

《技術解説》

플라즈마 침탄기술

南基錫·權植哲

한국기계연구원 박막기술실

Plasma Carburizing Technology

K.S. Nam and S.C. Kwon

Thin Film Technology Lab. K.I.M.M

1. 서 론

최근, 에너지 및 제조원가 절감 등의 요구가 높아짐과 동시에 각종 기계부품의 고품질화 및 고기능화가 이루어지고 있다. 그러한 요구에 대처하기 위해 각 부품의 용도 및 성능에 적합한 성질을 부여하는 표면경화법도 기술혁신이 진행되고 있다.

대표적인 기술로 진공침탄에 이어 직류 아-크 방전을 이용한 플라즈마 침탄, 질화 등이 주목받고 있다. 그 중 이온질화법은 이미 기술이 확립되어 많은 분야의 제품에 적용되고 있으며, 계속적인 기술발전이 이루어지고 있다. 한편, 동일한 glow 방전기술의 연장선상에 있는 플라즈마 침탄경화는 '78년 Frube 및 Gay 에 의해 처음 보고된 이래 실용화가 늦어지고 있다. 그 이유는 지금까지 가스침탄법이 주류를 이루어 왔고, 장치구성상 진공뱃치형태로 생산성, 처리원가 및 연속화 등에 문제가 있으며, 또한 진공침탄법의 대두 등에 원인이 있었다.^{1,2)}

그러나, 종래의 가스침탄법으로는 해결하기 어려운 입계산화방지, 처리시간 단축, 난침탄재료에의 적용 등 여러 장점 때문에 기술개발이 활발히

진행되고 있으며, 산업화가 급속히 이루어지고 있다. 현재 전문열처리업체를 시작으로 하여 자동차, 대형기계 및 건설기계 제조업체에서 高濃度, 高深度침탄 및 소결품의 침탄을 목적으로 한 수요가 급증하고 있다. 또한, 이와 더불어 환경개선에 대한 요구가 점차 크게 대두됨으로서 기술수요를 촉진시킬 것으로 기대된다.³⁾

본고에서는 플라즈마침탄의 원리 및 특징, 처리 방법 및 장치, 그리고 응용 및 산업화 현황 등을 알아보고자 한다.

2. 플라즈마 침탄의 원리

플라즈마 침탄은 그림 1과 같이 구성된 0.1-10 orr의 진공용기내에 처리가스를 공급 처리 제품을 음극으로 하고 양극과의 사이에 직류고전압을 가하여 발생하는 사진 1과 같은 Abnormal glow discharge 플라즈마를 이용하는 것이다. 이때, 처리 가스로는 Ar, H₂ 이 캐리어 가스와 CH₄, 또는 C₃H₈ 이 사용되고, 발생된 C⁺ 이온이 처리물에 충돌 침탄이 이루어진다. 또한, 필요한 깊이까지의 탄소침투는 확산에 의해 진행된다. 그 과정은 복

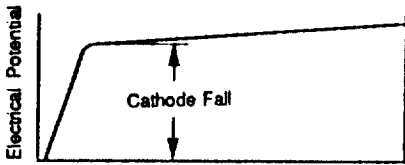
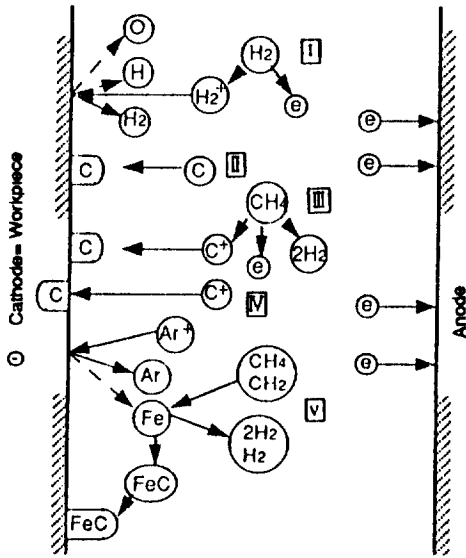


그림 1. 플라즈마 침탄 원리 및 기구

잡한 기구에 의해 진행되며, Sputter cleaning 제로 H₂ 와 Ar 을 사용하고 침탄제로 CH₄ 을 이용하는 경우의 대표적인 침탄기구를 기술하면 다음과 같다.

먼저 음극강하에 의해 가속된 수소이온(H₂⁺)이 처리물의 표면에 충돌하여 산화물 또는 부착물을 제거 세정하는 제 I 현상, 열적으로 활성화된 탄소가 표면의 촉매작용에 의해 포획 확산되는 제 II 현상, 탄소이온(C⁺)이 표면에 충돌 그대로 부착되어 내부로 확산되는 제 III 현상, 가속된 탄소이온이 표면에 충돌 직접 내부로 침투하거나 격자결합을 유발시키는 제 IV 현상, 그리고 제 V 현상인 알곤이온(Ar⁺)에 의한 sputtering 효과로 나눌 수 있으며, 표면으로 부터 튀어나온 Fe 원자는 플라즈마 속의 탄소이온과 결합 FeC 를 형성하고 탄소는 촉매작용에 의해 표면에 포획되어 내부로 확산된다.

종래의 가스침탄과는 달리 플라즈마 침탄의 경

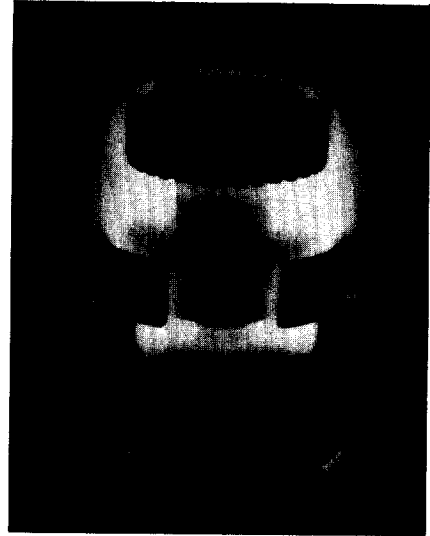


사진 1. 처리물 주위에서의 플라즈마발생 현상

우 침탄성 가스의 분해 및 활성화에 의한 반응 촉진과 더불어 전술한 I, III, IV 및 V 의 현상이 부가되어 급속한 침탄이 이루어진다.^{2,3)}

3. 플라즈마 침탄 장치 및 처리방법

플라즈마 침탄장치는 그림 2와 같이 크게 침탄실, 냉각실, 진공차단밸브, 처리가스공급계, 직류방전전원, 진공배기계, 온도 및 가스제어제로 구성되어 있으며, 침탄한 다음 냉각실로 옮겨져 냉각을 하는 2실형 및 침탄과 냉각을 같은 실에서 행하는 1실형이 있다. 사진 2.는 내부구조를 보인 것이다. 사용 진공도는 0.1-10 torr의 범위이며, 플라즈마 발생을 위한 방전전압은 기체의 종류, 압력 등에 따라 크게 달라지나 전압은 250-800 V, 전류는 100 mA-수십 A가 사용된다. 가열은 흑연 발열체를 이용한 전기저항 가열방식으로 가열온도는 500°C-1200°C 범위이다. 처리가스는 알곤 및 수소외에 침탄용으로 CH₄, LNG, C₃H₈이 사용되며, 대기관 가스공급계에 의해 균일하게 분산 공급된다. 그리고, 냉각은 오일 및 가스분무식이 있으며, 1실형의 경우 가스분무법이 사용된다.⁴⁾

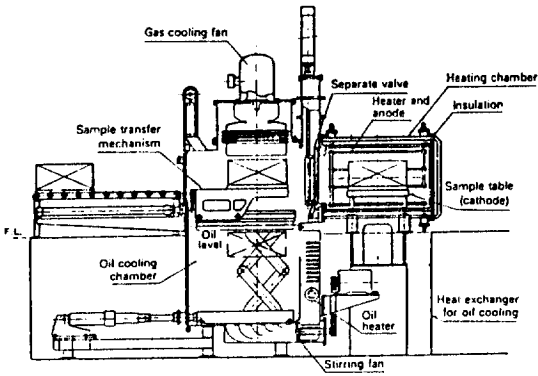


그림 2. 플라즈마 침탄로의 구조

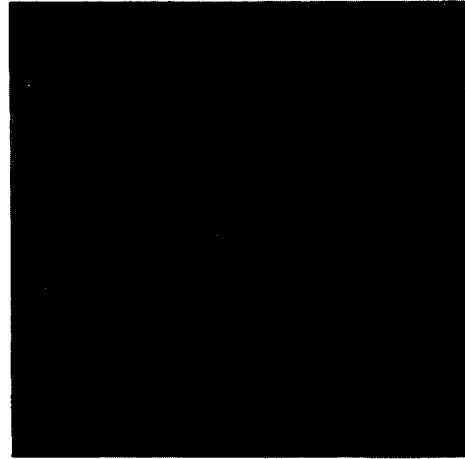


사진 2. 플라즈마 침탄로의 내부구조

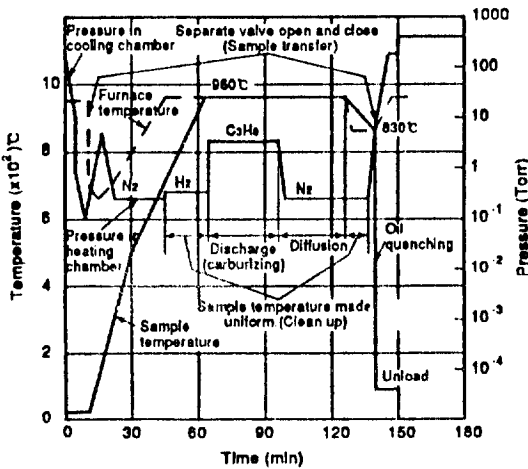


그림 3. 플라즈마 침탄공정

또한, 처리공정은 그림 3에서와 같으며, 처리물은 균일한 방전이 이루어질 수 있도록 바스켈의 적절한 위치에 담아 장입한다. 그 다음 로내의 압력은 10^{-2} , 10^{-3} Torr 까지 감압하고 처리물의 온도를 900°C 이상으로 가열한다. 균열이 이루어지면 로내에 수소가스를 도입 압력을 0.5-1 Torr 정도로 유지하고 처리물 주변을 고전압전극을 양극으로 하고 처리물대를 음극으로하여 두 전극사이에 수 100 V의 직류전압을 일정시간 동안 가한다. 이 때, 수소 가스는 글로우방전에 의해 전리되고 활성화된 수소가이온이 처리물의 표면 전체를 충격하므로써 세정이 이루어진다.

표면의 세정이 완료되면 로내에 CH_4 또는 C_2H_6

가스를 공급하고 로내 압력을 수 Torr로 유지하여 두 전극사이에 수 100 V의 직류전압을 가한다. 그러면, 분위기 가스는 비정상 글로우방전을 일으켜 플라즈마 상태로 되며, 탄소이온이 형성된다. 탄소이온은 음극강하에 의해 높은 운동에너지를 얻어 처리물 표면을 타격내부로 확산하게 된다. 이때, CH_4 또는 C_2H_6 가스는 플라즈마 방전중 일정량 연속적으로 공급하고 동시에 같은 양의 가스를 배기시키며, 유량은 처리온도가 일정한 경우 표면 탄소량 및 침탄깊이에 직접적인 영향을 미치지 때문에 매우 정밀하게 조절하여야 한다. 처리물 표면적의 대소에 의한 탄소 공급의 과부족은 플라즈마 방전중의 가스조성을 질량분석계로 측정하여 CH_4 량을 제어하는 방법을 사용한다. 플라즈마 침탄의 경우 침탄 원리 및 기구 측면에서 종래 탄소포텐셜 개념이 적합하지 않기 때문에 직접적인 탄소포텐셜의 측정이 어려우며 표면탄소농도 및 유효 경화깊이는 CH_4 또는 C_2H_6 가스 유량, 이온전류밀도, 처리온도 및 시간을 조절하여 얻게된다.

한편, 침탄이 완료되면 확산과정을 거친 다음 직접 그 온도에서 냉각하는 방법, 퀘칭온도까지 내린 다음 냉각하는 방법 및 냉각실에서 냉각한 다음 다시 퀘칭온도로 가열하여 오일 또는 가스 냉각하는 방법이 있다. 가열실의 압력은 배기가스량 및 도입되는 가스량을 고려하여 결정한다.⁵⁾

4. 플라즈마 침탄기술의 특징

스침탄법과 비교할 수 있으며, 설비 및 공정상 아래와 같은 특징을 가지고 있다.

플라즈마 침탄법은 표 1과 같이 진공 및 가

(1) 장치 및 탄소농도 관리가 간편하다.

표 1. 각종 침탄법의 비교⁶⁾

항 목	플라즈마 침탄	진공 침탄	가스 침탄
爐형식	진공, 글로우방전 이용 저항로(C ₃ H ₈)	진공분위기 저항로(CH ₄)	전기로/변성로(RX 가스)
종 류	3 종류 20-500 Kg/회 batch 型	5-6 종류 10-500 Kg/회 batch 型	각종 batch/연속 型
이용범위	다목적	질화를 제외한 다목적	침탄(질화)전용
품질의 영향 • 침탄층성질 • 표면청정도 • 결정 입도 • 변형 발생 • 마모 저항 • 흠, 미세공 침탄특성 • 탈탄층발생	보 통 우 수 보 통 작 음 종 음 우 수 없 음	보 통 우 수 조 대 약간큼 종 음 양 호 없 음	보 통 종 음 보 통 약간큼 종 음 양 호 있 음
침탄 온도	930-960℃	1050℃	<930℃
침탄 시간	약 1h	약 1h	>2h
침탄 효율	20-60%	<20%	10-20%
침탄방지책	마스크	마스크	침탄방지재
작업성 • 爐조작 • 탄소농도 제어 • 부대설비 • 기 타	보-턴/자동 방전시간·가스유량 고압직류전원 즉시침탄가능	보-턴/자동 가스압력 가스제어제 즉시침탄가능	보-턴/자동 변성가스/ 엔리치가스 변 성 로 즉시침탄곤란 시즈닝 필요
작업환경	우 수	우 수	보 통
에너지절약 • 소비전력량 • 소비가스량	소 다소 많음 아주 적음	중 다소 많음 아주 적음	대 다소 적음 아주 많음
운전비	0.5	0.8	1
유지비	소	중	대
신뢰성	좋음, 미세구멍의 침탄이 가능함	침탄얼룩발생, 고온침탄시 미세구멍 침탄가능	분위기 제어 필요

구조적으로 침탄 및 퀘칭을 동일 장치내에서 할 수 있고 연속작업 및 자동화가 매우 용이하다. 더구나, 외벽을 수냉하는 내부 가열식 진공로이기 때문에 열의 방산이 없고 가스 누출이 전혀 없으며, 따라서 폭발 등의 재해 발생이 없다. 한편, 종래 침탄법의 경우 변성로가 필요하고, 분위기가스의 선정 및 탄소농도의 조절이 매우 복잡하며, 또한 처리물을 가열하는 도중 침탄성가스를 도입하여야 하기 때문에 불균일한 침탄층이 얻어질 수 있다. 그러나, 플라즈마 침탄의 경우 처리량에 적합한 가스량 및 압력을 설정 방전전류밀도를 제어 하므로서 요구하는 표면탄소농도 및 경화깊이를 얻으며, 가스의 공급 및 글로우방전을 처리물 전체가 균일하게 가열된 다음 필요한 시간 만큼 가한다.

(2) 전처리 및 침탄방지가 간단하고 표면이 광택을 갖는다.

가스침탄의 경우 전처리가 충분하지 못해 피처리물에 오일이나 산화물이 부착되어 그대로장입되면 불순물이 가스 조성을 변화시켜 분위기관리가 어려워진다. 그러나, 플라즈마 침탄은 간단한 탈지 정도의 전처리를 하면 침탄에 영향을 미치지 않는다. 그리고, 처리하지 않는 부위는 관으로 덮거나 지그를 대는 등 처리표면에 플라즈마가 발생되지 않게 하므로서 간단하게 침탄을 방지할 수 있다. 또한, 진공중에서 가열하기 때문에 처리물 표면의 산화피막이 제거되고 탈가스가 이루어져 표면이 청정화되며, 퀘칭한 다음에도 표면이 광택을 유지한다.

(3) 침탄속도가 빠르고 침탄효율이 높다.

짧은 시간내에 표면탄소농도를 높일 수 있으며, 가스침탄과 비교하여 농도구배가 크기 때문에 확산속도가 증가하여 처리시간이 대폭 단축된다. 그리고, 소비된 분위기가스중의 탄소량과 확산 침투된 탄소량의 비를 침탄효율 η 이라 하면 플라즈마 침탄의 경우 55%, 변성로 및 메타놀 열분해 방식 침탄은 수%~20%정도이다.

$$\eta = \frac{\text{강중에 확산된 탄소량}(g)}{\text{소비된 가스의 탄소량}(g)} \times 100(\%)$$

(4) 고농도 및 복합침탄이 가능하다.

조업 압력이 낮기 때문에 그을음의 발생이 없어

가스침탄과는 달리 탄소농도를 크게 높일 수 있다. 기계부품의 경우 내마모 요구가 점차 증대되고 있어 고농도 침탄법이 크게 기대된다. 그리고, 진공로에서 처리하기 때문에 가스의 치환속도가 빠르고, 가스 종류 및 공급량의 선택폭이 커서 질화, 질화침탄 등의 다양한 표면경화에 적용할 수 있다.

(5) 장입 및 탄화물의 발생에 주의하여야 한다.

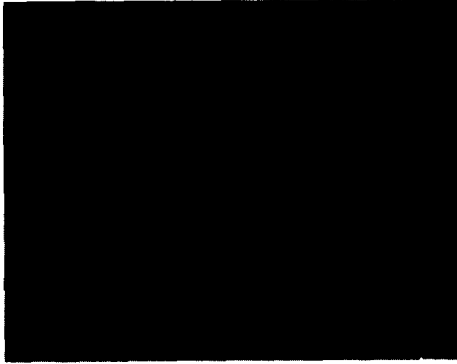
장입물은 음극인 바스켓에 접촉하여야 하며, 처리물에 균일한 플라즈마 발생을 위해 최소한 10 mm 이상의 간격을 두어야 한다. 따라서, 스크류, 체인, 볼트, 너트 등은 플라즈마 침탄에 적합하지 않으며, 음극과 접촉하는 부위는 침탄이 되지 않는다. 한편, 뾰족한 모서리 부분 등에서 탄화물이 형성될 수 있으며, 따라서 이를 방지하기 위한 처리조건이 필요하다.

(6) 경제적이며, 환경이 개선된다.

진공침탄의 경우 미분해 가스가 로내에 체류 처리제품, 가열선, 절연애자등 구성품에 그을음을 발생시키므로서 유지보수가 필요하여 처리비용이 높게 된다. 그러나, 플라즈마 침탄은 수 Torr 의 낮은 압력에서 글로우방전을 일으키기 때문에 침탄효율이 우수함과 동시에 그을음이 발생하지 않으며, 사용되는 가스량도 수 l/min 정도로 대단히 경제적이다. 더구나, 전처리시간이 매우 단축되어 소비전력이 절감된다. 또한, 배기된 가스는 대부분 H_2 이므로 공해가 없으며, 미량이기 때문에 안전하다.

(7) 탈탄 및 입계산화층의 형성을 방지 할 수 있다.

처리물의 표면에 탈탄층 또는 입계산화층이 형성되면 내마모성 및 내피로특성이 낮아지며, 또한 異常層 부근의 퀘칭능을 저하시켜 불완전 조직을 가져올 수 있다. 입계산화 및 탈탄층의 방지를 위해 산소를 함유하지 않는 분위기에서 침탄을 하면 좋으나 종래의 가스침탄법은 실제로 어렵다. 그러나, 플라즈마 침탄은 진공상태에서 처리하고 O_2 , H_2O 를 함유하지 않는 가스를 사용하므로 침탄층이 균일하다. 사진 3의 (a)는 가스침탄 그리고 (b)는 플라즈마 침탄층의 조직을 보인것으로 플라즈마 침탄층은 입계산화층이 전혀 보이지 않는다.



(a)



(b)

사진 3. 가스침탄(a) 및 플라즈마 침탄(b)층의 미세조직

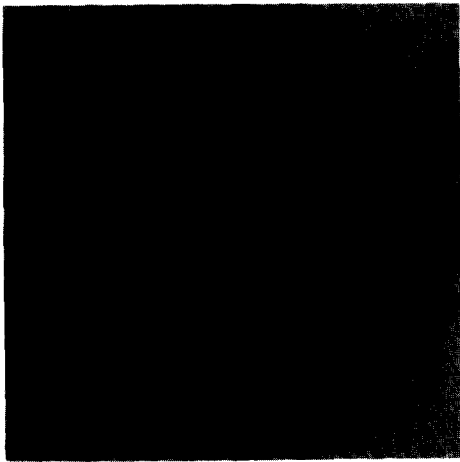


사진 4. 플라즈마 침탄된 기어의 단면마이크로조직

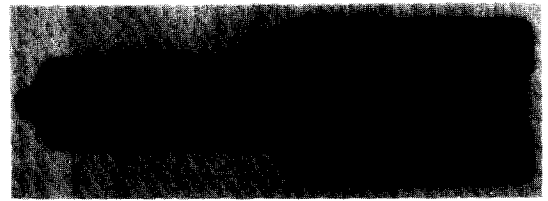


사진 5. 플라즈마 침탄된 연료분사노즐의 단면 마이크로 조직

(8) 변형의 발생이 적고 침탄층이 균일하다.

분위기 압력이 數 Torr 로 낮으며, 또한 처리온도가 비교적 낮고 피처리물의 열응력이 균일하기 때문에 변형의 발생이 매우 적다. 그리고, 플라즈마 처리물 근방에서 발생되기 때문에 처리가스의 분해가 표면가까이에서 이루어지며, 또한 탄소이온이 고속으로 처리물 표면에 충돌하므로 움푹 들어간 곳의 침탄이 균일하게 이루어진다. 사진 4 및 5는 플라즈마 침탄된 기어 및 연료분사노즐의 단면을 보인 것으로 침탄층이 매우 균일하게 형성되어 있음을 볼 수 있다.⁴⁻⁶⁾

(9) 초기의 설비투자비가 크나 운전비가 저렴하다.

진공 및 플라즈마 발생장치에 기인하여 설비가 고가이므로 초기투자비가 크다. 그러나 전력비, 가스비, 유지 및 보수비의 절감을 기할 수 있고 동시에 기계 가공라인에 직접 설치하므로써 제조원가를 줄일 수 있다. 표 2 및 3은 가스 및 플라즈마 침탄법의 운전비 및 총처리비용을 비교한 것으로 플라즈마 침탄의 경우 운전비가 가스침탄의 1/2 정도임을 알 수 있다.⁷⁾

5. 플라즈마 침탄의 응용

(1) 高濃度 침탄

고농도 침탄법은 CD(Carbide Dispersion) 침탄법으로 불리워지기도 하며 마르텐사이트의 기지에 구상의 탄화물을 분산강화시키는 것으로 통상의 침탄법보다 마모, 피로 및 고온연화 저항이 우수한 기계적 성질을 갖는다. 처리방법은 크게 두가지로 나누어지며, 그 중 하나는 침탄장을 사용 탄소포텐셜을 허용 한계 이상으로 유지하고 가열 방

표 2. 가스 및 플라즈마 침탄법의 운전비 비교⁷⁾

침탄방법	가스침탄, 켄칭		플라즈마 침탄(2 실)	
유효 크기(W × H × L)	600 × 600 × 900		600 × 600 × 900	
장입량(10 × 7 × 7)	1190 P		1190 P	
처리시간(h)	8.0		5.3 (7.0)	
침탄 + 확산 시간	5.0 h × 930℃		2.0 h × 980℃ (3.7 × 930℃)	
시간당 처리량(P/h)	149		244(170)	
소비재 항목	소모량/batch	비용/batch (DM)	소모량/batch	비용/batch (DM)
전 력	122 KWh	19.52	59 KWh	9.44
가열 전력	331 KWh	52.96	265 Kwh	42.20
가열 가스	0.9 Nm	0.36	—	—
처리 가스	74 Nm	43.68	0.28 Nm	4.20
냉각수	3.9 Nm	1.17	33 Nm	9.90
주말 운전		38.19	—	—
소모재비용/batch	155.88 DM		65.94 DM(77.62 DM)	
인건비/batch(man hr)	23.99 DM		23.00 DM(23.00 DM)	
총운전비/batch	178.88 DM		88.94 DM(100.62 DM)	
처리비용/Piece	0.15 DM		0.07 DM(0.08 DM)	

표 3. 가스 및 플라즈마 침탄법의 전체 처리비용 비교⁷⁾

처리비 항목	가스침탄, 켄칭, DM	플라즈마 침탄(2 실), DM
감가상각	60,000	150,000
이 자	32,000	80,000
인건비 O/H (37 DM/L)	26,640	39,072
인건비(23 DM/L)	16,560	24,288
유지관리	20,000	50,000
건물사용료 (25 m × 20 DM × 12)	6,000	6,000
소모재 비용		
15 L × 48 wk × 155.88 DM	112,234	
22 L × 48 wk × 65.94 DM		69,633
(18 L × 48 wk × 77.62 DM)		(67,064)
연간 총처리 비용	273,434	418,933(416,424)
처리비용/batch	379.77	396.77(481.97)
처리비용/Piece	0.32	0.33(0.40)

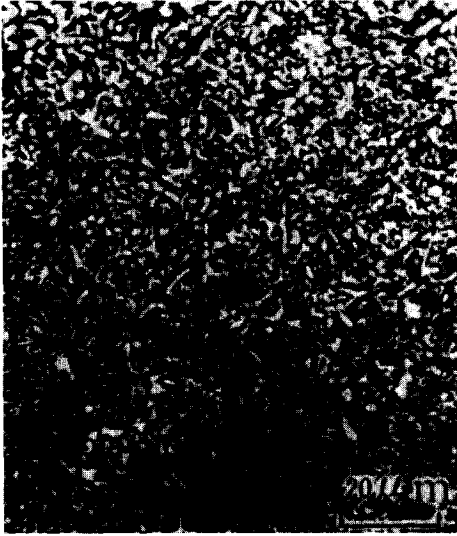


사진 6. SCM21 종 강재의 고농도 침탄조직

법을 조절하여 표면탄소농도를 높이는 방법이다. 그리고, 다른 한 방법은 Cr 등 탄화물을 형성하기 쉬운 원소가 함유된 재료를 이용 탄소포텐셜을 높여 침탄하므로서 표면탄소농도를 높이는 것이다.

플라즈마 침탄은 분위기가스의 안정시간화 시간이 필요없고, 순간적인 가스치환이 빠르며, 또한 분류식 가스냉각법을 사용할 경우 자유로운 가열 및 냉각이 가능하다. 사진 6은 그 방법의 실시 예를 보인 것으로 표면탄소농도는 2%을 초과하게 된다.

한편, 재료중에 Cr을 첨가하는 방법의 경우 Cr의 농도를 높일수록 탄소농도가 증가하게 되나 입계산화가 일어나기 쉬우므로 통상의 가스침탄에서는 수 % 정도에 불과하다. 그러나, 플라즈마 침탄의 경우 이러한 우려가 전혀 없으며, 고농도 침탄용강 외에 적용 강종으로 열간금형강(SKD61 등) 및 고속도강 등도 고려될 수 있다.

근래, 자동차부품, 베어링, 건설 및 토목용 기계, 종이 성형틀 등 광범위한 산업영역에 걸쳐 고농도 침탄법의 적용이 검토되고 있으며, 앞으로 그 중요성이 크게 증대될 것으로 기대된다.^{4,6,9)}

(2) 高深度 침탄

인쇄기, 압연기 등과 같은 대형 베어링에서는 고부하가 걸리기 때문에 3-4 mm 정도의 깊은 침

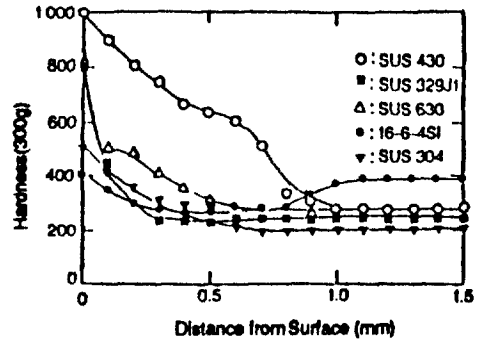


그림 4. 플라즈마 침탄된 스테인레스 강재의 경도 구배 곡선



사진 7. SUS304 강재의 침탄조직

탄이 요구된다. 이러한 경우 침탄시간의 단축이 중요하나 950-980°C 에서 처리하는 종래 침탄법은 수십시간이 필요하다. 플라즈마 침탄은 표면탄소농도가 높기 때문에 확산속도가 빨라 동일 온도에서 20-30% 정도 처리시간이 단축된다. 또한, 고온조업이 가능하기 때문에 조건에 따라 50% 이상의 시간 단축이 가능하다.⁴⁻¹⁰⁾

(3) 難浸炭材에 適用

종래의 침탄법으로는 분위가스중의 미량 산소에 의해 생성되는 산화피막이 침탄을 방해하기 때문

에 스테인레스강재의 경우 침탄이 어렵다. 그러나, 플라즈마 침탄은 Ar 과 H₂ 혼합가스를 이용한 이온충격으로 표면산화물이 제거되며, 무산화조업으로 산화되기 쉬운 스테인레스강 및 고 Mn 비자성강과 같이 침탄이 어려운 재료의 침탄이 가능하다. 그림 4 및 사진 7은 이들 재료의 침탄예를 나타낸 것이다.

근래 전기, 음향, 철도 및 원자력 등의 산업분야에 전자기특성을 활용한 기술이 크게 발전되고 있으며, 그 구조물의 부품 및 기계부품 재료로 非磁性鋼材가 사용되고 있다. 일반적으로 비자성강이라 하면 Ni-Cr 계 오스테나이트강이 대표적이거나 높은 강도를 얻을 수 없고 강도를 증가시키기 위해 심한 냉간가공을 하면 磁性을 띠게 되는 문제가 있다. 그 대체용 강으로 高 Mn 非磁性鋼이 있다. 오스테나이트 스테인레스강에 비해 강도가 높고, 투자율이 낮으며 또한 내식성이 뛰어난과 더불어 가격이 저렴하기 때문에 적용분야가 확대되고 있다. 그 강재의 내마모성을 향상시키고 동시에 투자율을 저해하지 않는 표면경화법으로 플라즈마 침탄법에 의한 탄화물분산경화기술이 적용되고 있다.

또한, 내식성을 요구하는 식품공업 및 자동차부품, 그리고 내마모성과 비자성재료를 필요로 하는 전자기기나 음향기기 부품 분야의 중요부품에 이미 사용되기 시작하였다.^{2,3)}

(4) 분말 소결품의 침탄

가스침탄의 경우 분위기가 대기압이기 때문에 소결품의 경우 중심부까지 침탄이 이루어져 처리물 중심부의 인성이 저하된다. 또한 Cr, Mn을 함유한 경우산화되기 쉬우므로 표면층 뿐만 아니라 중심부까지 입계산화가 발생 기계적 성질이 저하되는 결점이 있다. 또한, 진공 가스퀵칭법의 경우 경도구배가 없어 심부의 인성이 저하되며, 잔류응력 효과에 의한 피로강도의 향상 효과를 기대할 수 있다.

그러나, 플라즈마 침탄법은 입계산화가 일어나지 않아 Cr-Mn 소결품도 높은 강도를 얻을 수 있음과 동시에 중심부의 인성 및 피로특성의 향상을 기할 수 있다. 그림 5는 각 침탄법에 따른 Cr-Mn 계 소결품의 경도구배를 비교한 것으로 표면경

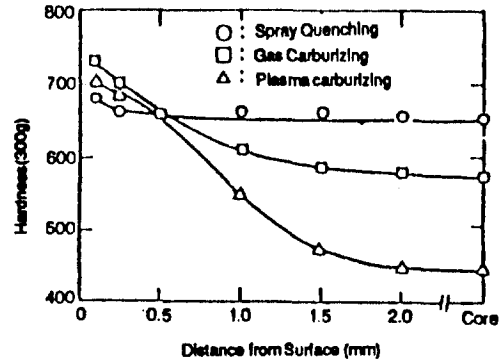


그림 5. 침탄방법에 따른 분말소결제품의 경도구배 곡선

화목적상 플라즈마 침탄이 가장 우수함을 볼 수 있다.

정밀기계부품 및 자동차부품을 위주로 소결품의 침탄수요가 늘어나고 있으며, 플라즈마 침탄기술을 소결기술의 발전과 더불어 앞으로 새로운 표면특성개선기술로 크게 발전할 것으로 기대된다.⁴⁾

6. 맺음말

본 기술은 전술한 바와 같이 종래의 표면경화법으로는 얻기 힘든 구조 및 기계부품의 고품질, 고기능 및 고성능화를 기할 수 있을 뿐만 아니라 에너지절감 및 무공해로 환경개선에 크게 기여할 수 있어 원자력, 항공우주, 전기 및 전자, 음향기기, 철도차량, 토목, 자동차, 선박엔진, 해양 및 공작기계 등의 각종 핵심부품 표면경화기술의 새로운 영역을 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

현재, 플라즈마 침탄기술 보유국은 미국, 독일, 프랑스, 일본 및 이탈리아 등으로 Klockner Ionon, Abar Ipsen, 일본진공(주), 일본전자공업(주) 및 대동특수강(주) 등의 제조원에서 장비를 보급하고 있다. '90 년도를 기준으로 하여 일본에서는 15대 이상이 산업현장에서 가동되고 있으며, 그리고, 미국에서는 항공기, 중전기 및 자동차 제조회사를 중심으로 하여 10대 이상이 보급된 것으로 알려져 있다. 또한, 독일의 경우 '83년에 정부출연하에 Klockner Ionon 사가 기술을 개발 GM에 설비를

보급한 바 있다. 그리고, 공업화된 설비는 수평 또는 수직형의 बै치형과 전자동 연속침탄로가 있으며, 부품제조공정에 인라인화하고 있다.

한편, 국내의 경우 플라즈마 침탄기술의 중요성이 인식되어 상공부에서 '91년도 공업기반 기술과제로 선정된 바 있으나 과제가 수행되지 못했으며, 전혀 기술을 보유하고 있지 않다. 그러나, 현재 자동차부품의 피로 및 마모 저항특성 개선을 위해 가스침탄품의 입계산화방지 책 및 高濃度침탄법의 채용이 검토되고 있다. 또한, 선박엔진, 감속기기어, 중장비 부품에서 高深度침탄 그리고 스테인레스강 등 難浸炭材의 침탄경화 기술수요가 발생하고 있으며, 이들에 대한 플라즈마 침탄법의 적용이 조만간 이루어질 전망이다.

플라즈마 침탄기술은 설비제작기술과 더불어 적용대상 및 응용분야에 따라 다양한 처리공정 기술이 요구되며, 설비 도입만으로는 기술보급 및 응용에 한계가 있다. 따라서, 기술 보급을 위한 중장기적인 대책이 조속히 마련되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. W. Grube. "Progress in Plasma Carburizing", J. of Heat Treating. Vol. 4. No.1, p.40, 1978
2. 長田幸雄 "プラズマ 浸炭", 熱處理. 27卷6号. p.342, 1987
3. 長田幸雄 "プラズマ 浸炭装置とせの應用", 金屬臨時増別号 p.59. 1987. 7
4. 中村雅知 "プラズマ 浸炭窒化につくて", 電氣製鋼 第60卷4号 p.382. 1989.
5. 米田芳之 "眞空イオン浸炭プロセス", 熱處理 17卷6号 p.363, 1977.
6. 米田芳之 "イオン浸炭法" 日本眞空技術자료.
7. B. Edenhofer "Opportunities and Limitations of plasmd Carburizing" Heat Treatment of Metals P.6, 1991.
8. 阿久津幸一 "プラズマ浸炭と原理と高濃度浸炭法", 特殊鋼 28卷6号 p.46, 1989.
9. 阿久津幸一 "プラズマ浸炭" 金屬臨時増刊号 p.38, 1990.6
10. セマプス "プラズマ浸炭と實用性" 錢鍛造と熱處理. p.39, 1988.6