

가스 연질화 기술

정 인 상

경북대학교 공과대학

Gas Nitrocaburizing

In-Sang Chung

Dept. of Metallurgical Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701 Korea

1. 머리말

산업의 고도화에 수반하여 급속하게 진행되고 있는 지구의 온난화, 산성비, 대기오염, 오존발생 및 쓰레기 처리 문제 등 환경보존 문제는 이제 방지될 수 없는 위기에 와 있다. 이러한 위기 상황은 국가나 사회는 물론 이거니와 개인의 입장에서도 진지하게 대책을 강구해야 할 시기에 있음을 말하고 있다.

금속 소재의 열처리와 표면 개질 기술은 한정된 지구 자원을 절약하고, 에너지 사용량을 줄이며 tribology를 통하여 환경보존 문제에 크게 공헌할 수 있는 기술이다. 대부분의 기계부품은 금속 제품이며, 연결부위의 마모가 그 수명을 거의 결정한다. 그러므로 부품의 표면 개질을 통해 마모 특성을 개선시키면 기계의 수명을 크게 연장시킬 수 있다. 그러므로 열처리를 통한 표면 개질의 중요성은 이 마모에 의한 가치를 평가해 보면 알 수 있을 것이다.

여러 가지 표면경화 기술은 옛날부터 마찰 및 마모 향상(억제) 대책으로 개발되었다. 표면개질 기술을 원소의 침투법에만 한정시키면 침탄(浸炭窒化 포함)이 대부분이고 순수한 질화(窒化)는 10%도 되지 않는다. 이것은 침탄이 질화보다 열처리에 의한 변형은 크지만 짧은 시간에 깊게 경화될 수 있기 때문이다. 최근에는 열처리 변형(치수나 모양의 변화)이 작은 기술에 대한 수요

가 증대되어 침탄에 비해 열처리 시 변형이 아주 작은, 질화에 대한 관심이 높아졌다. 이에 따라 질화는 경비가 많이 들 것이라는 인식에서 우선 벗어나야 할 것 같다. 즉 질화는 침탄에 비해 처리온도가 낮고, 게다가 템퍼링이 필요 없기 때문에(경우에 따라 복합열처리로 질화 처리 후 Q/T처리하는 공정도 있다) 에너지 경비가 절반 이하 밖에 필요하지 않다. 또한 냉각도 유냉에서 가스 냉각으로 바꾸면 후세척이 생략될 수 있으므로 그 경비도 줄일 수 있다.

제 2절에서 설명하듯이 질화 기술도 여러 종류가 있다. 여러 질화법 중에서도 가스 연질화는 양산이 가능하고, 무공해 가스를 사용하는 것이므로, 권장할만 한 이용 기술이기 때문에 그 개략을 설명하기로 한다. 우선 금속 소재의 개질을 종류로 분류 정리하면 표 1과 같다. 부품 전체의 특성을 개선시키는 열처리(bulk heat treatment)에는 철강 조직을 정상적으로 유지하기 위한 베이킹(일종의 저온 템퍼링), 시효석출로 강도를 증대시키는 시효, 용질 원소를 강제 고용시키는 용체화 처리, 금속분말을 사용하여 부품을 제조하는 소결, 조직을 표준공냉 조직과 같이 만드는 노말라이징, 내부 응력 등을 제거하는 어닐링, 퀸칭(담금질)과 템퍼링(풀림) 등이 포함 될 수 있다. 반면에 전체가 아닌 필요한 표면 부위만 처리하는 표면 열처리에는 표 1에 있는 대로 여러 방법으로 표면의 조성을 바꾸거나 상변태를 확

표 1. 금속 소재 개질의 종류

전체 열처리 조성은 일정하나 조직의 변화나 상변태를 활용	표면열처리 표면 부분만 조성을 바꾸거나 상변태를 일으켜 조직을 변화
baking(베이킹), aging(시효), solution treating(용체화), sintering(소결), normalizing(표준화), annealing(풀림), quenching(담금질), tempering(뜨임)	PVD(physical vapor deposit), CVD(chemical vapor deposit), Thermal spray(용사), Laser(레이저) 퀸칭 고주파 열처리, Bluing(선재의 시효처리), boronizing(보론처리), 침탄(류) 처리, 질화처리, 탈탄처리, 침탄처리

용하는 방법이 이용되고 있다.

2. 질화의 종류^[1]

현재 실용화되어 있는 질화법은 표 2에 분류해 놓은 것 처럼, 옛날부터 해 왔던 가스 질화 외에 염욕 질화, 가스 연질화, 플라즈마(이온)질화, 침황질화, 산질화가 있다. 질화처리의 특징은 침탄과는 달리 A1 변태점 아래, 즉 페라이트 영역(온도)에서 처리함으로써, 전처리에서 미리 응력을 제거하면, 처리에 따른 변형 발생이 아주 작고, 이의 교정도 쉬우므로, 치수정밀도가 높은 기계부품이나 공구의 내마모성 개선에 아주 유리한 점이다. 특히 처리과정 중 부품의 변형이 작은 것이 특징이므로 그 이용이 점차 확대되는 경향이 있다. 그림 1에는 기계적 강도 향상과 열처리 시의 변형의 크기에 대한 침탄과 질화 표면처리의 특성을 비교한 것이다. 지금은 연질화보다는 강도가 크고, 가스 질화보다는 작은(경비가 너무 많이 소요되므로), 새 목표라고 되어 있는 강도와 변형의 크기가 얻어지는 열처리 법이 여러 부품에 요구되는 시점이기도 하다.

질화 처리에서 표면 근방에 생성되는 화합물층이 비금속적인 성질을 가지기 때문에 상대측 부품과의 마찰에서 용착이나 용착이 일어나기 어려워 내마모성과 동시에 내소착성(耐燒着性)이 우수하다. 또한 질화 처리 시에 표면에 압축잔류응력이 생겨 피로한도가 개선된다. 동시에 치밀한 화합물층이 산화성분위기와 직접 접촉을 방해하여 내식성이 개선되는 특징도 있다.[2]

표 2에서도 알 수 있는 것처럼 강재의 표면에 주로 이용되는 원소로는 탄소C, 질소 N, 보론 B, 유황 S, 산소 O임을 확인할 수 있다.

3. 가스 질화와 가스 연질화^[3]

가스 질화와 가스 연질화는 어떻게 다른가? 종래의 가스 질화는 침탄법을 대체하여 강도와 정밀도가 더욱 크게 요구되는 부품에 시행하며, 질화강(SACM645), 다이스강(SKD61) 등 고급재료에 사용한다. 처리시간이 25-100 hrs의 장시간이 소요되며, 따라서 경화층의 깊이가 깊고, 표면경도도 높다. 반면 가스 연질화는 가벼운 기분으로 약간의 표면 성능 개선이라는 뜻이 강하여,

표 2. 각종 질화법의 비교

분류	경화층(mm)	표면경도(Hv)	질화제	질화온도(°C)	장점	단점
가스 질화	화합물층 최대0.03 화산층 최대 0.6	고합금강 (1000-1200)	HN ₃ (암모니아가스)	520-530 550-590	높은 경도, 내마모성 피로강도	백층 연마 제거, 장시간소요, 전용 강종이 필요
염욕 질화	화합물층 최대 0.04 화산층 최대 0.4	탄소강 (400-600) 합금강 (600-1200)	CN염 CNO염	550-580	단시간, 내소착성, 피로강도, 모든 강에 적용가능, 설비비 적음, 어떤 형상도 적용	배수처리에서 CN ⁻ 제거대책
가스 연질화	화합물층 0.02 화산층 0.004	"	RX가스 CO ₂ NH ₃	550-600	내마모, 내소착성, 피로강도, 내식성, 물처리 대책불필요	설비비가 비쌌 오스테나이트강에 부적당
플라즈마 질화	화합물층 최대 1/1000화산층 최대 0.4	"	N ₂ + H ₂	350-600	질화성 양호, 넓은 조건 설정가능, 화합 물층이 양호	형상과 크기 제한, 급냉이불가능, 양산 곤란
염욕 침황질화	화합물층 최대 0.04 화산층 최대 0.4	"	CN염+ 금속황화물	560-570	내소착성	배수 처리 설비 필요
가스 침황질화	화합물층 최대 0.02 화산층 최대 0.5	탄소강 400-700 합금강 700-1200	NH ₃ CO ₂ N ₂ X가스	400-620	내마모, 내소착성, 피로강도, 내식성, 제진성, 스테인리스 강에 적당	침황 가스 공급장치 및 배기 가스 설비 필요

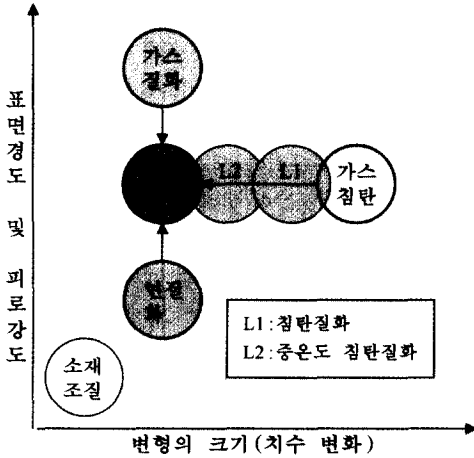


그림 1. 표면경화법과 열처리 변형과의 관계

탄소강 등 저급재료에 사용하는 예가 많다. 처리시간이 대부분 1.5-2.5 hrs 이내이고, 따라서 확산층보다는 화합물 층이 대부분이고, 경화층 깊이는 얇으며, 표면경도도 가스 질화 보다 낮다. 표 3은 가스 질화법과 가스 연질화의 특성을 비교한 것이다. 연질화란 영어의 Nitrocarburizing을 일본에서 번역한 용어로서 질화와 침탄 반응이 동시에 진행되는 처리이므로 엄밀하게는 질화만 일어나는 가스 질화와는 본질적으로 다르나 처리 공정이 유사하므로 같은 분류로서 취급한다.

그러나 최근에 자동차 회사 또는 공작기계 회사에서 질화처리로서 표면 경도 Hv 700-800, 내부경도 Hv 200-300, 처리시간 5-10 hrs을 만족하는 처리법과 사용되는 재료로서 SCr, 또는 SCM 기본으로 하고 신속치

리가 가능한 질화강은 없을까 하는 요구가 있다고 한다. [4] 이것은 열처리 시 변형이 작은 질화로서, 가스 질화 보다는 경화층 두께가 얇으나, 가스 연질화보다는 경화층이 두꺼운 것을 요구한다는 의미이다. 이를 가스 침탄과 비교하여 열처리 시 발생하는 변형의 크기와 얻을 수 있는 경도를 이해하기 쉽도록 모식적으로 비교한 것이 앞서 설명한 그림 1이다. 그러므로 부품에 요구되는 특성에 따라 여러 질화법 중 가장 효율이 좋은 방법을 적용하여야 될 것이다.

최근에는 연질화 후 추가적으로 여러 방법으로 퀴칭 및 템퍼링(Q/T) 또는 산화처리 하는 복합 열처리를 시행한다. 자동차, 유압 및 기타 기계 부품에는 저급(低級) 강재를 사용하여 내마모성과 내피로성을 향상시키는 수단으로 복합열처리[5-6]가 널리 이용되었다. 그 처리법의 노하우는 각 기업이 공개하지 않으며, 독자적으로 부품의 기능에 따라 다른 열처리 공정의 연구를 진행, 개발하여 왔다.

연질화 후 여러 방법으로 퀴칭하는 복합열처리는 강재 중에 질소를 침투시킨 뒤 표면을 마르텐사이트 조직으로 만들므로써 고급강재와 맞먹는 기계적 특성을 얻는 것이다. 최근에는 열처리 대상 강재가 고급합금강에서 저급 합금강으로, 다시 탄소강으로 넘어오는 등, 자원의 절약(합금강에 첨가하는 원소 절약과 제조공정에너지)과 경비 절감에 기여하여 왔다.

4. 가스 연질화법

가스 연질화는 1966년 GM에서 자동차 부품에 실용

표 3. 가스 질화와 가스 연질화 비교[3]

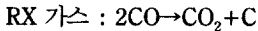
질화법	가스 질화	가스 연질화
재질	고급강 SACM, SKH, SKD, SCM, SUP	저급강 SPC, 탄소강, 주철, STKM
목적하는 조직	확산층과 Al, Cr과 N화합물층 (Fe-Al-N, Fe-Cr-N)	화합물층 Fe와 N 화합물 (Fe ₃ N, Fe ₄ N)
경화층 깊이	깊다 0.1~0.3mm	얕다 8~15 um
표면경도	높다 Hv 700~1200	낮다 Hv 400~700
처리시간	길다 25~100시간	짧다 90~150 분
용도	단발 부품 금형종류, Drive-shaft, eject-turbine, cam	양산 부품 OA부품, 자동차부품, 미싱부품

화된 기술이다. 당시에는 대량 생산면에서 그 생산성, 품질의 안전성 등 많은 문제가 있었으나 현재는 거의 해결되어 공해가 없고, 에너지 절약형이며 품질관리가 비교적 쉽다는 점에서 batch형, pit형 연속형 가스 연질화가 가동되고 있다.

4.1. 가스 연질화의 종류^[7]

가. (NH₃+RX)법

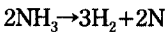
최초 개발된 가스 연질화는 NH₃와 CO를 주 성분으로 하는 흡열반응형 변성가스 (RX가스)의 혼합분위기에서 부품을 Fe-N계 상태도의 A1 변태점이하 500-600°C 온도에서 90-180 min 가열한다. 그러면 질소와 탄소가 동시에 표면으로 침투된다. 이때 표면에는 다음 반응이 일어 난다.



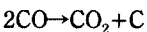
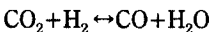
그 결과 소재 부품의 표면에는 8-15 μm의 Fe(N, C), Fe₃N으로 구성되는 철의 탄질화물과 그 내부에 0.3-1.0 mm의 두께의 질소 확산층이 형성된다.

나. 질소 베이스법^[8]

이 방법은 NH₃, N₂, CO₂의 이용 조합으로, NH₃+N₂, NH₃+N₂+CO₂, NH₃+CO₂의 세 종류로 분류된다. 주 반응은 그림 4와 나타낸 것처럼 NH₃가 부품표면에서 분해되면서 철표면으로 침투하는 반응이다.



함께 일어나는 부 반응으로는 소량(전 가스의 3-5%) 첨가되는 CO₂와 H₂가스에서 CO와 H₂O가 생성되는 수성반응과 발생된 CO의 C화 반응이다.



CO₂를 첨가하면 RX가스를 사용하지 않고도 침탄이 가능하게 되는데, 이것은 부품 표면에 부착하여 질화를 방해하는 H₂를 제거 시키므로, 질화가 촉진된다. 그러나 NH₃와 N₂로만 된 혼합 분위기에서는 질화 반응만 일어난다.

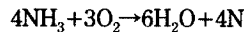
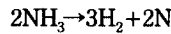
NH₃와 N₂로만 된 혼합 분위기에서는 질화 반응만 일

어나므로, 엄밀하게는 연질화라고 부르기가 어려우나 편의상 포함 시킨 것이다.

다. 산질화법^[9]

산질화법에는 질화가스 중에 O₂를 첨가하여 질화층에 산화물을 형성시키는 산소첨가법과 질화후에 표면에 산화층을 형성시키는 복합 처리법이 있다.

H₂O를 첨가하는 Rogalski법은 고속도강의 질화에서 개발되었으나 현재는 그 대신 TiN피막을 형성시키는 PVD법으로 대체되고 있다. 공기를 첨가하는 닛산 NN법은 Nissan 자동차에서 개발한 것으로 NH₃에 공기를 2-5%(탄소강이면 2%, 저합금강이면 5%) 첨가하여 500-600°C(일반적으로 570°C)에서 30-180 min처리한다.

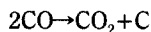
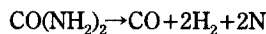


미량의 O₂에 의해 NH₃의 분해가 촉진되어 발생기 질소가 증가하는 까닭에 효과적인 질화법이다. 게다가 첨가되는 O₂와 분위기중의 H₂가 산화와 환원이 반복되면서 표면의 결정격자 스트레인이 질화 반응을 촉진시킨다.

가압질화법(小川法, 오가와법)은 NH₃을 7 kg/km²의 압력으로 노 내에 충전하여 520°C에서 3 hrs 질화시킨 후, 노내의 NH₃을 배기한 뒤, 수증기를 보내 520°C, 30 min간 가열하여 표면을 산화시키는 방법이다. Nitrotech법은 독일의 Lukas사에서 개발한 것으로 550-720°C에서 가스 연질화 후, 표면을 순간적으로 산화시키는 방법으로, 연질화와 산화의 복합처리이다.

라. Unizov법

요소 (CO(NH₂)₂) 정제(덩어리)를 적정량만큼 연속적으로 노내에 투입하여 이것의 열분해로 생기는 질화성 분위기를 이용하는 방법이다.



요소의 융점은 132°C이고, 이 온도에서 암모니아가 분해되어 발생기의 N과 C가 동시에 발생한다. 가스 연질화 중에서는 질화가 잘 되는 방법의 하나이다. 간편하지만 가스 조성이 고정되어 질소농도의 제어가 어려운 결점이 있다.

4.2. 질화의 원리와 기구

가스 질화는 발생기 질소를 강 중에 확산시켜, 퀴칭을 하지 않고 표면을 경화시키는 방법이다. 강재에 대한 질화처리법은 1923년 독일의 A.Fry가 Al이나 Cr이 포함된 강을 암모니아(NH₃) 가스 중에서 500°C 전후로 가열하였더니 그 표면에 단단한 질화층(CrN, AlN)이 형성되었다는 보고 이래 약 80년의 역사를 가지고 있다. 그 후 이에 관련된 연구가 계속되어 질화강 자체의 개량과 질화방법의 개발이 진행되어 왔다. 그 중 염욕 열처리법, 가스 질화법, 이온 질화법과 이와 관련된 복합 열처리법이 중요한 위치를 차지하게 되었다. 가스 질화법은 특별히 한정된 조성의 강재에만 적용될 수 있으며,

50~100 hrs란 긴 시간이 필요하다. 또 표면에 백색의 단단한 Fe₂N이 형성되어 처리 후 연마가 필수적인 결점을 가지고 있기 때문에 점차 그 이용이 줄고는 있으나, 특별히 용도에 맞는 부품에는 아직도 많이 적용되고 있다. 질화처리된 강의 성질을 판단할 때는 Fe-N계와 Fe-N-C계의 상태도가 반드시 필요하다.

그림 2는 Fe-N계 평형 상태도이다. Fe-N-C계 3원상 상태도는 Fe질화물이 고온에서 불안정한 까닭으로 측정이 어려웠으나, 80년대 초 독일에서 565~700°C상태도가 발표되어 유익하게 활용되고 있다. 그림 3은 그 일부이며 580°C근처의 상태도이다. Fe-N계는 590°C에서 γ -Fe (α -Fe+ γ (FeN))의 공석 변태가 일어나고, 그 조성은 브라우나이프(Braunife)라고 한다. Fe-N-C계 삼원 공석 온도는 565°C, 1.8% N, 0.35% C이며, N의 증가에 의해 γ 영역의 온도가 내려가고, 급랭하면 γ 영역은 아래에서 마르텐사이트 변태가 일어난다.

상태도를 보면 질화 온도에서 질소의 고용한도는 0.1% 이하이다. 표면의 질소농도가 0.1%를 넘게 되면 γ 상(Fe₄N)이 형성되고, 다시 표면농도가 6%를 넘게 되면 ϵ 상(Fe₂N)이 형성된다. γ 상은 fcc구조이고, ϵ 상은 hcp구조이므로, $\gamma \rightarrow \epsilon$ 변태에는 어느 정도의 시간이 필요하므로 대개의 처리에서는 두 상이 공존하게 된다.

광학현미경으로 보면 이 두상은 나이탈과 같은 부식액에는 부식되지 않으므로 흰게 보이며, 이를 백층 또는 화합물층이라고 부른다. 질화가 더욱 진행되어 표면의 질소농도가 11%를 넘게 되면 δ 상(Fe₂N)이 생긴다. 이

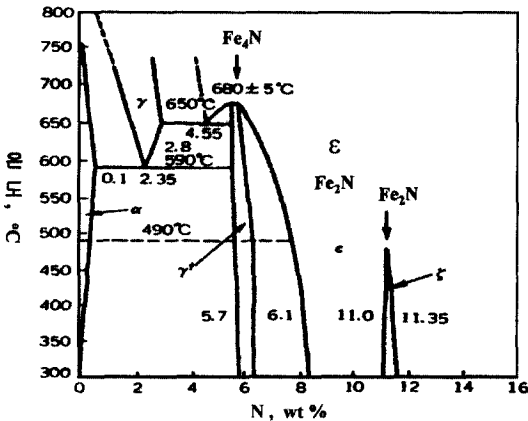


그림 2. Fe-N₂계 이원상태도

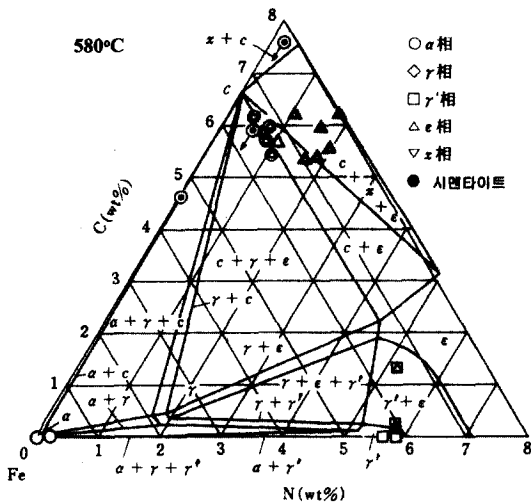


그림 3. Fe-N-C 삼원계 상태도(580°C)

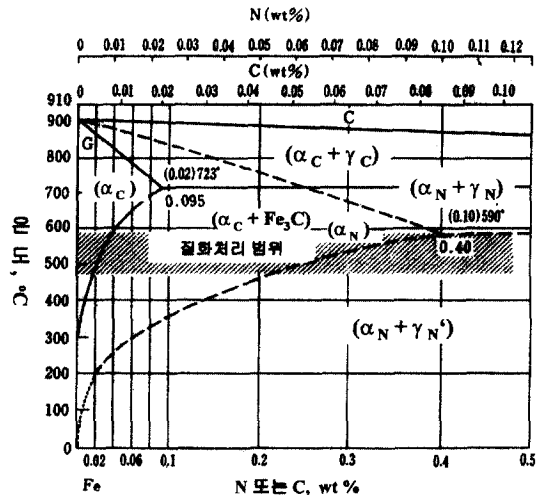


그림 4. γ -Fe에 대한 N과 C의 용해도.

상은 아주 취성이 강하므로 그 생성을 반드시 억제해야 한다. 화합물이 성장함에 따라 질소는 더 안쪽으로 확산하며, 강 중에 질소와 친화력이 강한 Al, Cr, Ti, V, Mo 등 원소와 반응하여 질화물을 만들고, 그 화합물에 의해 모상에 스트레인 경화가 일어나서 화합물층과 확산층 자체를 경화시킨다.

그림 4는 Fe-C계의 γ -Fe 에 대한 N과 C의 용해도를 비교한 것이다. 공석온도에서 γ -Fe에 대한 N용해도는 0.1wt%, Fe-C계에서의 N용해도는 0.02 wt%로 극히 낮다. 또 온도가 내려가면 이 용해도는 급격하게 감소하여 마치 시효경화 처리하는 Al합금과 비슷하다. 따라서 570°C부근에서 탄소강을 경화처리 후 급냉시키면 경도가 상승하고, 피로한도도 증가하게 된다. 또 550°C에서는 ϵ 중에 최대 3.8% C를 고용하게 되므로 ϵ 에 고용되는 N의 농도가 떨어진다. 따라서 낮은 N에서도 ϵ 의 생성이 쉬워진다. 연질화할 때 C가 있으면 질화물의

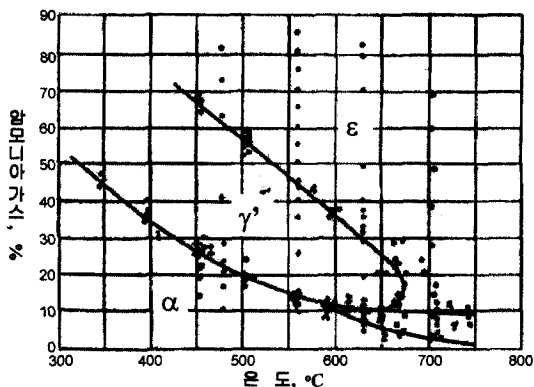


그림 5. $NH_3 - H_2$ 혼합비와 Fe-N계 조직관계

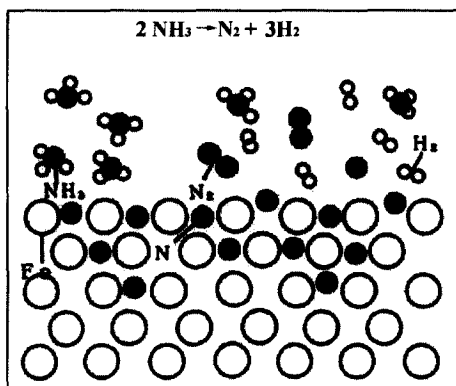


그림 6. 암모니아에 의한 질화 기구 개념도

성질에 영향을 미치고, 그때 생성되는 화합물은 ϵ 탄질 화물(carbonitride)이 된다. 반면에 γ 은 거의 C를 고용하지 않고 680°C 이상에서는 존재하지도 않는다. 그림 5는 가스 NH_3 와 H_2 혼합비에 따른 Fe- N_2 계 조직 평형 상태도를 나타낸 것이며, 그림 6은 암모니아에 의한 질화 반응 기구 개념도이다.

4.3. 질화의 효과

기계 부품의 질화처리 목적은 내구성 향상이다. 고온에서 처리하지 않고 Al 변태온도 이하에서 처리하기 때문에 변형(뒤틀림과 치수 변화)이 작고, 표면에 형성된 확산층과 화합물층에 의한 특히 내마모성이나 내피로성 등 동적인 기계적 성질의 개선이다.

가. 내마모, 내마찰성

소위 질화강이라 부르는 Al, Cr, Ti, V, Mo 등 합금 원소가 들어있는 구조용 합금강 혹은 다이스강이나 스테인리스강, 고 Cr 합금강에서는 질화처리를 함으로써 표면경도가 Hv 1000 또는 그 이상으로 증가한다. 따라서 내마모성 향상에 아주 유효하다.

한편 탄소강이나 저합금강은 질화에서도 큰 정도는 얻기 힘들다. 그러나 표면에 형성되는 화합물층(백층)이 마찰, 마모에서 상대측과의 용착, 용착(소착성)을 억제하며, 내마모성이 개선된다. 내마모성이 개선에는 두 가지 평가가 가능하다. 하나는 질화에 의한 경화층의 생성, 다른 하나는 비금속인 $\epsilon(Fe_2-3N)$, $\gamma(Fe_4N)$ 등 화합물의 생성에 의한 것이다.

나. 내피로성

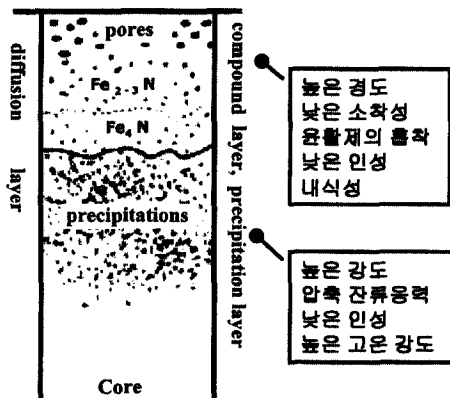


그림 7. 질화층에 나타나는 여러 조직의 특성

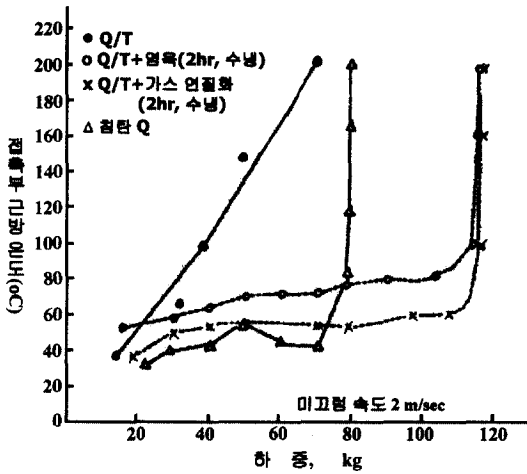


그림 8. 소착성 시험결과(Friction 마찰)

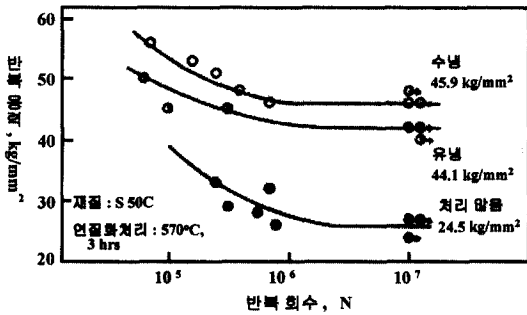


그림 9. 연질화 처리품의 피로강도(냉각방법), U-notch $\alpha_K=1.78$

피로에 의한 파괴는 대부분 최대인장응력이 반복하여 발생하는 표면에서 균열이 발생한다. 그 균열이 전파되면 파괴된다. 질화로서 피로특성이 개선되는 것은 질소의 확산층에 기인된다. 즉 확산층의 깊이와 경도가 중요하게 된다.

확산층의 깊이는 처리시간의 제곱근에 비례하기 때문에 설계조건에 적합한 처리의 설정이 중요하다. 재질이 S50C(Q/T)인 크랭크 샤프트의 피로시험 결과에 따르면 가스 질화하면 내구성이 1.5배 향상되고, 피로강도도 1.3-2.0배 정도 향상된다. 탄소강의 경우 가스냉각보다 유냉이 피로강도가 10-15% 향상되나 가스냉각은 후세척이 필요 없다는 장점이 있다.

다. 내식성

가스 연질화는 부품표면에 생성되는 화합물층에 내식성이 있는 것으로 알려져 있으나 화합물층 단독으로는

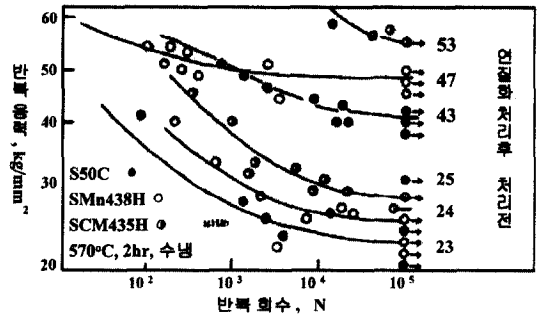


그림 10. 연질화 처리품의 피로강도(재질영향), U-notch $\alpha_K=1.78$

그림 11. 질화와 산화의 표면층 단면 조직 비교

그렇게 내식성향상이 되지 않는다. 내식성을 높이기 위해서는 Nitrotech 처럼 가스 연질화와 산질화의 복합처리를 하던가, 화합물층 표면에 방청유를 침투시킬 필요가 있다. 스테인리스강을 질화 처리 하면 도리어 내식성이 떨어진다.

4.4. 주의 사항

가. 표면상태

금속의 표면에는 그림과 같이 다소간의 오물, 흡착분자층, 산화층, 가공 변질층이 존재한다. 그러므로 처리의 전공정을 분명히 관리할 필요가 있다. 예를 들면 앞선 공정에서 수용성 절삭제나 방청유가 사용되었으면 부품표면에 Si등의 무기물이 잔류하기 때문에 수용성 세척제로서 세척하지 않으면 질화에 편차가 크게 생긴다.

나. 치수변화^[7,10]

화합물층이 두꺼워지면 치수가 커진다. 이들 사이에는 직선관계가 성립하므로 미리 예상하여 가공할 필요가 있다.

다. 노내 산화

노내 내열강이 산화되면, 그 산화물이 암모니아 분해의 촉매가 되어 경시 변화(시간이 지나면 성질이 바뀌는 현상)의 원인이 되므로 그것을 피해야 된다. 그림 11은 철의 질화와 산화에서 표면에 형성되는 조직의 개념을 비교한 것이다. 생성 상만 다를 뿐 아주 비슷한 것을 알 수 있다.

라. 화합물층 두께

옛날에는 가스 연질화에서 특성의 편차를 줄이기 위해 화합물층의 두께를 10-20 μm 로 요구하였다. 그러나 요

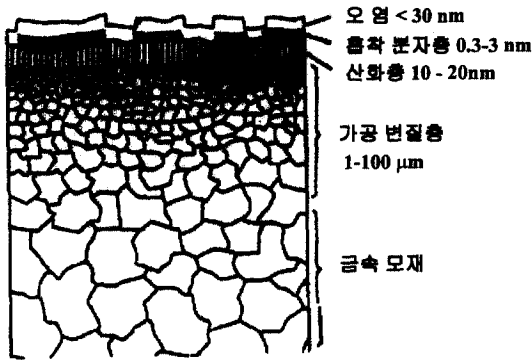


그림 12. 금속의 표면

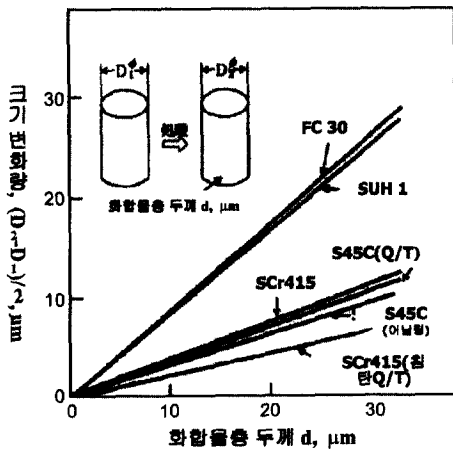


그림 13. 화합물층의 두께와 치수변화

즘은 그 편차를 엄격히 관리하는 편이다. 예를 들면 두께 8-10 μm 로 굉장히 까다로운 조건을 제시하는 것이다.

마. 칼이나 공구의 질화

칼이나 공구의 질화에는 화합물 층이 생기지 않고 확산층만 10 μm 정도 형성되도록 경화시킬 필요가 있다.

바. 쾌삭강의 질화

쾌삭강(Pb, Te 등)의 가스 연질화는 아주 어렵다. (거의 불가능) 그 이유는 가열하면 질삭성 향상을 위해 첨가한 낮은 용점의 Pb 나 Te 등이 용해하여 표면을 덮게 되고 이것이 표면의 질화를 방해 하기 때문이다.

사. 소결부품

소결부품의 가스 연질화는 신중하게 검토하여야 한다. 특히 밀도 7이하의 부품은 Porous 함으로써 내부까지 질화되어 팽창하거나 취성이 생겨 이용할 수 없다. 이 때는 균질화 처리 후 표면만 질화 처리 하도록 한다.

아. 난질화강의 질화^[10]

SUS303, SUS304 등은 가스연질화가 거의 불가능하다. 그것은 표면에 부동태 피막이 생기는 것보다 승온 과정에서 미량의 O₂, H₂O가 표면을 산화(표면의 산화층은 푸르게 나타난다)시켜, 이것이 질화를 방지하기 때문이다.

자. 질화강

SACM645, MAC24 이외에 최근에는 SCr420, SCM435에 Al과 V을 첨가한 재료가 개발되어 있다. 질소와 친화성이 큰 Al과 V이 포함된 강은 질화 처리 효과가 크다.

4.5. 응용 예

가. 자동차부품

캠(샤프트, valve lift, engine valve(intake), oil pump drive shaft, clutch hub, trocon reverse ring gear, crank shaft, thrust washer, piston ring, shim 등

나. 금형

열간단조, Al압출형, Al다이캐스트 금형, 프라스틱 금형, 고무형

다. 유압부품

각종 pump의 plate류, valve sheet, pump body, piston ash, shaft, piston gear, 유압실린더의 crank shaft, 사출성형기의 piston cylinder, 유량계 고정축, gear 등

라. 전기부품

TV, 복사기, printer, 세탁기, 전산기, stereo-roller, lever, shaft ring, housing 등

5. 마무리

이상으로 가스 연질화의 원리와 특징을 가스 질화와 비교하여 설명하였다. 앞으로의 표면 개질은 “저온화, 가스화, 복합화”로 진행될 것이다. 가스 연질화 후 산화 처리, Q/T등과도 결합시킬 수도 있을 것이다. 따라서 응용 범위가 확대될 것이며, 무엇보다도 작업자가 연질

화의 원리를 잘 이해하고 있어야만 소기의 목적을 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1.鈴木伸一, 谷健二: 熱處理, 32(1992)262.
- 2.竹内榮一, 藤木榮: 熱處理, 20(1980)233.
3. H. Kabasawa: 熱處理, 39(1999)139.
- 4.池永勝: 熱處理技術, 日本金屬press工業出版會, (1988) p. 13-17.
- 5.菊池正夫: 日本熱處理技術協會, 第16回學術講演大會豫告集, (1983), p.61.
- 6.三輪能久, 外: MAZDA技報, 8(1990)130.
- 7.橋本龜太郎: 熱處理, 14(1974)212
- 8.松井勝幸, 外: 鑄鍛造と熱處理, 33(1990) p.41.
- 9.松本伸: 鑄鍛造と熱處理, 36(1993) p.43.
- 10.鈴木伸一, 外: 熱處理, 32(1992)262.
- 11.佐佐木敏美, 外: 熱處理, 37(1997)168.