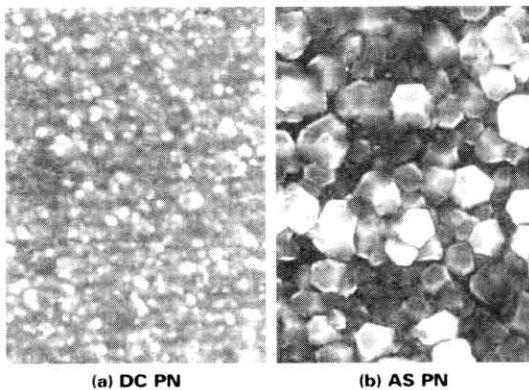


그림 11. (a) DC와 (b) AS 플라즈마 처리된 시료 표면의 형태. 25%N₂+75%H₂가스 조건으로 500°C에서 5시간 질화처리(배율:10,000x).

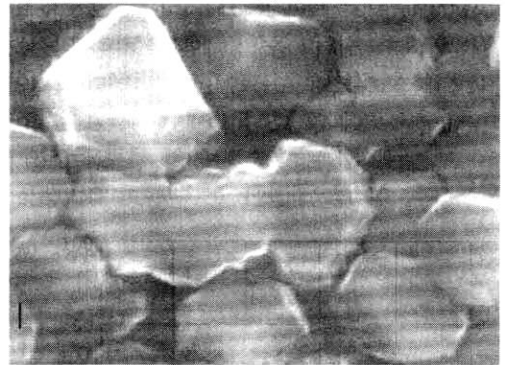


그림 12. 고 배율의 AS 플라즈마 질화처리된 표면의 질화철 입자(50,000x).

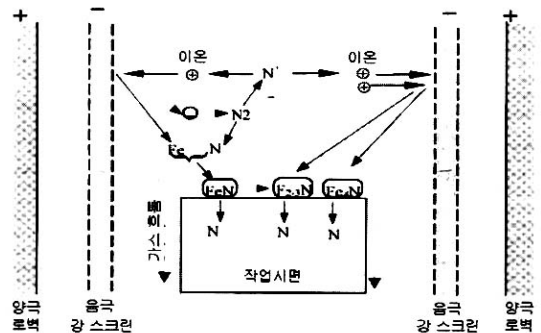


그림 13. AS플라즈마 질화처리의 질소질량 이동기구.

5. 시편표면으로부터 기지로의 질소이동

플라즈마 분위기로부터 시료 표면으로 질소이동 결과 질화물 석출에 의하여 화합물 층이 형성되고 질소의 농도 구배가 생긴다. 질소가 화합물 층에 있는 질화물로부터 빠져 나와 DC 질화처리에서와 마찬가지로 확산제어 공정에 의해 기지 속으로 이동된다. 최종 질소확산 표면경화 깊이는 Ficks의 확산 법칙에 따라 질소 분포량, 질화처리 온도와 질화처리 시간에 의해 결정된다. 고정된 시간과 온도에서는 표면 경화깊이는 질소 분포량에 따라 결정된다. 그러나 표면 경화깊이는 질소 함량과 표면의 화합물 두께에 따라 비례적으로 증가하지는 않는다. 이는 DC 질화처리에서 질소 포텐셜이 화합물 층 형성에 필요한 시발점보다 높을 경우, 비록 높은 질소 포텐셜을 이용하여 점차 화합물 층의 두께와 질소 양을 점차 증가시킬 지라도 질소 표면 경화깊이는 질소 포텐셜의 증가에 영향을 받지 않는다. 화합물 층의 형성은 화합물 기지 계면에서 일정한 질소농도와 질소 저장소로서 조정 역할을 하며 유사한 질소 분포를 생성하며 동일한 경도 분포를 나타낸다.

이와 유사하게 AS 질화 처리에도 시료에서 질소농도가 하나의 화합물을 형성할 정도까지 높을 경우 표면경화 깊이는 단지 질화처리 온도와 시간에 영향을 받는다. 다른 한편으로 시료의 표면에 질소 농도가 낮아 지거나 시료의 표면에 질소 농도가 충분하지 않으면 질소확산 표면경화 깊이는 반대의 영향을 받게 된다. 이들 조건에서 질소가스만을 이용한 AS 질화처리에서는 질소 이온들의 에너지가 확산을 일으키기에는 충분하지 않아 입자들의 석출이 이루어지지 않고 시료의 표면에 화합물 층이 발견되지 않는다. 이는 순 질소만을 이용한 경우 경도가 낮게 된다는 것을 나타낸다.

6. 활성 스크린 플라즈마 질화처리의 적용 가능성

위에서 언급한 바와 같이 AS 질화처리에서 음극전위는 처리물품이 아니라 금속 스크린에 조사된다. 그 결과로서 DC 질화 처리에서 발생하는 문제점(불균일한 온도, 아크 작용, 모서리효과와 홀로우 음극손상)

등을 피할 수 있다. 다른 플라즈마 열화학처리처럼 AS 질화처리 장치도 많은 다른 처리 기술을 적용할 수 있다. 질소와 수소 또는 아르곤의 혼합물이 질화처리에 많이 사용되기도 하지만 동일 장치를 이용하여 침질탄화처리 또는 다른 열화학처리를 위해 다른 가스(메탄, 프로판, 유화수소, 염화탄소 등)를 첨가하여 처리하는 방법도 가능하다.

강 부품은 DC 질화처리와 동일한 방법으로 처리할 수 있다. 재래의 플라즈마 질화처리에서는 처리에 앞서 세척과 탈지공정이 요구되지만(아크 작용을 최소화하기 위해) AS 질화처리에서는 현저히 이들 세척 공정을 줄일 수 있어 공정의 효과를 높일 수 있다. 형태나 크기 무게 등이 다른 강처리 품도 동시에 적재시켜 질화처리할 수 있다. 그림 14는 같은

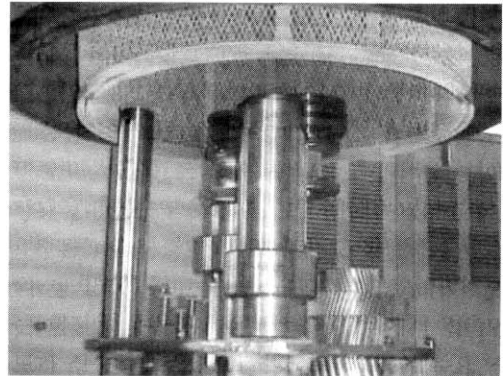


그림 14. AS 질화처리에서 고전압의 음극전위는 처리 물품이 아니라 금속 스크린에 조사된다. 형태나 크기 무게 등이 다른 강 처리품들도 동시에 적재시켜 질화처리 할 수 있다.

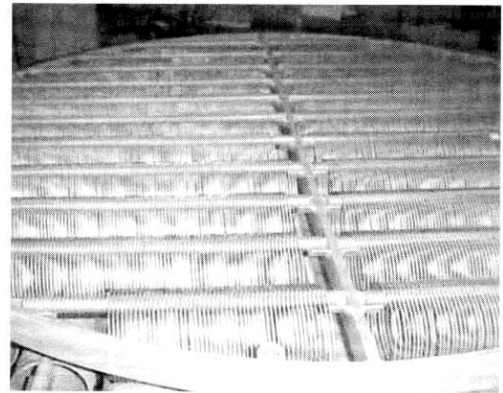


그림 15. "홀로우 음극효과"가 발생하지 않음. 질화처리를 위해 피스톤 링들이 약 8mm 만의 간격만을 유지한 채 적재되어 있는 모습.

Batch에 처리될 기어들, 샤프트 등과 작은 부품이 적재된 것을 나타낸다. 그림 15에는 AS 질화 처리를 위해 피스톤 링들이 약 8 mm 만의 간격만을 유지한 채 적재되어 있는 모습이다.

스테인리스 강 부품도 AS 플라즈마 질화처리할 수 있다. 초기에 표면을 탈 부동태화하기 위해 보조 전압이 일시적으로 사용되고 난 후 부품은 아크 문제의 위험없이 부유전위 속에서 질화처리시킨다. AS 질화처리를 통해 오스테나이트계 스테인리스 강 표면에 DC질화처리에 의해 생성된 것과 유사한 S-상이 생성되는데 질화 S-상층은 현저하게 개선된 내 마모성과 우수한 내식성을 가지고 있다. 어떤 합금 조성품이나 복잡한 형태의 부품 또는 아주 많이 적재된 로의 경우 낮은 보조 음극 전위를 부품에 조사시켜야 한다. 이는 이러한 환경에서 처리될 부품 주위와 표면에 플라즈마가 분산되는 것을 도와 주어 부품에 균일한 질량 이동을 유지시켜 주고 표면 전체에 균일한 질화처리가 되게 한다. 이 경우 단지 적은 전류가 흐르기 때문에 아크 문제가 발생되지는 않는다.

7. 맺음말

질화처리 방법이 급속히 발전하고 있고, 또한 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 산업용 표면 처리 기술에서 플라즈마 질화처리 기술이 차지하는 비율은 최근 들어 오히려 떨어지는 경향이 있다. 종래의 DC 플라즈마 공정에서 챔버 온도를 일정하게 유지하는데 수반되는 기술상의 어려움, 특히 제품을 챔버에 가득히 적재했을 때 아크 작용에 의해 부품이 손상을 받는 것과 모서리 효과와 홀로우 음극효과 등과 같은 장애요소들은 활성 스크린 플라즈마 질화처리를 실시하면 쉽게 해결할 수 있다. 종래의 주장과는 달리 질화처리의 효과가 생기는 원인은 금속 표면에 이온들 충돌에 의한 것이 아니기 때문에 DC 플라즈마 질화처리에서 부품에 직접적으로 플라즈마를 생성시키지 않아도 된다. 활성 스크린 질화처리에서 질소 질량의 이동에 대한 메커니즘이 연구되어 이전과는 다른 스파터링과 석출모델로 설명하고 있다.