

浸炭性 GAS 雰圍氣에 의한 内部酸化와 表面異常層

Internal Oxidation and Abnormal Structure on the Surface under Carburizing Gas Atmosphere

孫明津 · 尹英守
現代自動車 MTM 生産部 熱處理課

1. 緒論

金屬을 高温에서 酸化시킨 경우 表面에 溶媒金屬의 酸化物이나 溶媒金屬과 合金元素와의 複合酸化物이 形成되는 것은 알려져 있는 사실이다. 이들을 酸化皮膜이라 부른다.

어떤 類의 合金에서는 이 酸化皮膜과 合金사이의 合金元素의 酸化物이 溶媒金屬中에 分布한 領域을 形成하는 수가 있다. 이 現狀은 溶媒金屬은 酸化되지 않고 合金元素만이 酸化된 우선 酸化현상으로 内部酸化라 부르며 内部酸化된 領域을 内部酸化層이라 부른다. 이에 對해 前者는 外部酸化(層)라 부른다.

本 解説에서는 이 内部酸化가 일어나는 機構와 이에 따른 機械의 性質의 低下에 對한 對應策에 對해 서술하고자 한다.

2. 本論

2-1. 内部酸化의 發生條件

金屬材料에 있어서의 内部酸化는 銅合金에 있어서 가장 잘 알려져 있으며 鐵系의 内部酸化에 對해서는 비교적 문헌이 적으나 몇가지 연구가 있다. 이들 研究에서 들고 있는 内部酸化 發生條件은 다음과 같다.

- (1) 素地 金屬中의 어느 정도 산소용해도가 있을 것.
- (2) 素地 金屬中의 酸素의 擴散速度는 合金元素의 擴散速度보다 빠를 것.
- (3) 素地 金屬보다도 酸素親化力이 강한 合金元素를 함유하고 있을 것.
- (4) 素地金屬의 外部酸化는 内部酸化가 일어나는 層을

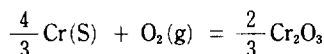
파괴할 정도로 빠르지 않을 것.

(1)의 條件에 對해서는 철에 있어 酸素의 용해도가 0.4~0.007%라고 報告되어 있다. 이같이 溶解度의 幅이 넓은 것은 측정된 鐵의 純도가 낮고 실험기술이 不備한 때문이며, 最近의 研究에 의하면 0.001%이하로 되어 있다. 강은 낮기는 하나 酸素固溶限을 지녀 (1) 條件은 만족된다고 할 수 있다.

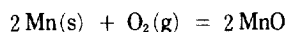
(2)의 條件에 對해서는 鋼中의 酸素의 擴散에 對한 정확한 DATA가 없는 狀態이다.

(3)의 條件에 對해 언급하기 前에 熱力學的으로 内部酸化를 검토해 보자. 우선 순수한 金屬 M(가정하여 2가라 한다.)이 酸素 O₂와 反應하여 MO를 形成하는 酸化反應을 생각한다.

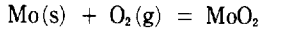
이 反應이 平衡狀態로 있을 때 活量의 기준을 순수물질로 하면 M, MO의 活量은 1이 되고 酸化物의 標準生成自由 ENERGY $-\Delta G^{\circ}$ 와 平衡酸素분압 PO₂와의 사이에는 $\Delta G^{\circ} = RT \ln PO_2$ 의 관계가 成立한다(여기서 T, R은 각각 절대온도, 기체정수이다). 분위기 중의 酸素分壓이 이 평형산소분압보다 높을 경우에는 이 金屬은 酸化되나, 반대로 낮을 경우에는 酸化되지 않는다(Ellingham Diagram 참조). 되돌아와서 鋼中의 合金元素中 Mn, Cr, Si 등의 純金屬의 酸化物 生成 ENERGY에 對해 檢討하면 900°C에서 다음과 같다.



$$\Delta F_{0, 900^{\circ}\text{C}} = -132,500 \text{ cal/mol}$$

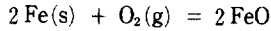


$$\Delta F_{0, 900^{\circ}\text{C}} = -143,000 \text{ cal/mol}$$

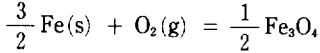


$$\Delta F_{0.900^\circ\text{C}} = -91,700 \text{ cal/mol}$$

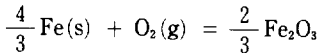
또, Fe 와 O 親化力은



$$\Delta F_{0.900^\circ\text{C}} = -19,100 \text{ cal/mol}$$



$$\Delta F_{0.900^\circ\text{C}} = -88,750 \text{ cal/mol}$$



$$\Delta F_{0.900^\circ\text{C}} = -82,900 \text{ cal/mol}$$

이며, Cr, Mn, Si 는 Fe 보다도 酸素親化力이 크나 Mo 는 Fe 와 큰 차이가 없다. 上記의 事實에서 鋼中の Mn, Cr, Si 는 Fe 보다도 먼저 선택적으로 酸化할 可能性은 크다.

(4)의 條件에 對해서는 GAS 浸炭雰圍氣는 鐵(Fe)에 對해 환원성, 침탄성이며 外部酸化는 당연히 發生되지 않는다(2-2. 浸炭雰圍氣와 内部酸化참조). 그러나 鐵(Fe)에 對해 환원성의 CO/CO₂비도 다른 合金元素에는 다르게 될 것이고 또 CO가 分解時에 發生하는 O의 potential이 높으면 충분히 内部酸化發生을 위한 酸素供給源이 될 수 있다.

2-2. 浸炭雰圍氣와 内部酸化

가스침탄은 通常 空氣와 천연가스, LPG 혹은 도시가스의 연소조절에 의해 生成된 흡열성 變성가스를 使用하여 900~950°C의 溫度범위에서 行해진다. 천연가스로 제조된 흡열성 分위기를 예로 생각해 보면 그 組成은 다음과 같다.

- H₂ : 40%
- CO : 20%
- CH₄ : 0.46%
- CO₂ : 0.27%
- H₂O : 0.77% (노점 : +4°C)
- N₂ : Balance

위의 組成 GAS는 925°C에서 鐵에 對해 약 0.4%의 Carbon potential을 지닌다. 이 흡열성 GAS에 탄화수소 GAS 첨가로 적절히 補強하여 鋼部品에 최적의 표면탄소량으로 침탄시키는 실제 침탄작업이 行해진다.

구성 GAS를 보면, 흡열성 分위기는 基他 金屬인 鐵을 환원시킨다. 그러나 鐵보다 酸素에 對해 더 큰 親化력을

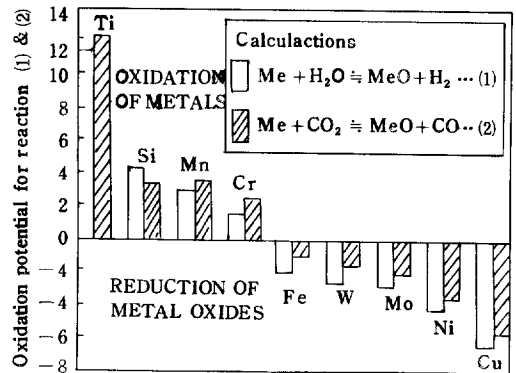
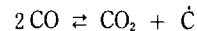
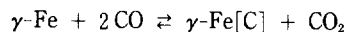


Fig. 1. 흡열성 分위기에서의 鐵 및 合金원소의 酸化能. (흡열성 分위기 GAS의 조성: 40% H₂, 20% CO, 1.5%CH₄, 0.5%CO₂, 0.28% H₂O, 37.72% N₂)

갖는 鐵內的 合金元素에 對해서 이 흡열성 分위기는 잠재적으로 酸化性이다. 흡열성 分위기 中에서 저해 GAS는 H₂O와 CO₂이다. 分위기 中の 산화성 및 환원성 GAS의 分壓比, 즉 P_{H₂O}/P_{H₂}와 P_{CO₂}/P_{CO}에서 강에 合金用으로 使用된 主元素의 酸化能(OXIDATION POTENTIAL)이 도출된다. 930°C온도에 對해 Kozlovskii에 의해 계산된 결과를 Fig.1에 나타낸다. 이 그림에서 보면 검토대상 원소중에서 Ti, Si, Mn, Cr이 산화성인 반면 Fe, W, Mo, Ni 그리고 Cu는 환원성이다. 이것은 固溶體內的 結合되지 않은 元素를 말한다. 또, 침탄시 一般적으로 다음의 反應이 일어난다고 할 수 있다.



鋼材의 表面에 있어서



이 反應으로 침탄한다고 생각하면 鋼材의 表面은 CO₂ GAS가 풍부하므로 이런 元素들의 酸化는 더욱 용이하게 된다고 생각할 수 있다.

2-3. 表面異常層(不完全硬化層)

現在 公業적인 침탄법으로서는 가스침탄법이 널리 利用되고 있으나 雰圍氣 GAS中에는 H₂O, CO₂등의 산화성 GAS가 존재하고, 탄소가 鋼中에 침입하는 과정에서 필연적으로 表面의 Si, Mn, Cr 등 Fe보다도 高温酸化하기 쉬운 원소가 산소와 結合하여 粒界狀의 氧化物로서 析出한다. 그 결과 입계산화물의 주위에는 合金元素가 국부적



Photo.1. Micro structure of surface defects nital etch ($\times 1000 \times 0.8$).

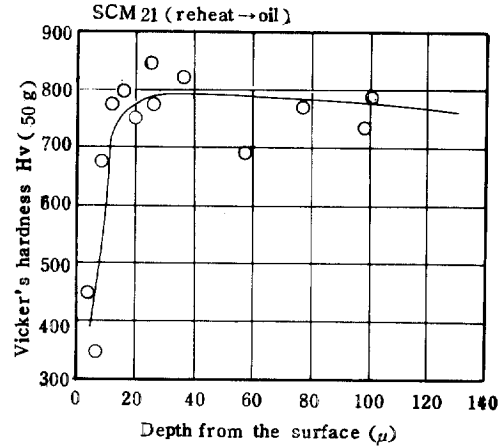


Fig. 3. 試料의 硬度分布(기본하중=50g)

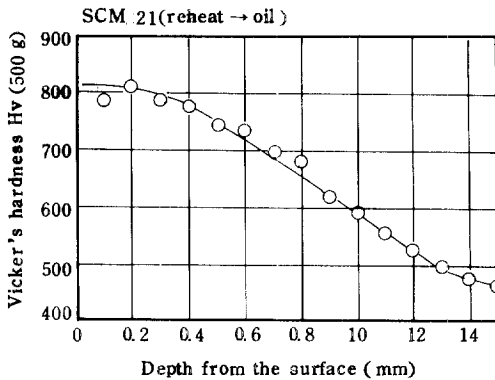


Fig. 2. 試料의 硬度分布(기본하중=500g)

으로 적게되어 燒入性이 저하된다. 따라서 침탄후의 퀴칭時에 냉각속도가 낮으면 그 部分에 Pearlite, Bainite 등의 擴散變態生成物이 생기는 경우가 있다. 이것이 소위 表面異常層이라 불리는 組織成分으로 不完全硬化層이라고도 불리운다. 진술한 바와 같이 粒界酸化물은 GAS 浸炭法에서는 피할 수 없는 것이나, 표면의 불완전 경화층을 만드시 늘 존재하는 것이 아니고, 표면근방의 硬化能과 냉각속도에 의존하고 있다.

이 표면이상층을 金相學的으로 檢討해 보자. SCM 21 鋼을 利用하여 通常의 .GAS 침탄후 150°C의 오일퀴칭을 행한 침탄소입시료에 對해 가볍게 부식한 경우의 組織을 photo.1에 나타낸다. 이것에 의하면 표면 20~30 μm 깊이에 걸쳐 非 Martensite 層이 形成되어 있다. 최표면은 일정한 非 Martensite 組織이며, 그것에서 結晶粒界를 따

라 非 Martensite 組織이 內部로 進行하여 粒內는 Martensite 組織으로 되어있다.

不完全硬化層과 정상침탄퀴칭된 部分과의 경계는 명확하며 불완전 경화층의 두께는 위치에 따라 불균일하다. 이것은 불완전경화층의 생성기구에 기인하고 있고, 粒界酸化물을 둘러싸듯이 불완전소입층이 발달하기 때문이다. 안쪽의 Martensite 組織에 對해, 이 部分은 pearlite, Bainite 등의 擴散變態生成物로 되어있다는 것이 많은 研究에 의해 명확하게 되어있다. 硬度分布의 한 例를 Fig. 2, 3에 나타낸다. 유효경화깊이(Hv 513까지거리)는 약 1.2mm이다. 표면불완전 소입층의 두께는 通常約數 10 μm이며, Fig. 2에서와 같은 Macro 한 硬度分布에서는 나타나지 않는다. 그래서 표면근방의 Vickers 硬度를 50g의 輕荷重으로 자세히 測定하였다. 그 結果가 Fig. 3이며 표면에서 約 10 μm 깊이까지는 그보다 內部의 측정값(約 Hv 800)과 비교하여 硬度가 현저히 저하하고 있다. 이 部分이 불완전경화층에 상당하고 있다.

2-4. 內部酸化된 浸炭퀴칭材의 機械的 性質 (材料性質에 미치는 內部酸化의 영향)

침탄퀴칭재는 表面硬化齒車, 軸 등의 動力傳達部品으로서 널리 利用되고 있으며 특히 疲勞強度는 實用材中에서 가장 우수한 것 중의 하나이다. 이 높은 疲勞強度는 표면 침탄층의 경도가 높은 것과 표면침탄층에 발생하는 압축 잔류응력의 양자가 有利하게 作用하기 때문이다.

침탄퀴칭재에 있어 表面硬度, 表面壓縮殘留應력이 疲勞強度에 큰 영향을 미치는 것은 확실하나, 이들 인자 以外에 침탄조건, 열처리조건에 의해 변화하는 金屬組織學的

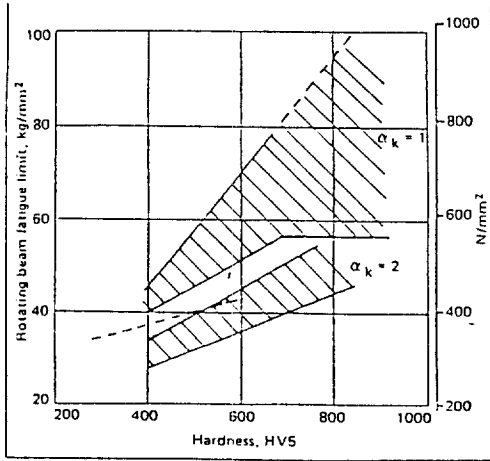


Fig. 4. The rotating beam fatigue strength of case-hardened 12 mm dia. specimens—notched and un-notched.

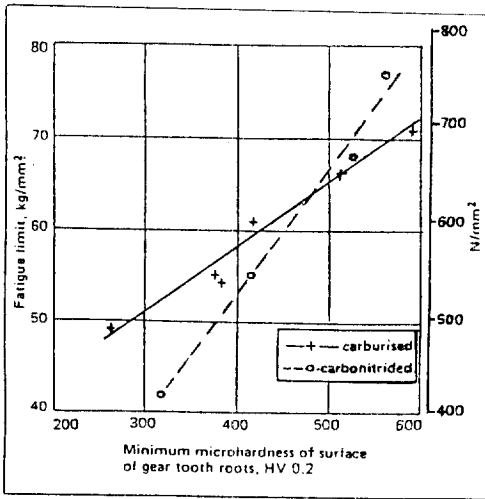


Fig. 5. The effect of tooth root surface hardness on the bending fatigue strength of 4 mm modulus gears.

인자에 의해서도 疲勞強度가 변화한다고 하는 다른 관점에서의 報告도 되어 있다. 이같은 금속조직학적인 인자의 하나로서 침탄소입재의 표면에 발생하는 不完全 硬化層이 거론되고 있다. 表面에 不完全硬化層을 가지는 浸炭硬化材의 피로시험에 의해 疲勞過程中的 表面層의 거동을 조사한 結果를 정리해 본다.

(1) 浸炭硬化된 部品에 對한 규정된 表面硬度값은 통상

HRC 58~62 범위이며 이 값을 얻기 위해서는 템퍼링 (TEMPERING)전에 Martensitic Surface Microstructure가 필연적이다. 그러나 Rockwell 경도값은 만족한 경화상태를 나타내지만 내부산화결과, 표면근방에서 낮은 Microhardness 값은 나타내는 Non-Martensitic 조직이 形成된다(Fig. 3). Weigand 와 Tolasch 는 研究結果, 發生하는 疲勞감퇴는 表面硬度가 59 HRC (680 Hv) 이하일때 생긴다고 結論지었다(Fig. 4). Fig. 5는 피로한 (Fatigue limit)에 對한 Microhardness 를 그린 것으로 표면경도가 증가할수록 피로한도 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

(2) 内部酸化된 깊이는 部品の 피로에 對한 反應에 중요한 역할을 한다. Beumelburg 는 酸化하지 않은 試料와의 比較에서 内部酸化가 6~10 μm 인것은 굽힘피로강도에 큰 영향을 주지 않았다고 한다. 그러나 산화깊이가 16 μm 를 넘을때 피로강도가 저하되었다. 이러한 사실로써 피로강도의 감소량은 표면탄소량에 관계가 있지만 한계깊이 13 μm 이상의 酸化層이 있으면 피로한의 감소가 생긴다는 것이 확인되었다(Fig. 6). 다른 강을 조사하여 보면 피로강도 감소는 20~25%이며, 여전히 내부산화 한계깊이 13 μm 가 적용된다. 미립의 Plain Carbon-Manganese Steel (Steel 15 G)에 있어, 内部酸化깊이가 13 μm 에서 30 μm 를 증가하면 피로강도는 45% 감소한다. 그러므로 적어도 작은 部品에 對해 13 μm 이상의 内部酸化는 유해하다. 이것은 Microstructure, Microhardness, 굽힘피로강도에

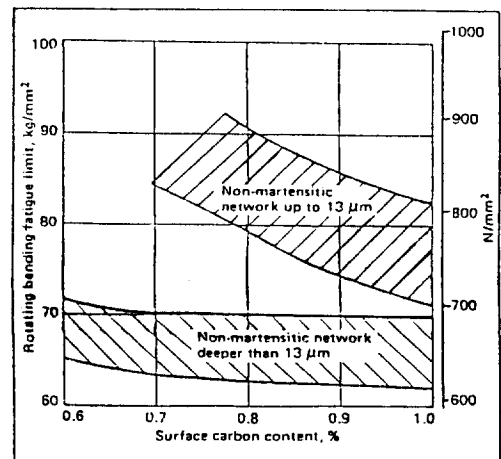


Fig. 6. The effect of internal oxidation on the fatigue strength of carburised 25 KhGT steel. With this steel internal oxidation is accompanied by a decrease in surface carbon.

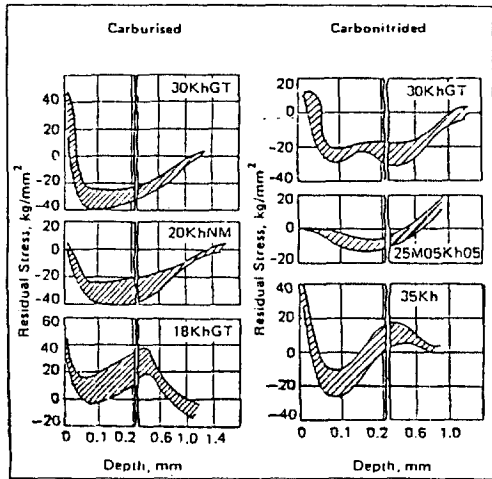


Fig.7. Residual stresses at the base of the teeth in carburised and carbonitrided gears.

영향을 주며 결과적으로 硬化層表面의 殘留應力에 불리한 영향을 미친다. ARKHIPOV ET AL은 침탄 및 침탄질 화후 모듈 4의 GEAR 齒底部에 있어서의 법선 잔류응력을 계산하였으며 (Fig.7) 같은 部品을 使用하여 피로저항을 決定하고, 内部酸化를 測定하기 위해 보다 더 조사하

였다. TEST 結果를 table 1에 정리하였다. 여기서 피로 한의 처음 네 값은 정상인듯 보이나 뒤의 값들은 낮다. Non-martensite의 깊이에 對해, 素材는 만족한 듯한 피로값일 때 7 μ m 이하의 Non-martensitic 層을 나타내는 반면, 낮은 피로값을 나타내는 것은 15 μ m 이상의 Non-martensitic 層을 나타낸다. 이것으로 침탄된 部品의 굽힘피로강도에 영향을 미치지 않는 内部酸化의 한계깊이는 약 13 μ m 라는 것이 확인된다. Table 1에 의하면 기대했던대로 表面의 Microhardness와 피로한이 감소함에 따라 表面의 인장잔류응력이 증가하는 것을 또한 알 수 있다.

(3) 또 中西등에 의한 不完全硬化層을 지니는 침탄펄칭재의 피로시험결과를 요약소개하면

- a) 表面層의 영향을 받아 兩振내구한(Fully Reversed Fatigue Strength)이 저하함과 同時에 평균응력영향 계수가 작게 된다.
- b) 표면층은 피로과정중에 소성변형하여 평균응력을 없애는 方向의 殘留應力이 생긴다.
- c) 평균응력영향계수가 작게되는 이유에 대해서는 피로과정중의 잔류응력의 변화와 표면이 연한 것등 兩方의 영향이 있다고 생각된다.
- d) 粒界酸化物은 피로파괴의 起點이 되며 시험중에 서서

Table 1. Effect of depth of non-martensitic layer on hardness, residual stress and bending fatigue strength in case-hardened and tempered 4 mm modulus gears¹⁴

Steel	Process	Case depth, mm	Macrohardness HRC		Depth of non-martensitic layer, μ m	Microhardness in tooth roots, HV 0.2	Residual stress at a depth of 10 μ m ¹¹		Bending fatigue limit	
			surface	Core			kg/mm ²	N/mm ²	kg/mm ²	N/mm ²
25 khGM	CN	1.0	59/61	39/44	6	560/720	-	-	77	753
20 khNM	C	1.2	57/60	32/36	7	590/760	0-(+5)	0(+50)	71	695
25 MO 5 khO 5	CN	0.7	58/60	24/28	3	525/700	0	0	68	665
	C	1.2	60/62	22/26	6	510/575	-	-	66	646
18 khGT (1)	C	1.0	59/62	36/32	16	415/440	+(26.44)	+(253.432)	61	598
30 khGT	CN	1.1	60/62	40/43	15	415/510	+(9.12)	+(89.119)	55	540
	C	1.0	60/62	38/44	30	375/440	+(14.19)	+(139.185)	55	540
18 khGT (2)	C	1.2	58/60	32/36	17	380/500	-	-	54	532
18 kh 2 N 4 VA	C	1.0/	58/59	40/43	17	265/575	-	-	49	482
		1.1								
35 kh	CN	0.7	59/62	34/37	100	320/510	+(24.45)	+(234.441)	42	412

*C Carburised
CN carbonitrided

히 균열이 된다.

- e) 침탄 퀴칭된 고경도의 재료에 있어서도 疲勞破面은 명확한 특징을 지니고 있어 균열전파부의 粒內破面에 그 특징이 나타난다.

3. 內部酸化에 對한 對應策

앞절에서 檢討해본 바와 같이 現行的 침탄雰圍氣에서는 Al, Si, Cr, Mn 등의 合金元素의 內部酸化는 回避할 수 없다. 또 齒車 등의 部品에 있어 연삭공정을 넣는 것은 원가면, 생산성면에서 自動車 등의 産業機械에 있어서는 매우 곤란하므로 이 결합층이 있는 대로 使用하고 있는 실정이다. 그러므로 이 內部酸化의 영향을 최소화할 수 있는 對策이 必要하다.

3-1. 鋼의 設計

內部酸化物의 形成은 어떤 合金元素의 存在와 Austenite에 고용된 그 원소의 量에 관계가 있음을 알았다. 그러므로 合金設計를 최적의 조건으로 하는 것은 상당히 중요하다. 合金의 기본구성원소의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 유용한 殘留응력의 生成에 악영향을 주지않을 만큼의 내부강도를 調節하기 위한 탄소를 함유한다.
- (2) Ni은 표면층과 내부의 인성에 주로 기여한다.
- (3) Mo은 표면층과 내부에 경화능을 준다.
- (4) Cr, Mn의 적절한 첨가로 내부 경화능이 보다 強化된다.

Kozlovskii Et Al에 의하면 1% Ni은 內部酸化가 생겼을 때 입계에서 Bainite 생성을 저지하기에 必要한 硬化能을 줄 수 없는 것 같다. 보다 많은 Ni%에 직접소입법을 使用하면 표면의 바깥부분에 많은 양의 잔류 Austenite가 남을 수 있다. 그러나 재가열한 후 담금질하면 보다 많은 Ni%이라도 가능하고 Subzero Cooling(심냉처리)時 9% Ni까지도 使用되고 있다.

Cr-Mo 鋼에 있어 內部酸化가 報告되고 있으나 이 경우 Mo 量이 通常 낮았다(0.2% Mo). 그러나 0.5%나 그 이상의 Mo 量을 도입하면 매우 유익하다고 주장되고 있으며 필요한 경화능을 부여하고 산소와 친화력이 큰 元素와 민감하게 균형을 이루고 있는 鋼에 있어서 특히 그러하다. 예를들면 14~20 μm 깊이의 內部酸化가 Mo/Cr의 比가 0.4인 鋼에서는 관찰되었으나 Mo/Cr 比가 1인 鋼에서는 관찰되지 않았다. 그리고 Mo/Cr 比가 0.4이며 Ni 양이

1% 이상인 Ni-Mo 鋼에 있어 검게 부식되므로써 나타나는 合金元素감소현상이 表面의 탄소농도가 줄었을 때만 관찰되었다. 그러므로 高炭素 表面은 低炭素表面보다 덜酸化하기 쉽다는 것을 알 수 있다. 그러나 현재의 設計에서는 소재원가를 줄이기 위해 Ni, Mo을 없애고 Cr, Mn만을 함유한 合金이 주로 사용되는 경향이므로 열처리에서의 개선 對策이 必要하다.

3-2. 實際現場改善

(1) 흡열형 雰圍氣내에서 加熱되기 前에 部品表面에 酸化物이 없도록 注意하여야 하는데 이것은 그런 표면불순물이 結果적으로 生成된 酸化物의 量과 그 침투깊이에 영향을 준다고 보기 때문이다.

(2) 앞서 檢討한 바와 같이 內部酸化의 징후는 表面에 Non-Martensitic 조직을 形成하는 경향이다. 퀴칭時 표면냉각속도를 증가시키므로써 비록 석출된 酸化物은 제거할 수 없지만 表面強度를 다소 복원시킬 수 있는 Martensite 변태를 야기시킬 수 있다. 그러나 이런 處理는 심한 변형이 따른다. 냉각속도의 變化에 따른 組織 및 硬度變化와 機械的 성질에 대해 자세히 알아보자.

- a) 30°C 水冷의 경우 表面까지 완전한 Martensite와 약간의 잔류 Austenite이며 Non-Martensitic 층은 전혀 확인되지 않는다.
- b) 60°C의 油中 퀴칭의 경우는 粒界에 一部 Non-martensitic 組織이 확인된다. 그러나 거의 Martensite 組織이며 실제상의 문제는 비교적 적다고 생각된다.
- c) 60°C의 油中 퀴칭의 경우는 10 μ non-martensitic 組織이 발생한다.
- d) 200°C salt 퀴칭의 경우는 反對로 non-martensitic 組織이 적고 대부분 martensite 조직이며 油中 퀴칭(60°C)의 경우와 흡사하다.
- e) 250°C salt 퀴칭의 경우는 표면층에 항상 pearlite의 생성이 확인되어 가장 불완전한 組織으로 되어있다.

이들 경우에 對한 표면부근의 硬度測定결과 및 最 표면부의 냉각속도 측정 결과를 Fig. 8, 9에 各各 나타낸다. 이들에 의해서도 250°C salt 퀴칭 및 150°C 熱油 퀴칭의 경우에 표면에서 0.02 mm 깊이에 상당한 경도저하가 있는 것을 알 수 있으며 200°C salt 퀴칭의 경우가 150°C 熱油 퀴칭의 경우보다도 냉각속도가 빠르다. 이는 200°C salt 퀴칭이 150°C 油中 퀴칭보다는 異常層生成이 적은 것을 뒷받침해

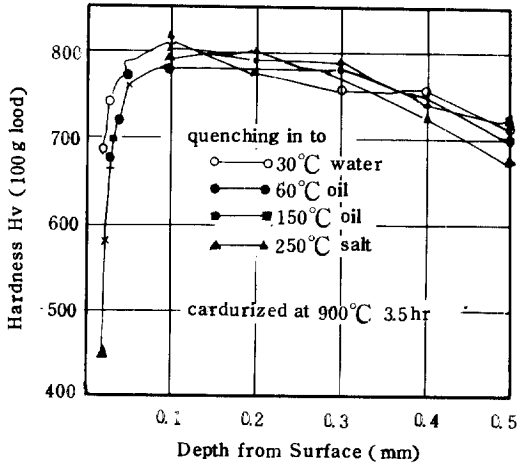


Fig. 8. Effect of quenching media on hardness distribution of carburized steel surface.

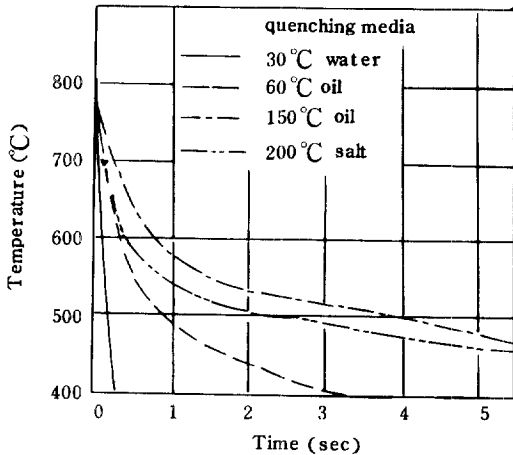


Fig. 9. Cooling curve of steel specimen surface in various quenching media.

주고 있다. 또 Fig.9에서 500~600°C 부근의 냉각속도차가 표면 Non-martensitic 조직의 생성에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

(3) Fig.10은 SNCM 21 H를 GAS 침탄하여 켈칭한 試料의 内部酸化에 의한 Non-martensitic 組織 (bainite라 칭함)의 有無에 의한 회전 굽힘 피로강도의 차이를 나타낸 것이다. 그림에서 Bainite로 된것은 Martensite로 된것에 비교하여 分明히 피로강도는 낮다.

(4) 表面硬化能性과 強度는 침탄실에 10分정도 5~10% Ammonia GAS를 침탄 Cycle 끝에 도입함으로써 복원될

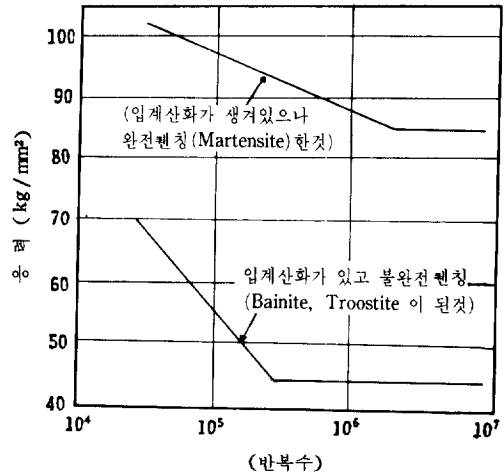


Fig. 10. GAS 침탄켈칭한 SNCM 21 H 試料의 内部산화 발생여부에 의한 굽힘피로강도의 영향.

수 있다.

(5) 침탄공정중에 내부산화가 발생하는 것은 물론이지만 이는 高温 Tempering Cycle 중이나 켈칭전의 재가열과정에서 심화될 수 있다. 그러므로 部品이 담금질을 위해 재가열될 때 前工程에서 形成된 内部酸化는 鐵이 酸化되는 霧圈氣內에서 加熱함으로써 제거될 수 있다. 表面에 形成된 산화층은 内部酸化된 층을 포함하고 있기때문에 최종 SHOT BLASTING 작업에 의해 모두 제거될 것이다. 이런 기술을 使用할때는 特別히 큰 물건일 경우 탈탄에 주의를 요한다.

(6) 이외에 HONING, GRINDING 혹은 Electro-Polishing, Shot Peening에 의해서도 내부산화층 제거가 可能하다.

4. 結 論

점차로 高強度가 요구되는 기계부품의 수요가 늘고 있고, 特別히 自動車의 경우 연료분사장치, Turbo 및 DOHC Type Engine 이 개발됨에 따라 힘이 크게 증가하는 실정 이므로 이에 대응하기 위한 齒車의 강도향상이 절실히 요구된다. 이에 반하여 齒車의 소재를 원가적인 측면에서 Ni, Mo 등을 거의 함유하지 않는 低級鋼으로 바꾸어 가는 상태이다. 따라서 低級의 素材를 가지고 高強度의 部品을 만들어 내는 기술이 열처리 기술자에게 특히 요구되고 있다.

최근 4~5 년전까지도 별로 관심을 끌지 못했던 내부산화문제가 최근 급격히 대두되고 있는 이유가 바로 위와 같은 상황때문이다. 현재 현장에서 주로 사용되는 침탄과정시 약간의 NH₃를 첨가하는 방법과 Air 를 이용한 초고속의 Shot Peening 법의 개발에 의해 문제해결이 점차 가까와 졌다고 본다.

참고문헌

1. GAS 浸炭鋼의 表面異常層에 對해 : 市原睦夫, 各和 誠市.
2. 浸炭材料의 表面不完全燒入層의 疲勞舉動 : 中西英介, 植田 秀夫.
3. 浸炭燒入材의 疲勞破面觀察 : 內藤 武志, 植田 秀夫.
4. 浸炭燒入의 實際 : 內藤 武志.
5. STRUCTURE ANOMALIES IN THE SURFACE ZONE OF GAS-CARBURIZED, CASE-HARDENED STEEL : GUNNARSON.S.METAL TREATMENT AND DROP FORGING, 30, 219 (1963).
6. 合金의 內部酸化 : 高田 潤, 熱處理 VOL.24, NO.1, (1984).
7. INTERNAL OXIDATION :