特輯 : 재료의 플라즈마 표면 처리기술

플라즈마 침탄기술 현황

이 구 현 · 남 기 석

Plasma Carburizing Technology

K.H. Lee and K.S. Nam

이구현/한국기계연구원 재료공정연구부/1952년생/열처리, 트라이볼로지

남기석/한국기계연구원 재료공정연구부/1958년생/표면경화기술, 내열내식코팅기술

1. 서 론

최근 에너지 및 제조원가 절감 등의 요구가 높아짐과 동시에 각종 기계부품의 고품질화 및 고기능화가 이루어지고 있다 따라서 이러한 요구에 대처하기 위한 표면경화법도 기술혁신이 진행되고 있다 대표적인 기술로 진공침탄에 이어 직류아크방전을 이용한 플라즈마 침탄, 질화 등이 주목받고 있다 그 중 이온질화법은 이미 기술이 확립되어 많은 분야의 제품에 적용되고 있으며, 계속적인 기술발전이 이루어지고 있다 한편, 플라즈마침탄은 '78년 Grube 및 Gay에 의해 처음 보고된 이래 실용화 보급이 늦어지고 있다. 그것은 지금까지 가스침탄법이 주류를 이루어 왔고, 장치구성상 진공뱃치형태로 생산성, 처리원가 및 연속화 등에 문제가 있으며, 진공침탄법의 대두 등에 원인이 있다 그러나 종래의 가스침탄법으로는 해결하기 어려운 입계산화방지, 처리시간 단축, 난침탄재료에의 적용 등 장점때문에 기술개발이 활발히 진행되고 있으며, 산업화가 급속히 이루어지고 있다 현재 전문 열처리업체를 시작으로 하여 자동차, 대형기계 및 건설기계 제조업체에서 고농도, 고심도침탄 및 소결품의 침탄에 대한 수요가 늘어가고 있으며, 이와 더불어 환경개선에 대한 수요가 점차 크게 대두되어 기술수요를 촉진시킬 것으로 기대된다

2. 플라즈마침탄기술의 개발과정

(1)침탄기구의 해석

플라즈마침탄이 진공침탄에 비하여 침탄속도가 빠른 것은 소재표면에서 탄소의 침투속도가 빠르기 때문이다. 한편 Fe에 플라즈마침탄을 실시한 결과 빠른 시간에 탄소농도가 침탄온도에서 오스테나이트 고용한도와 일치한다는 것이 밝혀졌다 이것은 탄소확산의 구동력인 표면과 기지조직의 탄소농도 차이가 침탄 초기부터 매우 크기 때문이다 한편 소재표면에 이온이 충돌하여 표면의 온도가 상승하므로 침탄이 촉진되는 것으로도 생각하였다. 또 소재의 표면직하에 있는 결정립이 예측하지못할 정도로 조대화한다는 것이 밝혀졌다 따라서 표면온도의 상승으로 오스테나이트의 고용한도가 확대됨에 따라 탄소확산이 더욱 조장되는 것도 침탄속도를 증가시키는 원인으로 생각된다

(2)처리기술의 변천

개발초기의 침탄용 탄화수소가스로는 CH_4가스가 사용되었으며, 분압과 인가전압이 변화하면 침탄특성도 크게 변하기 때문에 탄소포텐셜의 제어가 중요하다 C_3H_8가스는 보통의 침탄온도에서도 빠르게 분해되기 때문에 탄소의 이온화가 쉽다 따라서 침투 할 수 있는 탄소량을 부족하지않게 공급하면 안정된 침탄특성을 얻을 수 있으며, 침탄로내 압력이나 배기속도 등의 변

수도 실제 조업에서 큰 문제가 되지 않는다. 이와같은 이유로 최근에는 침탄가스로 C_3H_8가스를 사용하는 예가 늘고 있다 C_3H_8가스를 사용하는 경우 침탄온도, 침탄시간과 확산시간만이 침탄특성을 결정하는 주요한 요인이 되며, 다른 변수의 영향은 극히 작은 것으로 확인되고 있다.

처리소재의 가열방식은 글로우방전만이 검토되었으나, 처리온도가 높기 때문에 고전압을 인가하면 소재의 모서리에 글로우방전이 집중하여 균일한 가열이 어렵게되고 아크방전도 일어나기 쉽다 따라서 침탄로내에 별도의 가열장치를 설치하는 외열법과 처리소재와 같은 전위의 판이나 파이프모양의 덮개를 설치하는 보조음극법이 발달하였다 현재는 대량처리를 목적으로 균열영역을 넓게할 수 있는 외열법이 주류를 이루고 있다.

(3)기존 침탄법의 대체와 응용분야 확대

1980년대 후반에 실시한 등속조인트의 플라즈마침탄에서는 침탄의 균일성, 표면의 광택성, 입계산화방지, 처리시간의 감소, 변형의 개선 등이 가스침탄에 비하여 우수하다고 보고되었다 한편 C_3H_8가스에 질소가스를 첨가하여 디젤엔진의 인젝터노즐을 플라즈마 침질화한 사례가 보고되고 있으며, 항공기용 기어나 군함의 터빈추진용 대형기어에 적용한 사례도 있다.

침탄로는 처리용적 0 3m³정도의 가로형 침탄로가 널리 사용되고 있으나, 용적 5m³(직경1.8m, 높이1.8m)의 수직형 침탄로도 실용화 되고있다

3. 플라즈마침탄의 원리

플라즈마침탄은 0.1~10torr의 진공용기내에 처리가스를 공급하고, 음극인 소재와 양극인 진공로체 사이에 직류고전압을 인가하여 발생하는 비정상 글로우방전을 이용하는 것이다 처리가스로는 Ar, H_2와 CH_4 또는 C_3H_8이 사용되고, 발생된 탄소이온이 소재표면에 충돌하여 침탄이 이루어진다 탄소침투는 어느정도 깊이까지는 확산에 의하여 진행된다 침탄과정은 아래와 같이 다섯가지 현상으로 나누어 설명할 수 있다. 음극강하에 의해 가속된 수소이온이 소재표면에 충돌하여 산화물 또는 이물질을 제거하는 제I현상, 열적으로 활성화된 탄소가 표면의 촉매작용에 의해 포획 확산되는 제II현상, 탄소이온이 표면에 충돌후 부착되어 내부로 확산되는 제III현상, 가속된 탄소이온이 표면에 충돌후 직접 내부로 침투하거나 격자결함을 유발시키는 제IV현상, 그리고 제V현상인 알곤이온(Ar^+)에 의한 스퍼터링효과로 나눌 수 있다 소재표면에서 방출된 Fe원자는 플라즈마속의 탄소이온과 결합 FeC을 형성하고 탄소는 촉매작용에 의하여 표면에 포획되어 내부로 확산된다. 그림1은 플라즈마침탄의 원리를 나타내고 있으며, 종래의 가스침탄과는 달리 플라즈마침탄의 경우, 침탄성 가스의 분해 및 활성화에 의한 반응촉진과 더불어, I, III, IV 및 V의 현상이 부가되어 급속한 침탄이 이루어진다

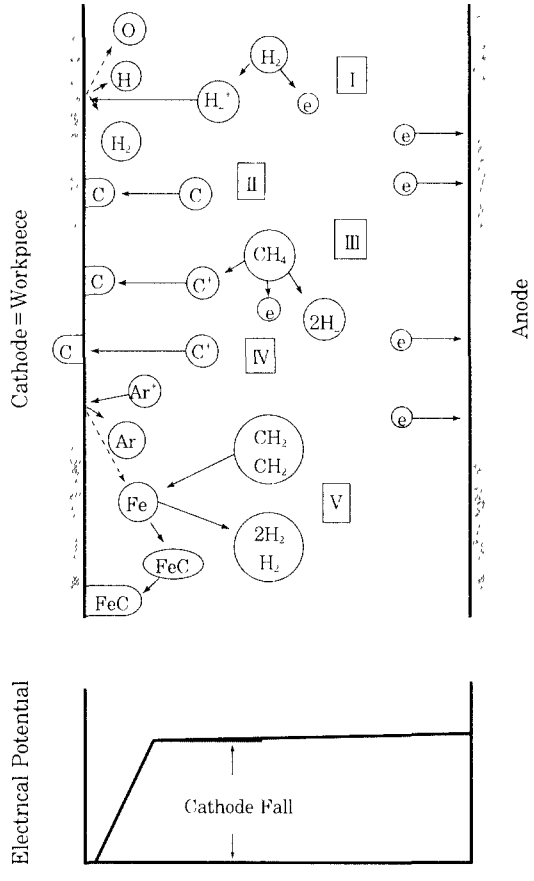

Fig. 1 Theory of plasma carburizing

4. 플라즈마침탄장치 및 처리공정

플라즈마침탄장치는 그림2와 같이 크게 침탄실, 냉각실, 진공차단밸브, 처리가스공급계, 직류방전전원, 진공배기계, 온도 및 가스제어계로 구성되어 있고, 침탄한 다음 냉각실로 옮겨져 냉각하는 2실형 및 침탄과 냉각을 같은 실에서 행하는 1실형이 있다. 사용 진공도는 0 1~10torr의 범위이며, 플라즈마발생을 위한 방전전압은 기체의 종류, 압력 등에 따라 크게 달라지나 전압은 250~800V, 전류는 100mA~수십A 그리고 전력은 처리면적 1cm²당 0 1~1W 범위에서 사용

된다. 가열은 흑연발열체를 이용한 전기저항 가열방식으로 가열온도는 500~1200℃ 범위이다 처리가스는 알곤 및 수소이외에 침탄용으로 CH_4, LNG, C_3H_8이 사용되며, 다기관 가스공급계에 의해 균일하게 분산 공급된다. 그리고 냉각은 오일 및 가스분무식이 있으며, 1실형의 경우에는 가스분무법이 사용된다

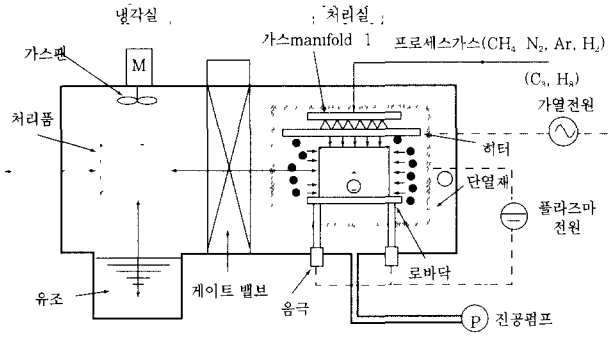

Fig. 2 Schematic of a plasma-carburizing furnace

처리공정은 그림3과 같다. 우선 진공로의 압력은 10^{-2}-10^{-3}torr까지 감압하고, 처리소재의 온도를 900℃이상으로 가열한다 진공로내부에 수소가스를 공급하여 압력을 0 5~1torr정도로 유지하고, 수백V의 직류전압을 일정시간동안 인가한다 이때, 수소가스는 글로우방전에 의하여 해리되고 활성화된 수소이온이 처리소재의 표면전체를 충격하므로써 세정이 이루어진다.

표면의 세정이 완료되면 로내에 CH_4 또는 C_3H_8가스를 공급하고, 진공로의 압력을 수torr로 유지하여 두 전극사이에 수백V의 직류전압을 인가한다 분위기가

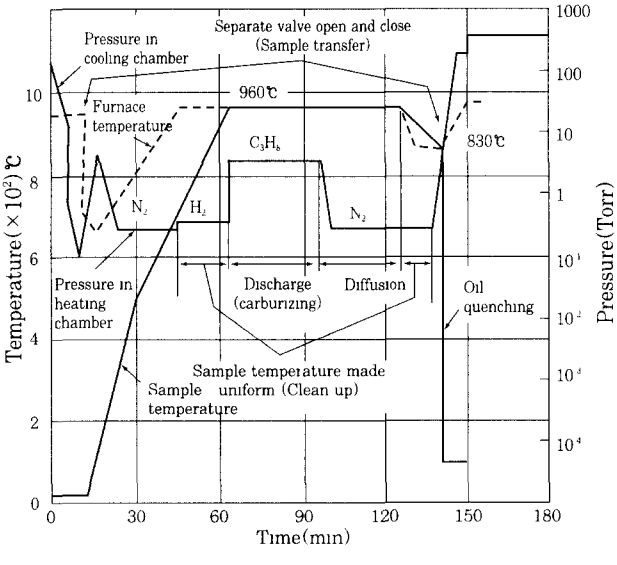

Fig. 3 Processing of plasma carburizing

스는 비정상 글로우방전을 일으켜 플라즈마상태로 되며 탄소이온이 형성된다 탄소이온은 음극강하에 의해 높은 운동에너지를 얻어 처리소재의 표면에 충돌하여 내부로 확산하게 된다. 이때, CH_4 또는 C_3H_8가스는 플라즈마방전중 일정량을 연속적으로 공급함과 동시에 같은 양의 가스를 배기시키며, 유량은 표면탄소량 및 침탄깊이에 직접적인 영향을 미치기 때문에 매우 정밀하게 조절하여야 한다. 처리소재의 표면적 크기에 따른 탄소공급의 과부족은 플라즈마방전중의 가스조성을 질량분석계로 측정하여 CH_4량을 제어하는 방법을 사용한다. 플라즈마침탄의 경우 침탄원리 및 기구측면에서 종래 탄소포텐셜 개념이 적합하지 않기 때문에 직접적인 탄소포텐셜의 측정이 어려우며, 표면탄소농도 및 유효경화깊이는 CH_4 또는 C_3H_8 가스유량, 이온전류밀도, 처리온도 및 시간을 조절하여 얻게된다

침탄이 완료되면 확산과정을 거친다음 직접 그 온도에서 냉각하는 방법과 담금질온도까지 냉각후 다시 가열하여 오일 또는 가스냉각하는 방법이 있다 가열실의 압력은 배기가스량 및 공급되는 가스량을 고려하여 결정한다.

5. 플라즈마침탄기술의 특징

플라즈마침탄법은 설비 및 공정에 있어서 아래와 같은 특징이 있으며, 다른 침탄법과 비교한 것은 표1에서 볼 수가 있다.

(1)장치 및 탄소농도의 관리가 간편하다.

구조적으로 침탄 및 담금질을 동일장치내에서 할 수 있고, 연속작업 및 자동화가 매우 용이하다. 더구나, 외벽을 수냉하는 내부가열식 진공로이므로 열의 방산이 없고, 가스누출이 전혀 없기 때문에 폭발 등의 재해 발생이 없다. 한편, 종래의 침탄법은 분위기가스의 선정 및 탄소농도의 조절이 매우 복잡하며, 처리물을 가열하는 도중에 침탄성가스를 공급하여야 하므로 침탄층이 불균일하게 될 수 있다. 그러나 플라즈마침탄은 처리소재의 양에 적합한 가스량 및 압력을 설정하여 방전전류 밀도를 제어하므로 원하는 표면 탄소농도 및 경화깊이를 얻을 수 있다

(2)전처리 및 침탄방지가 간단하고 표면이 광택을 갖는다

가스침탄은 전처리가 충분하지 못하면, 처리소재의 표면에 오일이나 산화물 등이 부착된 상태로 장입되어

Table 1 Comparison of the carburizing process.

항 목	플라즈마침탄	진공침탄	가스침탄
로 형식	진공, 글로우방전 이용 저항로(C_3H_8)	진공분위기 저항로 (CH_4)	전기로/변성로 (RX가스)
종류	3 종류 120-500kg/회 batch 형	5-6 종류 10-500kg/회 batch 형	각 종 batch/연속형
이용범위	다목적	질화를 제외한 다목적	침탄(질화)전용
품질의 영향 -침탄층성질 -표면청정도 -결정 입도 -변형 발생 -마모 저항 -홈, 미세공 침탄특성 -탈탄층발생	 보 통 우 수 보 통 작 음 좋 음 우 수 없 음	 보 통 우 수 조 대 약 간 큼 좋 음 양 호 없 음	 보 통 좋 음 보 통 약 간 큼 좋 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
작 업 성 -로 조작 -탄소농도제어 -부대설비 -기 타	 보-턴/자동 방전시간 가스유량 고압직류전원 즉시침탄가능	 보-턴/자동 가스압력 가스제어계 즉시침탄가능	 보-턴/자동 변성가스/엔리치가스 변성로 즉시침탄곤란 시즈닝 필요
작업환경	우 수	우 수	보 통
에너지 절약 -소비전력량 -소비가스량	소 다소 많음 아주 적음	중 다소 많음 아주 적음	대 다소 적음 아주 많음
운 전 비	0 5	0.8	1
유 지 비	소	중	대
신뢰성	좋음, 미세구멍 침탄가능	침탄얼룩발생,고온침탄 시 미세구멍 침탄가능	분위기 제어 필요

불순물에 의한 가스분위기 관리가 어려워진다. 그러나 플라즈마침탄은 간단한 탈지 정도의 전처리만 하면 침탄에 영향을 미치지 않는다. 그리고 침탄이 필요하지 않는 부분은 판으로 덮어 플라즈마가 발생되지 않게 하여 간단히 침탄을 방지할 수 있다. 또한, 진공중에서 가열하기 때문에 소재표면의 산화피막이 제거되고, 탈가스가 이루어져 표면이 청정하게 되며, 담금질한 후에도 표면의 광택이 유지된다.

(3)침탄속도가 빠르고 침탄효율이 높다.

짧은 시간내에 표면탄소농도을 높일 수 있으며, 가스침탄과 비교하여 농도구배가 크기 때문에 확산속도가 증가하여 처리시간이 대폭 단축된다 그리고 소모된 분위기가스중의 탄소량과 확산 침투된 탄소량의 비를 침탄효율 η라고 할 때, 플라즈마침탄의 경우 55%, 변성로 및 메탄을 열분해방식 침탄은 수%~20%정도이다.

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

(4)고농도 및 복합침탄이 가능하다.

조업압력이 낮기 때문에 그을음의 발생이 없어서 가스침탄과는 달리 탄소농도를 크게 높일수 있다. 기계부품의 경우 한층 높은 내마모성의 요구가 점차 증대되고 있으므로 고농도 침탄법이 크게 기대된다 그리고 진공로에서 처리하기 때문에 가스의 치환속도가 빠르고, 가스종류 및 공급량의 선택폭이 넓어서 질화, 질화침탄 등의 다양한 표면경화에 적용할 수도 있다.

(5)경제적이며 환경친화적 이다

진공침탄의 경우 미분해 가스가 로내에 체류 처리제품, 가열선, 절연애자등 구성품에 그을음을 발생시키므로서 유지보수가 필요하며 처리비용이 높게된다 그러나, 플라즈마 침탄은 수 torr의 낮은 압력에서 글로우방전을 일으키기 때문에 침탄효율이 우수함과 동시에 그을음이 발생하지 않으며, 사용되는 가스량도 수 l/min정도로 대단히 경제적이다. 더구나, 전처리시간이 매우 단축되어 소비전력이 절감된다 또한, 배기된 가스는 대부분 H_2이므로 공해가 없으며, 미량이기 때문에 안전하다

(6)탈탄 및 입계산화층의 형성을 방지 할 수 있다

처리물의 표면에 탈탄층 또는 입계산화층이 형성되면 내마모성 및 내피로특성이 낮아지며, 또한 이상층 부근의 퀜칭능을 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 및 H_2O를 함유하지 않는 가스를 사용 하므로 침탄층이 균일하다 사진1의 (a)는 가스침탄, (b)는 플라즈마 침탄층의 조직을 보인 것으로 플라즈마 침탄층은 입계산화층이 전혀 보이지 않는다

(7)변형의 발생이 적고 침탄층이 균일하다

분위기압력이 수 torr로 낮으며, 또한 처리온도가 비교적 낮고 피처리물의 열응력이 균일하기 때문에 변형의 발생이 매우 적다 그리고, 플라즈마가 처리물 근방에서 발생되기 때문에 처리가스의 분해가 표면가까이에서 이루어지며, 또한 탄소이온이 고속으로 처리물 표면에 충돌하므로 움푹 들어간 곳의 침탄이 균일하게 이루어진다

(8)초기의 설비투자비가 크지만 운전비가 저렴하다.

진공 및 플라즈마발생장치로 인하여 설비가 고가이므로 초기투자비가 많이 든다 그러나 전력비, 가스비, 유지 및 보수비를 절감할 수 있고, 동시에 생산라인에 직접 설치하므로 제조원가를 줄일 수 있다 표2 및 3은 가스 및 플라즈마침탄시의 운전비 및 전체처리비용을 비교한 것으로 플라즈마침탄의 경우 운전비가 가스침탄의 1/2정도임을 알 수 있다

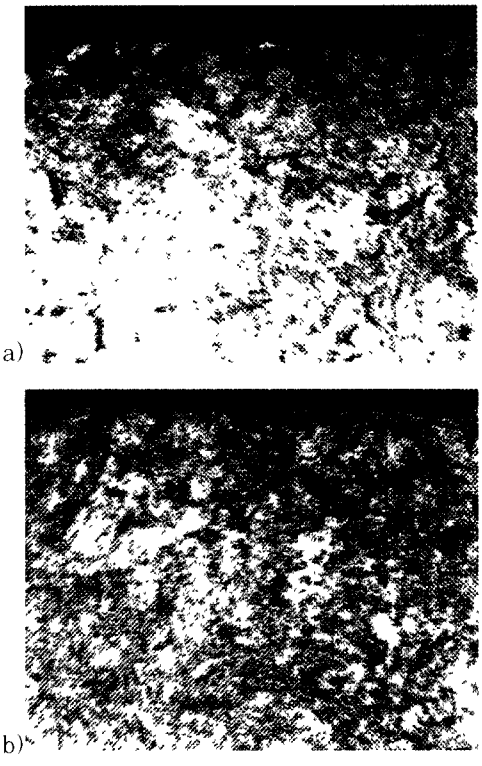

Photo. 1 Optical micrograph of the cross section of the specimen (a) gas carburized and (b) plasma carburized

6. 플라즈마침탄의 응용

플라즈마침탄은 유냉하여 경화시키는 강에는 모두 적용될 수 있으며, 합금원소의 함유량은 가능한 한 적은 것이 좋지만 탄소의 함유량에 대해서는 크게 영향을 받지 않는다 그러나 이미 알려진 바와 같이 경도는 탄소의 함유정도에 따라 달라진다 또한 크롬이 다소 높은 스테인리스강 등에도 적용 할 수 있을 뿐만아니라 고망간 비자성강 등 가스침탄법이 어려운 강에도 무리없이 적용 할 수 있다 이런 종류의 강들은 플라즈마침탄기술을 제외하고는 거의 처리하기가 곤란하다 이것은 가스침탄법의 분위기가스중 산소나 H_2O 등에 의하여 산화물을 생성하게 되고, 이 산화물이 입계나 표면에 이상조직으로 작용하기 때문이다 그러나 플라즈마침탄은 Ar이나 H_2에 의한 스퍼터링효과를 이용하므로 이상층의 형성을 방지할 수 있다

Table 2. Comparison of the running costs of gas carburizing and plasma carburizing of constant-velocity joint cages.

침탄로	가스침탄, 담금질로		진공2실 플라즈마침탄로	
유효 크기(W×H×L)	600×600×900		600×600×900	
장 입(10×7×17)	1190 P		1190 P	
처리시간(h)	8.0		5 3 (7 0)	
침탄확산시간×온도	5 0hx930℃		2 0h×980℃(3 7hr×930℃)	
시간당 처리량(P/h)	149		244 (170)	
소 비 항 목	소모량/batch	비용/batch(DM)	소모량/batch	비용/batch(DM)
전 력	122KWh	19.52	59KWh	9 44
가열전력	331KWh	52 96	265KWh	42 40
가열가스	0.9Nm³	0.36	-	-
처리가스	74Nm³	43.68	0 28Nm³	4 20
냉각수	3.9Nm³	1 17	33Nm³	9 90
Weekend운전	-	38.19	-	-
소모재비용/batch(man hr)	155 88DM		65 94DM (77 62DM)	
인건비/batch	23 00DM		23 00DM (23 00DM)	
총운전거리/batch	178 88DM		88 94DM (100 42DM)	
처리품 1개당 비용	0 15DM		0 07DM (0 08DM)	

Table 3. Comparison of the total costs of gas carburizing and plasma carburizing of constant-velocity joint cages

비용 항목	가스침탄, 담금질로(DM)	진공2실 플라즈마침탄로(DM)
감가상각	60,000	150,000
이 자	32,000	80,000
인건비 O/H (37DM/L)	26,640	39,072
인 건 비 (23DM/L)	16,560	24,288
유지관리	20,000	50,000
건물사용료(25m×20DM×12)	6,000	6,000
소모재 비용		
15L×48wk×55 88DM	112,,234	-
22L×48wk×77 62DM	-	69,633
(18L×48wk×77 62DM)	-	(67,064)
연간 총정리 비용	273,434	418,933(416,424)
비용/batch	379 77	396 77(481 97)
처리품1개당 비용	0 32	0.33(0.40)

(1)고농도침탄

고농도침탄법은 CD(Carbide Dispersion)침탄법이라고 하기도 하며, 마르텐사이트의 기지에 구상의 탄화물을 분산강화시키는 것으로 마모, 피로 및 고온연화에 대한 저항성이 우수한 기계적 성질을 얻을 수 있다. 처리방법은 크게 두가지로, 하나는 침탄강을 사용 탄소포텐셜을 허용한계 이상으로 유지하고 가열방법을 조절하여 표면 탄소농도를 높이는 방법이다 그리고 다른 한 방법은 Cr등 탄화물을 형성하기 쉬운 원소가 함유된 재료를 이용 탄소포텐셜을 높여 침탄하므로써 표면 탄소농도를 높이는 것이다.

플라즈마침탄은 분위기가스의 안정화시간이 필요없고 순간적인 가스치환이 빠르며, 또한 분류식 가스냉각법을 사용할 경우 자유로운 가열 및 냉각이 가능하다.

한편, 탄화물 형성원소인 Cr의 농도를 높일수록 탄

소농도가 증가하지만, 가스침탄과 같이 기존의 방법에서는 입계산화가 일어나기 쉽기 때문에 수% 정도만 첨가한다 그러나 플라즈마침탄의 경우 입계산화와 같은 우려가 없으므로, 고농도침탄용강 외에 적용가능한 강종으로는 열간금형강(SKD 61 등) 및 고속도강 등도 고려될 수 있다

근래에 자동차부품, 베어링, 건설 및 토목용 기계, 제지용 롤 등 광범위한 산업영역에 걸쳐서 고농도침탄법의 적용이 검토되고 있으며, 앞으로 그 중요성이 크게 증대될 것으로 기대된다

(2)고심도(高深度)침탄

인쇄기, 압연기 등과 같은 대형 베어링에서는 고부하가 걸리기 때문에 3~4mm 정도의 깊은 침탄이 요구된다 이러한 경우 침탄시간의 단축이 중요하지만, 900~950℃에서 처리하는 종래의 침탄법은 수십시간이 필요하다 그러나 플라즈마침탄은 표면탄소농도가 높기 때문에 확산속도가 빨라 동일한 온도에서 20~30% 정도로 처리시간이 단축된다. 그리고 고온조업이 가능하므로 조건에 따라서 50% 이상의 시간단축이 가능하다

(3)난침탄재(難浸炭材)에 적용

종래의 침탄법에서는 분위기가스중 미량 산소에 의하여 생성되는 산화피막이 침탄을 방해하기 때문에 스테인리스강의 경우 침탄이 매우 어렵다 그러나 플라즈마침탄은 Ar과 H_2혼합가스를 이용한 이온충격으로 표면의 산화물이 제거되며, 무산화조업으로 산화되기 쉬운 스테인리스강 및 고망간 비자성강과 같이 침탄이 어려운 재료의 침탄이 가능하다. 그림 4 및 사진 2는 이들 재료의 침탄 예를 나타낸 것이다

근래 전기, 음향, 철도 및 원자력 등의 산업분야에 전자기특성을 활용한 기술이 크게 발전되고 있으며,

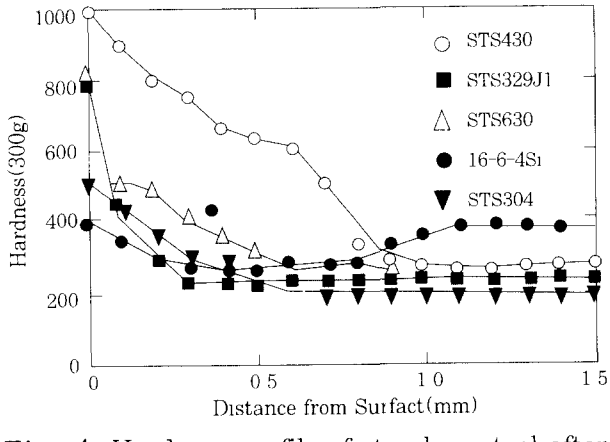

Fig. 4 Hardness profile of stainless steel after plasma carburizing

Photo. 2 Optical microstructure of STS 304 after carburizing

그 구조물의 부품 및 기계부품재료로 비자성강재가 사용되고 있다 일반적으로 비자성강이라고 하면 Ni-Cr계 오스테나이트강이 대표적이지만, 높은 강도를 얻을 수 없고, 경도를 증가시키기 위하여 심한 냉간가공을 하면 자성을 띄게 되는 문제가 있다 그 대체용 강으로 고망간 비자성강이 있다. 오스테나이트 스테인리스강에 비해 강도가 높고, 투자율이 낮으며 또한 내식성이 뛰어남과 동시에 가격이 저렴하기 때문에 적용분야가 확대되고 있다 그 강재의 내마모성을 향상시킴과 동시에 투자율을 저하시키지 않는 표면경화법으로 플라즈마침탄법에 의한 탄화물 분산경화 기술이 적용되고 있다

한편 내식성이 필요한 식품설비 및 자동차 부품, 그리고 내마모성과 비자성재료를 필요로 하는 전자기기나 음향기기 분야의 중요부품에 사용되기 시작하였다

(4)분말소결품의 침탄

가스침탄의 경우 분위기가 대기압이기 때문에 소결품은 중심부까지 침탄이 이루어져 중심부의 인성이 저하된다 또한 Cr, Mn을 함유한 경우 산화되기 쉬우므로 표면층 뿐만아니라 중심부까지 입계산화가 발생하여 기계적성질이 저하되는 결점이 있다 그러나 플라즈마침탄법은 입계산화가 일어나지 않아 Cr-Mn 소결품도 높은 강도를 얻을 수 있으며, 중심부의 인성 및 피로특성을 향상시킬 수 있다 그림 5는 각 침탄법에 따른 Cr-Mn계 소결품의 경도구배를 비교한 것으로 표면경화 목적상 플라즈마침탄이 가장 우수함을 보여주고 있다.

정밀기계 및 자동차부품을 위주로 소결품에 대한 침

탄수요가 늘어나고 있으며, 플라즈마침탄 기술은 소결 기술의 발전과 더불어 앞으로 크게 발전할 것으로 기대된다

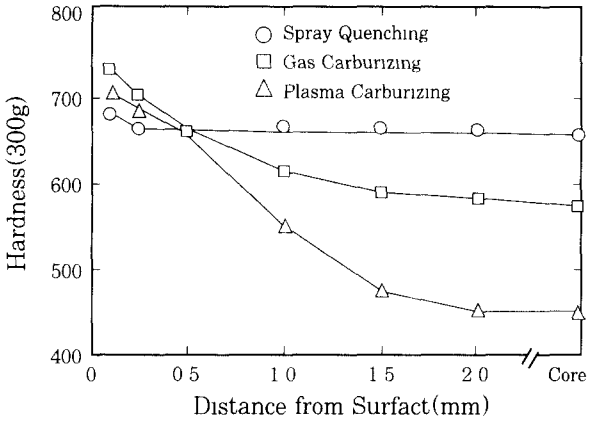

Fig. 5 Hardness profile of P/M part after carburizing process

7. 맺 음 말

플라즈마침탄기술은 종래의 표면경화법으로는 얻기 힘든 구조 및 기계부품의 고품질, 고기능 및 고성능화를 기할 수 있을 뿐만아니라 에너지절감 및 무공해로 환경개선에 크게 기여할 수 있어서, 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 플라즈마침탄기술은 미국, 독일, 프랑스, 일본 및 이탈리아 등을 중심으로 발전되고 있다 외국의 경우 현재 산업현장에 적용이 되고 있으며, 특히 미국에서는 항공기, 중전기 및 자동차 제조회사를 중심으로 실용화되고 있다. 한편, 국내의 경우 플라즈마침탄기술에 대한 중요성은 인식하고 있으나 아직까지 기술을 보유하고 있지 않는 상태이다 그러나 현재 자동차부품의 피로 및 마모특성 개선을 위해 가스침탄부품의 입계산화방지 대책과 고농도침탄법의 적용이 검토되고 있다 또한, 선박엔진, 감속기 기어, 중장비 부품에서 고심도침탄 그리고 스테인리스강 등 난침탄재의 침탄에 대한 기술수요가 발생하고 있으며, 이들에 대한 플라즈마침탄법의 적용이 조만간 이루어질 전망이다.

플라즈마침탄기술은 설비제작기술과 더불어 적용대상 및 응용분야가 다양하여 설비도입만으로는 기술보급 및 응용에 한계가 있다. 따라서, 기술보급을 위한 중장기적인 대책이 조속히 마련되어져야 할 것으로 생각된다

참 고 문 헌

1. 中材雅知, "プラスマ 浸炭窒化 につして", 電氣製鋼 第60卷 4號(1989), p 382
2 B. Edenhofer, " Industrial process, Application and Benefits of plasma Heat Treatment" in International Seminar on Plasma Heat Treatment(1987), p 399
3 변응선, 이건환, 남기석, 권식철, "Plasma Diffusion Treatment에 의한 금속표면경화", 대한 금속학회 회보 제5권 4호(1992), p 375.
4. 米田芳之, "眞空イオソ浸炭 プロセス", 熱處理 19卷 6號(1987), p 363.
5. ヤユブス, "プラスマ 浸炭の實用性", 鑄鍛造と熱處理, 6號(1988), p.39.
6 W Rembges, " Plasma Carbarizing, Applications and Experiences", in ASM International Conf on Nitriding and Ion Carburizing(1987), p 235
7. 中材雅之, "プラスマ浸炭とその應用", 金屬臨時增刊號, 4號(1984), p 48.
8 P Collignon, "Advances in Equipment for Plasma Nitriding and Carburizing", Heat Treatment of Metals, Mar.(1982), p.67
9. 阿久律幸一, "プラズマ浸炭の原理と應用", 熱處理 30卷 6號(1990), p 327
10. 長田幸雄, "プラスマ浸炭", 熱處理 27卷 6號 (1987), p 340.
11. B. Edenhofer, " Opportunities and Limitations of Plasma Carburizing", Heat Treatment of Metals, Jan (1991), p.6