

熱處理缺陷의 防止策

Preventions Against Defects on Heat Treatment of Steels

김 문 일

연세대학교 공과대학 금속공학과

1. 熱處理缺陷의 區別

熱處理에 의해 發生하는 缺陷에는 先天的인 것과 後天的인 것이 있다. 先天的인 것에는 設計不良, 素材缺陷과 같이 熱處理技術者의 責任에 속하지 않는 것이 있으며 이들은 熱處理技術만으로는 解決되지 않는 要因을 지니고 있다. 이에 反해 後天的인 것은 熱處理技術의 不足 後加工技術 또는 使用上의 不注意에 기인하는 것으로서 이들은 熱處理技術者나 使用者의 責任範圍에 있는 것이 있다. 이들을 表로 만든 것이 表 1이며 表 2는 熱處理缺陷의 種類를 大別한 것이다.

이들중 致命的인 熱處理缺陷으로서는 靨칭균열을 第 1

표 1. 熱處理缺陷의 原因

缺陷의 原因		細 目 別
先天的	設計不良	斷面の 急變, 銳角, 靨치마크(Punchmark), 過大荷重
	素材缺陷	脫炭層, 非金屬介在物, 偏析, 炭化物의 分布, P 및 S의 過多, 加工材의 內部균열, 白點
後天的	熱處理技術不足	過熱, 靨칭溫度의 低下, 不均一加熱, 靨칭의 完全 冷却, 不均一冷却, 早期引上靨퍼링, 再靨칭, 휘쉬스케일(fish scale)侵炭, 脫炭, 어닐링不良(球狀化不良)
	後加工技術의 不足	研磨균열, 研磨연소(grinding burn), 研磨硬化, 酸洗, EDM 균열
	使用上 不注意	設置, 應力過多集中, 熱균열(使用溫度), 使用不注意, 덧살붙임

位로 들 수 있다. 이들은 再生이 不可能하며 製品은 폐기 처분할 수 밖에 없다. 第 2의 熱處理缺陷은 靨칭變形이다. 이 缺陷도 대단히 까다로운 것으로서 精密靨칭에서는 重要한 缺陷이 된다. 이에 對해 硬化열록, 靨퍼링균열, 어닐링脆性, 研磨균열, 酸化, 脫炭등은 빈도나 치명도에서 볼때 第 3位에 屬하는 것으로서 第 3의 熱處理缺陷이라고도 한다. 表 3은 第 3의 熱處理缺陷을 一括 表示한 것이다.

표 2. 熱處理缺陷의 種類

熱處理別	缺陷의 種類	
通常的인處理	어닐링	軟化不充分, 어닐링脆性, 세멘타이트의 黑鉛化, 酸化, 脫炭, 過熱, 燃燒
	靨 칭	靨칭균열, 靨칭變形, 硬化不充分, 硬化열록, 酸化, 脫炭, 時效균열, 過熱, 燃燒, fish scale
	靨퍼링	靨퍼링균열, 靨퍼링脆性, 過軟化
	深冷處理	深冷균열
表面硬化處理	後處理	研磨燃燒, 研磨균열, 研磨硬化, 酸洗脆性, 鍍金脆性
	表面浸炭硬化	過脫炭, 異常組織, 浸炭열록, 內部酸化, 剝離
	窒 化	白層, 剝離
	高周波靨칭	硬化균열, 過熱

一般的으로 熱處理缺陷은 熱處理設備, 技術의 進歩에 따라서 대단히 減少되어 가고 있다. 지금부터 약 10年前만 하더라도 熱處理缺陷은 熱處理部品層의 2~3%를 占有하고 있었으나 지금은 약 1%이하라고 한다. 이 약 1%의 熱處理缺陷의 內譯을 살펴보면 靚칭균열 20~30%, 硬化열록 20~40%, 靚칭變形 40~50%이다.

熱處理缺陷을 操作別로 分類하면 表 4와 같다.

表 5는 熱處理缺陷을 입장을 바꾸어서 分類한 것으로서 原因으로서는 變態, 應力, 析出, 化學反應의 4가지에 기인되고 있다. 즉, 靚칭균열은 過冷오스테나이트의 마르텐사이트화에 의한 것으로서 變態가 主要原因이며 深冷균열은 殘留오스테나이트의 마르텐사이트화에 의한 것으로서 靚칭균열의 兪장으로 생각할 수가 있다. 또한 急速加熱에 의한 靚퍼링균열은 마르텐사이트의 分解, 또는 트루스타이트(troostite)化때문이며 요컨대 研磨균열과 같다.

研磨燃燒는 마르텐사이트의 分解(트루스타이트化 또는 소르바이트(sorbite)化)에 의한 軟化이며 研磨균열은 이 때문에 發生하는 균열이다.

硬化열록은 마르텐사이트화가 不均一하게 일어났기 때문에 發生하는 것으로서 微細한 靚라이트의 出現에 기인된다. 요컨대 이들 熱處理缺陷은 變態 즉 組織의 變化에

표 3. 第3의 熱處理缺陷

種別	細部內容
脆性	어닐링脆性, 靚퍼링脆性, 赤熱脆性, 靚熱脆性, 低温脆性, 水素脆性, 鍍金脆性, 酸性脆性, 알카리脆性
硬度	硬化열록, 硬化不良, 硬化不足, 과잉靚퍼링, 不完全靚칭
組織	세멘타이트의 靚鉛化, 위드만스테텐組織(widmanstätten structure), 異常組織, 粗粒化, 粗粒化, 內部酸化, 帶狀組織, 휘쉬스케일(fish scale), 灰色點, 白點, 過熱組織, 燃燒組織
表面層	酸化, 脫炭, 浸炭, 白層, 研磨燃燒, 剝離, 粒界腐蝕, 腐蝕균열, 부풀음, 스위팅(sweating), 鍍金不良, 靚색피막處理, 表面不良
技術	T _A 및 T _C , 加熱 및 有持時間, 冷却方法, 冷却能과 硬化能, 質量效果, 形狀效果, 치수效果, 硬도와 硬化깊이, 殘留應力, 殘留오스테나이트
性能	被折削性, 冷鍛性, 耐力性, 耐疲勞性, 耐충격性, 耐研磨性, 耐蝕性

표 4. 操作別에 따른 熱處理缺陷

操作別	熱處理缺陷 例
加熱方法의 잘못	酸化, 脫炭, 過熱, 燃燒, 靚퍼링균열, 靚퍼링脆性
冷却方法의 잘못	靚칭균열, 靚칭變形, 靚퍼링균열, 硬化열록, 어닐링脆性, 靚퍼링脆性, 深冷處理균열
취급잘못	研磨燃燒, 研磨균열, 酸洗脆性, 鍍金脆性

표 5. 熱處理缺陷의 原因別 分類

缺陷 例	原因
靚칭균열, 靚칭變形, 硬化열록, 靚퍼링균열, 時效균열, 時效變形, 研磨균열, 研磨燃燒, EDM 균열, 深冷處理균열	變態(組織變化)
靚칭變形	應力
靚퍼링脆性 어닐링脆性	析出
鍍金脆性 酸化, 脫炭, 燃燒	化學反應

기인하는 缺陷이 된다. 특히 靚칭變形은 熱應力 또는 變態應力에 의한 것으로서 스트레스가 原因이 된다. 靚퍼링脆성과 어닐링脆성은 다같이 結晶粒界에 炭化物이 析出하므로서 일어나는 現象으로 소위 析出變化가 原因이 된다. 鐵金屬脆성은 發生期水素가 主要原因이며 酸化, 脫炭, 燃燒 등의 缺陷은 酸素와의 化學反應에 의한 것이다.

이상에서 熱處理缺陷에 關係 살펴보았으며 다음에는 熱處理工程에 따른 즉 加熱 急冷處理 靚퍼링 및 後處理時의 缺陷과 그의 對策을 간단히 說明하기로 하자.

2. 加熱時의 缺陷과 그 對策

2-1. 結晶粒粗大化와 燃燒組織

炭素鋼 또는 合金鋼을 1100°C 이상으로 加熱하면 結晶粒은 粗大化하여 위드만스테텐組織으로 된다. 이와같은 過熱組織은 脆弱하고 靚성이 低下된다. 結晶粒은 硬化깊이에 비례하므로 部品の 特性을 고려하여 적정온도로 加

熱해야 한다. 過熱된 組織의 回復을 위해서는 適正溫度로 어닐링 또는 노밀라이징을 한다. 完全한 回復을 위해서는 熱間加工과 組合하여 行하는 것이 좋다.

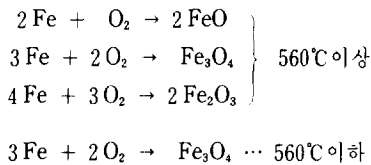
防止法으로는 適正한 加熱溫度를 지키는 일이며 Al, Si, Ti 또는 V 등의 合金元素를 添加하므로써 粗大化는 防止된다. 鐵鋼材를 酸化霧圍氣에서 1200°C 이상으로 加熱하면 粗大화된 結晶粒界가 選擇의 酸化되어 酸化物의 生成과 融解를 일으켜 加工時 脆弱하게 되어 파괴된다. 이때의 組織이 燃燒組織이며 이의 回復은 不可能하다.

2-2. 酸化

鐵鋼材를 酸化霧圍氣에서 高溫加熱하면 다음과 같은 酸化性가스의 酸化反應으로 스케일이 發生한다. 즉 酸素는 강한 酸化性가스로서 空氣中에도 약 21%의 酸素가 含有되어 있으므로 酸化性가스가 된다. 鐵鋼材를 加熱하면 酸化反應이 작은 560°C 이하에서는 靑色 또는 紫色으로 着色되어 Fe₃O₄를 生成하고 560°C 이상의 高溫에서 酸化反應이 심하면 스케일(黑色)과 脫炭을 일으킨다.

스케일은 보통 外側부터 Fe₂O₃, Fe₃O₄, 위스타이트(FeO+O₂의 固溶體)의 3位層을 이루며 이 酸化層의 두께의 90% 이상이 위스타이트層이다. 또한 加熱生成후의 冷却에서 分解로 生成된 鐵의 작은 粒子와 Fe₃O₄의 작은 粒子가 위스타이트層內에 散在한다.

鐵의 酸化反應은 다음과 같다.



酸素除去를 爲해서는 工業的으로 變成法이 이용된다.

위의 反應은 스케일을 生成하고 이 스케일은 材料를 消耗시키고 또한 表面을 거칠게 하고 스케일이 생긴 그대로를 靚칭하면 硬化열處, 酸化不足 혹은 靚칭균열 등이 發生한다.

스케일除去를 위해서는 酸素 또는 트블라스트처리(Shot blast)를 한다. 酸化防止에는 眞空, 不活性가스 還元性 中性霧圍氣에서 加熱하거나 염욕상자, 금속상자(metal box)中에서 또는 鑄鐵의 切削粉속에 장입하여 加熱한다. 低温加熱의 경우라면 酸化防止塗料도 效果가 있다.

2-3. 脫炭

鋼材의 脫炭은 酸化性霧圍氣, 濕氣있는 水素, 劣화된 溶融鹽, 酸化鐵에 의해 進行되며 특히 不活性, 還元性, 中性霧圍氣라도 水分이 0.05% 이상 含有되면 심하게 나타난다. 또한 溫度가 높을수록 脫炭은 용이해진다. 脫炭層에는 一般的으로 靚라이트가 生成되나 硬化能이 큰 鋼材 또는 冷却이 빠른 경우는 이를 判定하기가 어렵다. 이 缺陷은 酸化의 경우와 같이 不良의 原因이 되며 材料의 疲勞強度도 低下시킨다.

脫炭防止對策은 酸化의 경우와 거의 같으며 특히 水分의 存在는 霧圍氣中 또는 鹽浴中에서 현저히 脫炭을 促進시키므로 注意가 必要하다. 脫炭防止劑의 塗布도 有效하다. 그러나 鑄鐵의 切削粉의 加熱霧圍氣는 調節을 잘못하면 오히려 加炭되어 이 加炭이 지나치면 工具鋼 高合金鋼에서는 脆化, 殘留오스테나이트에 의한 軟化, 研削균열등이 發生한다.

2-4. 기 타

加熱溫度, 時間의 不適正, 部品間溫度의 不均一, 加熱爐內의 溫度의 不均一, 溫度測定의 不正確, 物件의 支持方法의 不適切등 加熱時의 設備, 設定 條件등 加熱條件의 不適正은 過熱, 硬度不足 靚칭균열, 靚變形(Warpage)등이 發生하므로 注意해야 한다.

3. 靚칭에 의한 缺陷과 그 對策

靚칭時 發生하는 靚칭균열과 變形은 熱處理缺陷中 가장 많은 缺陷이며 現場에서 가장 問題가 되는 것이다. 이하는 이들에 관한 것이다.

3-1. 靚칭균열

靚칭균열의 原因은 急冷으로, 鋼材內外에 溫度差가 생기므로 熱應力이 發生하며 變態點이하의 溫度에서는 變態에 의해 오스테나이트가 마르텐사이트로 될때 팽창에 의한 變態應力이 이와 併合된다.

이 熱應力과 變態應力이 單獨으로 또는 復合되어 引張應力으로 되며 이 應力이 어느 限界值를 넘으면 靚열이 發生하게 된다. 따라서 일반적으로 빨리 冷却되는 外部, 살이 얇은 部位, 코너(Corner)部등에 靚열이 發生된다. 大型部材의 경우는 熱應力으로 內部로부터 靚열이 發生하는 경우도 있다. 따라서 靚칭균열防止를 爲해서는 다음 事項을 留意해야 된다.

(가) 가능한한 低炭素合金鋼 또는 非金屬介在物 및 偏析

이 작은 材料를 選擇, 使用해야 한다.

- (나) 다음 그림과 같이 部品의 두께를 가능한 均一하게 할 것이며 두께의 急變을 피하고 모서리등에 R을 주고 捨穴에 따른 設計, 石棉 또는 볼트로 구멍을 막고 깊은 切缺部를 피할 것
- (다) 퀴칭온도는 가능한한 낮게 할 것
- (라) S 曲線에서 “코”部位까지는 急冷으로, M_s點 이하는 徐冷
- (리) 퀴칭직후에 반드시 템퍼링할 것
(사정상 부득히 내일로 미루어야 할 경우는 끓는 물 속에서 예비 처리해 둘 것)

3-2. 硬化얼룩(Soft Spot)

퀴칭된 鋼材의 表面硬度에 不均一化가 일어나므로서 局部的으로 硬化되지 않은 部分(軟化點)이 發生하는 것을 말한다. 이의 原因은 (가) 表面에 脫炭層이 생겼을때 (나) 퀴칭온도가 不均一하여 一部에 오스테나이트와 페라이트의

共存區域에서 퀴칭되었을 때 (다) 冷却의 不均一 (라) 化學成分의 偏析 (레) 冷却速度가 臨界冷却速度의 上部와 下部 中間에 있을 때 등이다.

- 이들의 防止法으로서는 다음 事項에 留意해야 한다.
- (가) 酸化, 脫炭의 防止, 酸化, 脫炭部分의 除去, 復炭處理를 한다.
- (나) 適當한 퀴칭온도와 시간유지, 有效加熱帶內에서의 加熱과 部品의 適正유지
- (다) 冷却을 均一하게 하고 또한 빠르게 하기 爲해 攪拌의 強化, 스프레이퀴칭, 10% 鹽水퀴칭
- (라) 偏析이 없는 材料의 選擇
- (레) 硬化能과 冷却能을 고려한 鋼種의 選擇등

3-3. 硬度不足

여기서의 硬度不足은 硬化얼룩과 같이 硬度의 不均一化를 말하는 것이 아니라 全體的인 硬度不足을 뜻하며 이의 原因과 對策은 硬化얼룩과 거의 同一하나 특히 注意해야

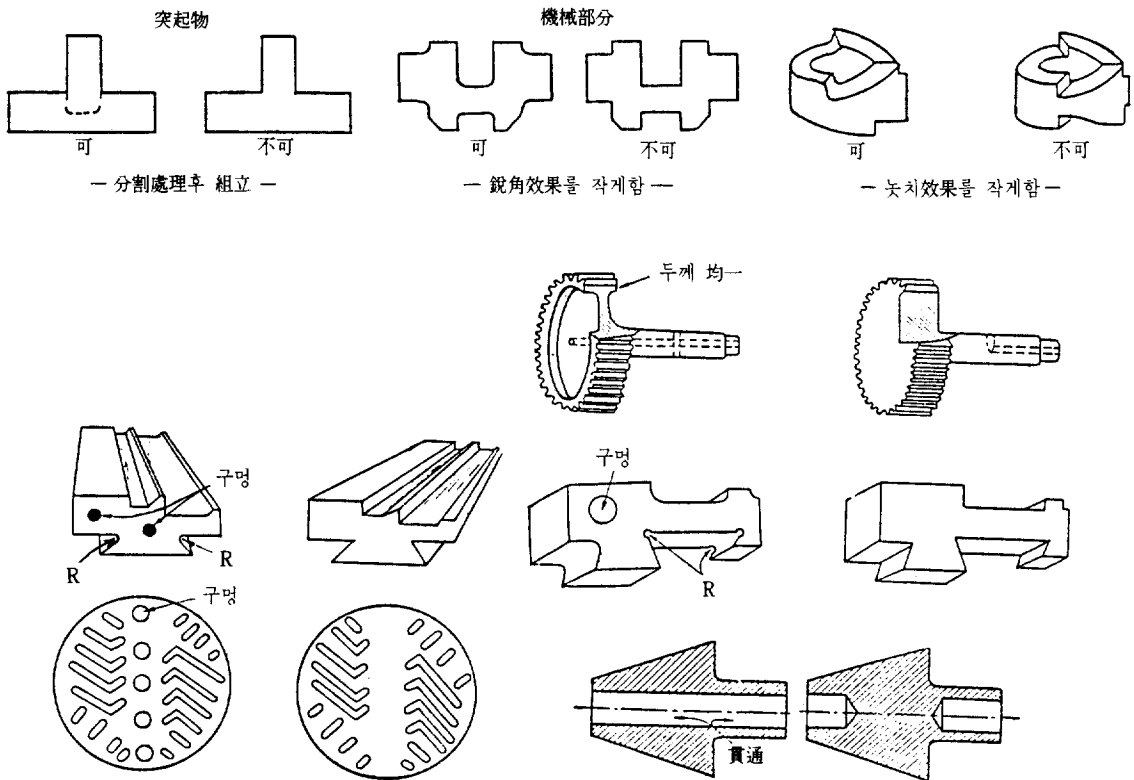


그림 1. 熱處理에 의한 均열減少를 爲한 設計 比較圖 (左측이 改良된 設計例)

할 點을 들어보면 다음과 같다.

- (가) 퀴칭時의 冷却速度가 臨界冷却速度보다 낮으므로 微細퍼얼라이트 또는 웨라이트가 析出하게 되면 化學成分, 치수(質量效果)와 冷却速度의 關係를 조사하여 冷却速度를 빠르게 하는 方法을 강구하거나 複雜한 形狀, 두께가 不均一할 때는 合金元素의 添加등을 고려해야 한다.
- (나) 퀴칭시작온도가 낮지 않도록 조심한다.
- (다) 粗大한 炭化物, 網狀炭化物이 存在할 때는 加工, 前處理에 의해 炭化物를 微細化 또는 球狀化시켜 준다.
- (라) 高炭素, 高合金鋼은 殘留오스테나이트가 나오기 쉬우며 量은 퀴칭온도가 높을수록 많으며 또한 水冷時보다 油冷의 경우가 많다. 따라서 深冷處理가 要求된다.

3-4. 휨變形(Warpage)

퀴칭에 의한 變形 또는 치수變化를 퀴칭變形이라 하며 이 變形中 길이 方向에 對해 直角方向으로의 變形을 휨變形(warpage)이라고 한다.

冷間加工으로 發生한 殘留應力の 解除, 部品の 内外의 溫度差에 의한 熱應力, 變態時의 팽창에 의한 變態應力이 併合하여 變形을 일으키게 된다. 특히 퀴칭時는 急冷에 의한 組織變化가 있으므로 다른 熱處理에 비해 크게 일어난다. 이에 對한 防止對策으로는 다음 事項을 지켜야 하겠다.

- (가) 水冷보다는 油冷, 油冷보다는 空冷이 可能한 鋼種을 選擇한다.
- (나) 均一한 冷却을 위해 軸類와 같이 긴 物件은 길이方向으로 垂直하게 또는 回轉시키면서 퀴칭한다. 噴料, 噴霧 퀴칭, 프레스퀴칭 물퀴칭, 타임퀴칭, 마르템퍼링, 오스템퍼링을 행한다.
- (다) 適切한 冷却劑의 온도와 강한 攪拌을 행한다.
- (라) 퀴칭전 어닐링
- (마) 脫炭層, 스케일의 除去
- (바) 急速加熱을 피할 것. 加熱時 自重에 의한 휨 또는 유지方法의 고려
- (사) 가능한 낮은 퀴칭온도를 擇할 것
- (야) 變形이 豫測될 경우에는 逆方向에 對한 彎曲을 미리 주거나 혹은 切削여유를 줄 수 있는 加工을 한다.

3-5. 時效균열(Season Crack)

퀴칭 또는 퀴칭 후 템퍼링한 鐵鋼材部品이 大氣中에 放

置하고 있는 동안에 發生하는 균열을 말하며 自然균열이라고도 한다. 대개의 原因은 殘留오스테나이트에 기인되며 Q.T(Quenching Tempering)처리 후의 溫度低下 또는 아주 약한 外力에 의해 殘留오스테나이트가 마르텐사이트化하여 引張應力이 限界值 이상으로 增加되었을때 發生하며 壓縮殘留應力이 解消되었을때 發生하는 경우도 있다. 對策으로는 퀴칭直後, 適切한 템퍼링 또는 徐冷處理와 템퍼링을 併用하는 것이 좋다.

3-6. 時效變形(Season Distortion)

常溫에서 長期間 放置되는 동안에 치수 및 形狀이 變化되는 것을 말하며 經年變化라고도 한다. 이는 특히 게이지(gauge)나 베어링등에서 크게 問題가 된다. 퀴칭한 상태로 部品을 常溫에 放置하면 急冷마르텐사이트로부터 ε炭化物이 析出되어 收縮을 일으킨다. 高炭素鋼, 高合金鋼에서는 殘留오스테나이트가 徐徐히 마르텐사이트化하여 팽창하고 이어서 ε炭化物의 析出로 收縮한다. 이의 防止對策으로서는

- (가) ε炭化物의 경우는 150~200℃에서 충분히 템퍼링해준다.
- (나) 殘留오스테나이트의 경우는 350℃ 이상에서 템퍼링한다. HRC 60 이상의 硬度가 必要한 경우는 徐冷處理와 殘留템퍼링을 반복시행한다.

3-7. 深冷균열

深冷處理를 퀴칭의 延長으로 생각한다면 深冷處理에 의한 균열은 퀴칭균열과 같이 생각할 수가 있다. 특히 周圍가 이미 組織적으로 마르텐사이트가 되어 있으므로 深冷處理로 殘留오스테나이트가 마르텐사이트化하면 이때의 팽창 때문에 周圍에 강한 引張應力을 일으켜 균열이 일어난다. 表面에 脫炭部分이 있고 引張應力이 存在하고 内部에 殘留오스테나이트가 있는 경우는 특히 深冷균열이 일어나기가 쉽다. 이때의 防止對策으로는

- (가) 퀴칭前에 脫炭層의 除去, 또는 脫炭의 防止에 주력한다.
- (나) 深冷處理前에 100℃의 템퍼링을 行한다.
- (다) 深冷處理溫度부터의 昇溫을 水中 또는 湯中에서 行한다.

4. 템퍼링에 따른 缺陷과 그 對策

4-1. 템퍼링균열(Tempering Crack)

이의 原因은 (가) 複雜한 形狀의 物件을 急速加熱하면 表

皮的 마르텐사이트는 템퍼링에 의해 收縮하며 内部의 殘留오스테나이트는 變態로 팽창하여 不均열을 일으킨다. (나) 템퍼링에 의해 2次硬化을 일으키는 高速度鋼들을 템퍼링 온도부터 急冷하면 急速한 마르텐사이트化로 不均열이 發生한다. 특히 脫炭層이 있는 경우는 不均열의 發生이 쉬워진다. (다) M_s 點이 낮은 高合金鋼의 경우 靚칭時 덜 冷却된 것을 템퍼링을 하면 未變態의 오스테나이트가 急速히 마르텐사이트化하므로 不均열을 일으킨다. 이들에 對한 對策으로서는

- (가) 천천히 加熱한다.
- (나) 應力集中部가 적은 形狀으로 設計한다.
- (다) 工具鋼등은 脫炭層의 除去, 템퍼링온도부터의 除去
- (라) M_s 點이 낮은 高合金鋼은 되풀이하여 템퍼링한다.

4-2. 템퍼링脆性(Tempering Brittleness)

鋼材를 Q.T 處理할 때 템퍼링溫度 300°C와 500°C 부근에서 材料의 충격값이 減少하는 일이 있다. 이때 300°C의 현상을 低温템퍼링脆性 500°C의 현상을 高温템퍼링脆性이라 한다.

i) 低温템퍼링脆性

250~400°C의 템퍼링에서 發生하는 脆性으로서 鋼중의 P, N는 脆性を 促進하나 Al, Ti 및 B는 이를 억제한다. Si를 1~2.5% 含有하고 있는 경우는 脆化가 高温側으로 이동하므로 250~350°C에서 템퍼링을 必要로 하는 스프링鋼, 超高張力鋼에서는 Si를 多量 含有하고 있다. 防止對策으로서 이 溫度範圍의 템퍼링을 피하거나 Al, Ti, 질드鋼을 使用해야 한다.

ii) 高温템퍼링脆性

Mn, Cr, Ni 등을 含有하는 構造用鋼을 500~550°C에서 템퍼링하면 템퍼링후의 冷却速度에 關係없이 脆化가 심하게 일어난다. 또한 550°C 이상에서 템퍼링하면 템퍼링後의 急冷材에서는 靚性이 높으나 徐冷材에서는 脆性이 나타난다. 여기서 前者를 1次템퍼링脆性, 後者를 2次템퍼링脆性으로 區別하는 일도 있다. 550°C 부근에서 템퍼링하면 P, Sb 등이 舊오스테나이트粒界에 析出하므로 脆化되는 것으로 알려져 있으며 Cr, Mn, Ni는 이 析出을 促進하는가 하면 Mo는 P의 擴散速度를 지연시키며 한편 粒界에 存在하는 炭化物面積을 작게하므로 이 析出을 抑制하게 된다. 또한 550°C 이상에서는 이 析出物을 固溶하므로 急冷으로 脆性이 나타나지 않으나 徐冷의 경우는 500°C 부근에서 다시 析出하므로 脆性이 나타난다.

이의 防止對策으로는 (가) 550°C 이상에서 템퍼링後 急冷한다. 또한 2次 靚靚性이 發生한 것은 550°C 이상으로 再加熱하여 急冷하면 回復된다. (나) 部品의 強度에서 550°C 이하의 템퍼링이 必要할 때는 템퍼링溫度를 낮추지 말고 템퍼링時間을 짧게 한다. (다) 템퍼링後 急冷이 不可能한 경우 또는 窒化處理등으로 600°C 이하에서 長期間加熱 必要가 있을 경우는 0.15~0.5% Mo를 含有한 鋼種을 選擇하는 것이 좋다.

4-3. 템퍼링時의 變形

靚칭時의 殘留應力이 템퍼링에 의해 除去되는 過程에서 形態變化가 나타난다. 따라서 殘留應力이 큰 水冷, 특히 有心組織을 위한 靚칭의 경우에는 形狀變化가 크며 殘留應力이 작은 油冷에서는 작다. 그리고 空冷의 경우는 無視할 程度이다. 이의 防止對策으로는 (가) 熱浴 空冷 등으로 殘留應力이 적은 靚칭 方法을 채택한다. (나) 프레스템퍼링을 한다. (다) 프레스, 롤 등으로 교정한다. (라) 변형이 豫測된다면 變形量에 알맞은 加工을 미리 한다.

5. 後處理에 따른 缺陷과 對策

5-1. 研削不均열(Grinding Crack)

鋼材를 靚칭한 狀態로든가 또는 150~180°C에서 템퍼링한 것을 研削하면 不均열이 發生하던가 不均열의 發生이 없더라도 研磨燃燒으로 異狀磨耗를 일으키게 된다. 이들은 研削作業이 適當치 못하여 研削磨이 局部的으로 發生하여 이 熱로 (가) 靚靚組織이 局部的으로 템퍼링되어 이때의 收縮으로 周圍에서 引張力이 發生하여 不均열이 일어난다. (나) 殘留오스테나이트의 마르텐사이트化 또는 研削熱이 A_c1 點이상으로 되어 表面層만이 다시 靚靚되는 現象으로 不均열이 發生한다. (다) 加熱程度가 낮으면 A_c1 點이하의 溫度까지 올라가 템퍼링되어 靚化層이 일어난다.

150°C 前後의 熱로 研削方向에 直角으로 平行線狀으로 생기는 不均열을 第1種研削不均열, 250~300°C의 熱로 網狀으로 0.1mm 깊이정도로 發生하는 不均열을 第2種研削不均열이라고 한다. 이들의 防止策으로서 (가) 研削前의 템퍼링으로서 第1種不均열에 대해서는 200°C 前後, 第2種不均열에 對해서는 300°C 이상의 溫度에서 充分히 해준다. (나) 研削時 研削熱이 發生하지 않도록 研削깊이를 얇게 하고 研削숫돌의 周速을 빨리하고 被研削物의 移送를 느리게 하면서 充分히 冷却시켜 준다. (다) 숫돌은 粒度가 粗大하고 軟한 것을 選擇한다. (라) 研削不均열이 發生한 것은 다시 템

퍼링하여 조심스럽게 再研削하면 除去할 수 있으나 깊은 균열의 것 또는 치수의으로 再研削 不可能한 것은 回復이 不可能하다.

5-2. 水素脆性(酸洗脆性)

鋼材를 酸洗 또는 電氣鍍金을 施行하면 그 工程에서 發生한 水素가 鋼材內部에 吸收되어 靱性を 低下시키는 現象을 水素脆性이라 하며 防止對策으로는 150~190℃의 溫度에서 長期間(6~20 Hr)加熱해준다.

5-3. 酸化(녹)

鋼材의 水分이 있으면 부식하면 빨간 녹(酸化鐵)을 만든다. 이 녹은 粗雜하고 附着力이 弱한 化合物이므로 時間이 經過함에 따라 內部로 進行하며 實用金屬中 가장 酸化되기 쉽다. 原因은 酸素와 水分으로 電解質인 물과 鐵 사이에 局部電解가 形成되어 $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ 즉 물이 電離하여 陽極側은 $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^-$, $Fe^{++} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$ 로 反應하여 靑色녹인 水酸化第一鐵로 되나 水中의 溶存酸素가 물과 反應하여 $2Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$ 즉 빨간녹인 水酸化第二鐵을 生成한다. 이들은 모두 吸濕性으로서 進行이 停止되지 않는다. 그러므로 이

들의 防止策으로서는 (가) 防錆劑를 바른다. (나) 인酸鹽 四三酸化鐵등의 化成處理 (다) 블루잉 (bluing) (라) Zn, Sn, Ni 鍍金, (마) 金屬溶射 (바) Zn片을 연결하는 陰極防蝕法 또는 外部에서 電流를 흘리는 電氣의防蝕 또는 外部에서 電流를 줄이는 電氣의 防蝕法의 應用 (사) 耐候性高張力 스테인레스鋼의 使用 등을 行한다.

6. 結 論

이상은 앞에서 言及한 바와같이 熱處理工程에서의 加熱, 퀴칭, 템퍼링 및 熱處理에서 일어나는 缺陷과 그 對策을 文獻과 나의 知識을 綜合 간단히 적은 것이다. 實操業面에서 일어나는 여러가지 缺陷을 일일이 설명하는 일은 어려우므로 이들에 關한 事項은 讀者나 現場技術者들이 原因分析을 철저히 하여 그 對策을 마련해야할 것이다. 여기서 強調할 것은 熱處理는 材料를 處理하는 것이 아니라 形狀과 크기를 지닌 部品를 處理한다는 것을 명심해야 하겠다. 그러므로 熱處理技術이 要求되는 것이다. 여러분의 技術向上에 다소나마 도움이 되기를 기원하면서 이 글을 맺는 바이다.