

## 金型熱處理의 問題解決 方法

## Solution of Heat Treating Problems in Tool Steels

李正植\* · 김성완\*\*

\*한국열처리 부사장

\*\*한국기계연구소 열처리공학실

## 1. 서 론

熱處理는 흔히 어렵다고 하나 trouble을 피하는 point가 있다. 그것은 金型材料의 選擇을 위시하여 材料切取 金型形象 等 적절한가 적절하지 못한가, 또 치수變化나 變形을 적게하면 後加工을 削減해서 金型 cost를 절감시키는 反面 치수變化 變形이 일어나고 crack이 發生하므로 여기서 熱處理 現場의 技術 know how를 公開 問題를 쉽게 解決하는 方法을 말하고자 한다.

## 1. 金型品質의 向上과 cost를 낮추는 方法

冷間 press用 工具鋼 뿐만 아니라 鋼全體의으로 말하면 熱處理를 實施하는데 있어서 材料의 特性에 따르게 된다.

그러나 熱處理를 하는 것이 좋다는 것은 아니나 같은 金型이라도 使用되는 條件이 勿論의 要素가 강한 경우에 硬度에 重點을 두는 경우와 耐衝擊性を 必要로 하는 것은 韌性を 重視해야 하지만 耐磨耗性만은 兩者의 共通된 要求品質이므로 必然的으로 高硬度로 하여야 한다. 硬도와 韌性を 相反하는 것이므로 雙方의 性質을 同時에 만족시키는 것은 매우 어려운 문제이다.

그러면 이러한 경우 熱處理에서는 어떻게 對處할 것인가, 通常 韌성은 必要로 하는 경우 靚칭溫度를 낮게 해야 한다. 예를 들면 SKD 11은 970~1000℃, SKH9는 1150~1180℃를 採用해야 한다. 왜냐하면 靚칭溫度를 높이면 結晶粒이 크게 되고 韌性値를 낮추는 傾向으로 되는 것과 熱處理에의 치수變化나 變形量도 크게 되므로 이 兩者를 만족시키는 意味로도 靚칭溫度를 낮게 하는 것이다.

金型材料의 選定에 關하여 金型自身이 必要로 하는 機械的 性質, 예를 들면 壓縮應力에 對應하는 耐壓強度를 가질 수 있는 것과 韌성과 피로強度를 높여서 반복 굴곡應力에 견딜 것과 耐磨耗性이어야 하는 것을 滿足하여야 한다.

따라서 이러한 點은 鋼中에 添加되어 있는 合金元素의 種類나 그의 含有量에서 中心部까지 高硬度를 얻을 수 있는 材料 즉, 靚칭성이 좋고 靚퍼링軟化低抗이 큰 材料를 選擇하여야 한다.

勿論 材料의 選擇이 적절하다라도 靚칭酸化 脫炭이 일어나면 硬度가 不均一하고, 靚칭變形이 크고 燒割이 發生하는 등의 熱處理를 實施해 온 것은 材料가 갖고 있는 性質이 아니다.

酸化 脫炭에 對하여는 靚圍氣加熱候 또는 眞空熱處理 爐를 使用하면 이 문제는 해결된다.

硬度 얼룩은 金型의 크기 形狀에 依해서도 左右될 수 있으나 靚칭성이 뛰어난 空冷鋼을 使用하면 金型品質을 잃는 일은 일어나지 않는다. 이 點은 熱處理 비틀어짐에도 關聯되는 것으로 急冷하지 않으면 硬度를 얻을 수 없는 材質보다 空冷으로 所定의 硬度를 얻는 材料쪽이 變形量을 확실히 적게 나타낸다. 燒割에 對하여는 예를 들면 油冷鋼種이라도 眞空靚칭을 採用한다면 걱정할 필요는 없다.

表 1은 지금까지 말한 것을 綜合한 것이나 炭素工具鋼(SK) 보다도 特殊工具鋼(SKS), SKS보다도 空冷特殊工具鋼(HMD 1 GO 4 SX 105 V) 또는 冷間DIES鋼(SKD 11, SKD 12, XW-10, KNL) 더욱이 高速度工具鋼(SKH 9, 57, YXR 1, 3 MH 24, 25)과 같이 鋼種의

표 1. 各 質 工 具 鋼 熱 處 理 特 性

鋼 種	熱處理條件 (金型的 경우)	處理品質의 硬度 (H <sub>K</sub> C)	熱處理의 치수變化	備 考
SK	830~850℃ 油冷 180~200℃ 템퍼링	켄칭性(下) 57~60 범위(大)	材料方向에 關係없이 膨脹한다. 變寸量(大)	· 炭素工具鋼의 켄칭에 水冷으로 되어 있으므로 水冷하면 깨지므로 油冷으로 함. 켄칭 性惡, 質量(大) 金型에는 不 適當.
SKS	830~850℃ 油冷 180~200℃ 템퍼링	켄칭性(中) 58~60 범위(中)	"	· SKS의 켄칭, 性은 SK보다 나쁘지 않으나, DIES鋼에 비해 나쁘다. 켄칭 後의 W-EDM에 肉厚 2.0 mm 以上의 것이 깨치는 일이 많다.
HMD 1 (日立)	880~920℃ 空冷 180~200℃ 템퍼링	켄칭性(上) 템퍼링 軟化抵抗 (大)	材料方向에 關係없이 膨脹한다. 變寸量 100 mm 0.03~0.04(+) 變形(小).	· 여기에 있는 3鋼種은 火炎켄칭 鋼이 나 一般金型用鋼으로도 使用된다. 또 被削性은 어디까지나 良好한 材料이다. 특히 HMD 1는 空冷으로 定定된 硬度 를 얻는다. 또 熱處理로 치수變化도 적 으므로 plastic 金型에의 適用도 可能 하다.
GO 5 (文同)	900~950℃ 油冷 180~200℃ 템퍼링	58~60 범위(小) 火 炎켄칭으로 安定된 品質이 얻어진다.	材料方向에 關係없이 膨脹한다. 變寸量 100 mm 0.03 ~0.04(+) 變形(中)	· HMD 1의 치수변화량은 템퍼링 200℃에서 0.04%(+) 380℃ 0.01% (±)로 매우 적다.
SX 105 V	900~950℃ 空冷 180~200℃ 템퍼링		材料方向에 關係없이 膨脹한다. 變寸量(小)	· GO 5의 치수변화량은 200℃ 템퍼링으 로 0.1%(+)로 比較的 크다
SKD 11	970℃~1000℃ (冷却) 200~520℃ (템퍼링)	켄칭性(上) 템퍼링 軟化抵抗(大)	길이方向에 膨脹, 經. 幅은 收縮한다. 變寸量(中). 材料의 切 斷方法注意할 것	· SKD 11은 冷間 PRESS 金型用鋼中 에 더욱 더 많이 使用되고 있다. 熱處 理로 膨脹하는 方向과 收縮하는 方向이 있어 材料切斷에 주의할 것
(SKD 12) XW-10 (ASAB)	930~950℃ 空冷 200~320℃ 템퍼링	58~62 범위(小) 處 理品質의 安定性良 好. PRESS 金型으로 많이 쓰여지고 있 다.	材料의 方向性에 關係 없이 膨脹한다. 變寸量 (小)	· XW-10는 熱處理치수변화가 매우적 은 材料다. 質量(小)은 경우 完成型의 켄칭 可能 또 被削性이 좋고 PLAS- TIC 켄칭 型에 많이 쓰여진다. · 또 炭化物의 析出分布良好 鏡面性에 도 우수하다.
(BOHLER) KNL	1000~1020℃ 空冷 500~520℃ 템퍼링		SKD 11과 同一함	· KNL은 FINE은 BLANKING의 DIE PUNCH에 많이 쓰여져 安定된 耐磨耗性을 發揮하고 있다.
粉末 DIES 鋼 V 10	1065~1100℃ 空冷 520~570℃ 템퍼링	"	粉末 DIES 鋼이므로 材料의 方向性은 없다고 봄. 材料特性에 耐 磨耗性과 靱性を 兼備한 材料라 한다.	
SKH 9	1150~1180℃ 空冷 (1120℃) 550~600℃ 템퍼링	"	· 材料의 方向性에 關 係없이 膨脹한다. · 熱處理條件이 多少다 르나 100 mm 約 0.1~0.2 mm(+)로 한 다	SKH 9는 高速度鋼 中에 PRESS 型에 많이 쓰여져 安定된 效果를 發揮한다. YXR 3 MH 25는 靱性は 耐磨耗性을 접한 材料이므로 破損事項이 많은 金型 이나 部品에 使用하여 絶對效果를 나타 냄. 今後冷間塑性用金型 및 部品에 많 이 쓰여지고 있다. 전부 實能이다.
YXR 3 (日立)	1120~1180℃ 空冷	켄칭性(上)		
MH 25 (大同)	550~600℃ 템퍼링	템퍼링 軟化抵抗 (大) 58~60 범위(小)		
粉末高速度鋼 ASP 23.30 (ASSAB)	1120~1180℃ 空冷 550~570℃ 템퍼링	켄칭性(上) 템퍼링 軟化抵抗 (大) 62~66 범위(小)	· 材料方向에 의한 強度差는 없다. 高速度工具鋼中에서 熱處理變 寸이 적은 100 mm 0.80~0.12 mm(+)이다. 耐磨耗性이 우수함 H <sub>K</sub> C 64로 靱性(大). STAINLESS 등의 被加工材料에 絶對效果 가 있다.	
C FEROTIC CM	900~950℃ 油冷 180~200℃ 템퍼링	"	· FEROTIC C는 加工後의 熱處理로 超硬만을 硬度를 얻는다. 耐磨耗性에는 PUNCH 工具에 效果가 있다.	
	1100~1120℃ 空冷 500~520℃ 템퍼링	"	· FEROTIC CM 靱性重視形의 材料로 FEROTIC C로 破損되는 경우에는 이 CM이 쓰여진다.	

Grade up은 直接 金型品質의 向上에 連結되어 있다.

다음에 材料의 被削性에 對하여는 切削工具의 壽命을 左右하는 것만 아니라 加工時間의 長短에 金型의 製作 cost가 大幅으로 바뀌는 것으로 輕視할 수 없는 문제이다.

表 2는 材料中에 析出分布하고 있는 炭化物의 硬度를 材料別로 나타낸 것이다. 被削性이 좋고 나쁜 것은 合金元素의 영향과 高硬度의 炭化物에 依한 것이다.

一般的으로 切削性이 좋지않은 材料일수록 耐磨耗性이 뛰어나고 또 TIMPERING軟化抵抗도 큰 것이다.

以上에서 論한 것은 金型 cost를 높이는 것만 말하고 熱處理의 치수변화 變形이 적은 材料를 選擇하여 研削 餘裕를 적게 하는 것과 또 製品에 따라 後加工을 削除하는 것도 可能하다. 또 燒割의 위험은 고려하지 않아도 좋으나 金型의 形狀이나 Balance等에 번거로움을 度外視하여 設計하는 것도 可能하게 된다.

또 表面에 酸化皮膜이 생기지 않는 熱處理를 하면 研削性도 좋고 砥石의 消耗도 적으며 金型의 製作時間도 大幅短縮시키는 것이 되므로 많은 merit가 있고 逆으로 cost의 低減에 따르는 結果가 된다. 이러한 現狀에서는 金型의 다듬질만이 늘어나기 때문에 이에 對應하는 金型材料와 熱處理 關係를 豫測하고 金型自身의 品質을 向上시키는 것도 cost低減의 要因이 되는 것이다.

그 安定된 金型品質을 얻는 型材와 熱處理는 安定된 金型品質이란 어떤品質이라고 하기에는 매우 어렵다. 熱處理現場에서 말한다면 適正한 熱處理條件으로 所定の 硬度로 撒布가 없는 것을 얻을 수 있으면 좋다. 그러나

現場에서는 이것만을 滿足하는 것이 아니고 熱處理에서 치수變化和 變形이 없고 또 靱性和 耐磨耗性이 우수하고 이를 만족하여야 한다.

Press金型의 경우 高硬度를 必要로 하므로 必然적으로 쓰여지는 金型材料도 炭素工具鋼(SK) 特殊工具鋼(SKS), 火炎퀵칭鋼(HMD 1, 5, GO5 SX 4, SX 105 V), 冷間DIES鋼(SKD 11, SKD 12, XW-10 RT613, KNL), 高速度工具鋼(SKH 9, 57, YXR 1, 3, MH24, 25), 粉末 DIES鋼(10 V), 粉末高速度鋼(ASP), Ferotic 등의 鋼種으로 정해 지게 된다.

이들 材料는 어느 것이나 靱性이 풍부한 것이므로 所定の 熱處理를 하면 HRC 60 以上の 硬度를 얻는 것은 容易하다. 그러나 金型의 形狀 크기에서 所定の 硬度로 撒布가 없는 것을 만들려면 特殊工具鋼 以上の 材料로 空冷鋼種을 選擇해야 한다. 이 點에서 퀵칭비틀림에 關聯하므로 매우 重要한 것이다. 즉 急冷(水 또는 油)을 必要로 하는 材料의 경우는 冷却速度가 다르므로 그대로 硬度備差나 비틀림이 생기고 또 燒割이라는 最惡의 事故가 일어나게 된다.

따라서 油冷鋼種의 경우 前述한 것과 같이 不安定한 處理品質이 되는 率이 많은 것이다. 그러면 空冷鋼의 경우는 自硬性이 두드러진 材料이므로 약간의 冷却速度가 다르더라도 形狀이나 크기에 左右되지 않는 硬度撒布가 생기지 않고 당연히 비틀림의 量도 적어지는 것이다.

이 點은 冷却速度가 늦어져도 靱性되는 材料의 merit라 말할 수 있다. 이와같이 空冷鋼種의 材料를 使用하

표 2. 材質別炭化物의 種類와 그의 硬度

材 質	炭素量 (%)	特殊含有 合金元素	炭化物의 種類와 硬度(Hv)	靱 性은도 (H <sub>R</sub> C)
SK 3, 4, 5, 6	0.6~1.0		Fe <sub>3</sub> C 1150~1340	58~60
SKS 3	0.9~1.0	Cr, W		58~61
SKS 2	1.0~1.1	Cr, W	M <sub>3</sub> C 1150~1760, M <sub>23</sub> C <sub>6</sub> 1000~1800	58~61
SKD 1	1.8~2.4	Cr, W	M <sub>7</sub> C <sub>3</sub> 1800~2800	60~62
SKD 6	0.3~0.4	Cr, Mo, V	M <sub>6</sub> C 1600~2300, MC 2250~3200	52~54
SKD 11, 12	1.0~1.6	Cr, Mo, V	M <sub>7</sub> C <sub>3</sub> 1800~2800, M <sub>23</sub> C <sub>6</sub> 1000~1800	60~62
SKH 2, 4	0.7~0.8	Cr, W, V, Co	M <sub>5</sub> C 1600~2300	
SKH 9	0.8~0.9	Cr, W, V, Mo	M <sub>6</sub> C 1600~2300, MC 2250~3200	61~63 61~63

면 熱處理는 어떤 方法을 採用해도 좋다.

보통 퀴칭(重油 GAS 電氣等으로 霧圍氣 GAS를 使用하지 않음)은 酸化 脫炭등의 變質層이 形成되므로 可能하면 피해야 한다. 이러한 酸化 霧圍氣에서 加熱하는 경우 Heat bag이나 密閉된 case를 使用해서 가능하면 酸化나 脫炭을 적게하는 처치가 必要하다.

Salt Bath는 (鹽浴加熱) 오래전 부터 지금까지도 採用되고 있고 比較的 安定된 處理品質을 얻을 수 있는 處理方法이다. 特히 SK나 SKS에 採用되고 있는 Marquenching의 鹽浴法은 빠질 수 없는 處理方法이다. 단지 鹽浴의 管理에 不備한 것이 있다면 表面거치름 脫炭層이 나타나므로 주의가 必要하다.

霧圍氣(N<sub>2</sub> 및 RX GAS를 使用하는) 爐의 경우 爐氣 調整에 따라 眞空熱處理와 같은 品質을 얻을 수 있는 處理方法이다. 眞空熱處理는 大氣壓以上の 減壓된 處理裝置中에 被處理品의 加熱冷却(GAS 冷却, 加壓冷却 油冷)을 할 수 있으므로 酸化되지 않는 美麗한 다듬질面을 얻을 수 있는 唯一한 光輝熱處理이다. 따라서 眞空熱處理의 경우 퀴칭의 치수變化나 變形이 없으면 當然히 後研削加工이 不必要한 것이다. 그러나 水素脫性이 없기 때문에 충격에 對한 破損強度가 강한 熱處理品質을 얻을 수 있고 耐충격성을 必要로 하는 冷間 press 金型에는 최적의 퀴칭 方法이라 할 수 있다.

一般의인 眞空熱處理 裝置를 그림 1에 表示하였다. 이 眞空爐는 油冷裝置가 있는 爐로서 工具鋼 뿐만이 아니라 帶造用炭素鋼에 이르기 까지 幅넓게 鋼種을 퀴칭하는데 可能하다.

### 3. 形狀不均衡의 金型和 燒割의 關係는 ?

燒割은 所定の 퀴칭溫度에 加熱한 被處理物을 冷却할 때 생기는 引張應力과 壓縮應力の Balance 不均衡에 依해 일어나는 것으로 一般의으로 高硬度를 얻는 工具鋼의 경우가 많다. 이 引張應力과 壓縮應力이 어떤狀態에서 發生하는 가를 간단히 說明하면 加熱된 物件의 冷却 순서는 우선 表面부터 식으며 中心部는 늦어진다. 퀴칭 硬度는 Martensite(퀴칭組織)에 依한 것으로 高硬度를 얻는 것은 반드시 Martensite組織이 되어야 한다. 通常 퀴칭組織은 材質에 依해서 多少다른 180~200℃의 溫域(Ms點)에서 生成되는 것이다. 여기서 表面層이 빨리 식어서 Ms點에 達하면 그림 2에 나타난 Martensite로 되어 팽창이 시작된다. 그러나 內部는 Ms點에 到達하지 못하므로 收縮現狀이 進行하고 있으므로 팽창되고 있는 表面層은 內部の 收縮으로 壓縮을 받는다. 한편 內部에서도 冷却이 進行하고 있으므로 이 內部가 Ms點에 達하면 이번에는 心部가 팽창한다. 이때 表面層은 常溫 가까운 溫度까지 내려가므로 膨脹이 停止된다. 그러나 內部的 팽창은 正지하지 않으므로 表層部는 逆으로 引張應力이 일어나고 內部는 壓縮應力을 받는 狀態가 된다.

따라서 이러한 傾向은 被處理物이 큰 경우이거나 한 몸체에 두껍고 얇은쪽이 있을 때는 斷面 不均衡일 때는 현저하게 나타난다.

通常 變形이나 Crack은 表面層의 引張應力에 依한 것이므로 材料와 形狀이 引張應力에 견딜 수 있는 것이면 Crack이나 變形은 일어나지 않는다.

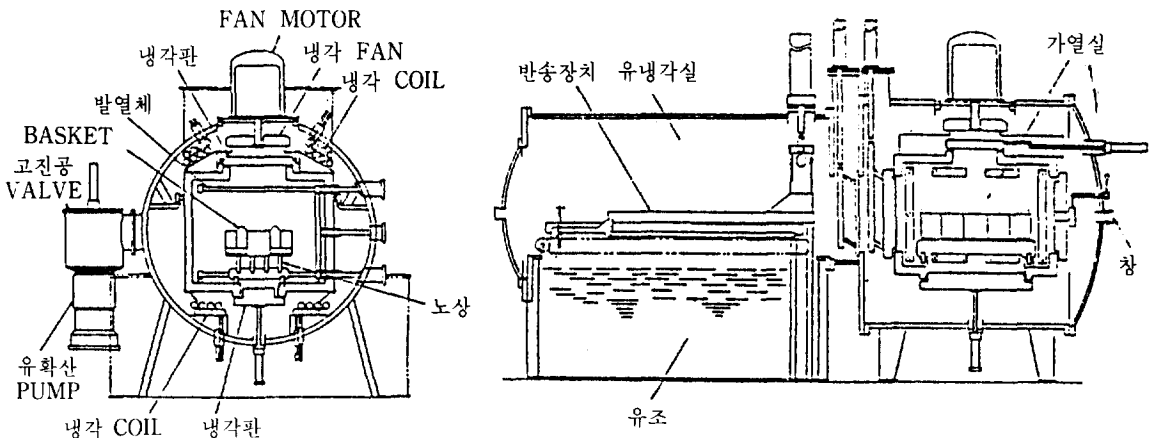


그림 1. 유조가 있는 진공 퀴칭장치

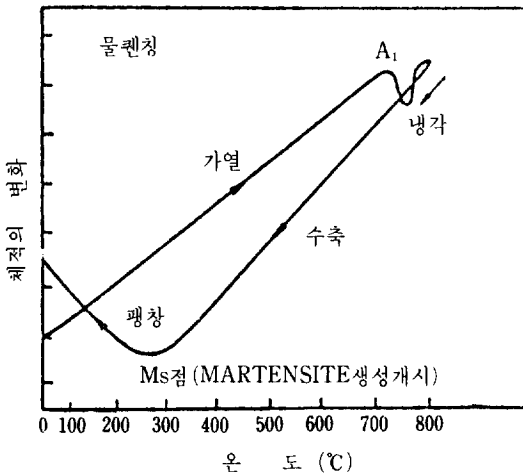


그림 2. 켄칭시의 체적변화

參考的으로 지금까지 說明한 것을 綜合하면 表3과 같  
이 된다.

(1) 形狀에 구애받지 않는 設計가 自在로 이루어  
져야 한다.

이러한 燒割은 冷却할 때 생기는 引張과 壓縮應力의  
Balance의 均衡이 맞지 않는 데서 일어나는 것이 많으  
므로 金型의 形狀(Sharp corner와 balance)에는 特別한  
配慮가 必要하다.

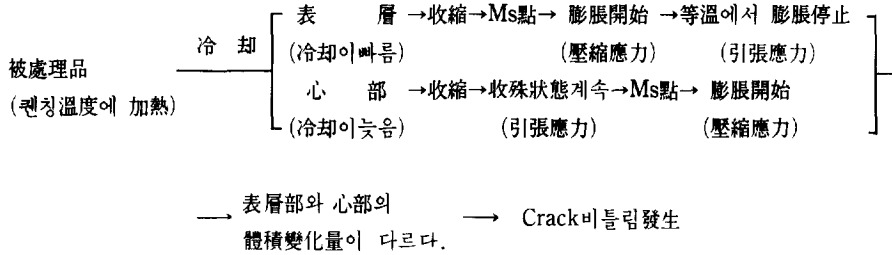
그림3은 形狀 balance의 良否例를 表示하였으나 어  
디까지나 設計結果의 參考例를 나타냈으며 金型의 現狀  
을 보면 그림에 나타난 것과 같이 理想의인 形을 바라  
는것은 不可能에 가깝다.

오랫동안 보아 왔으나 Unbalance엔 金型과 接觸지만  
SK, SKS等 急冷을 하여도 켄칭이 되지 않는 鋼種이라  
도 燒割은 간혹 일어나나 空冷鋼種에서는 일어나지 않  
는다. 그러므로 템퍼링을 소홀히 하고 油冷할 것을 水  
冷하여 crack의 發生에 主要因이 되는 初步的인 作業  
miss였다면 眞空處理보다도 例外는 있을 수 없는 일이  
다.

<p>내면이 동글게</p> <p>(양) (불량)</p> <p>동글게 할 것</p>	<p>돌기물</p> <p>(양) (불량)</p> <p>날카로운 각이 필요할 때는 제어 맞추기</p> <p>돌기물을 일체로 한다</p>
<p>기계부품</p> <p>(양) (불량)</p> <p>동글게할 것 날카로운 것</p>	<p>(양) (불량)</p> <p>두꺼운단면과 얇은 단면을 분리할 것</p> <p>얇은 단면과 두께</p>
<p>내부와 외부 SPLINE이나 KEY</p> <p>(양) (불량)</p> <p>동글게 날카롭게</p>	<p>위치설계</p> <p>(양) (불량)</p> <p>규일한 단면 을 유지</p> <p>작은부분에 구멍을집중</p>

그림 3. 형상의 양, 불량 의 예

〈표 3〉



문제는 具體的 熱處理作業을 하더라도 燒割發生의 有無를 운운하고 있기 때문에 燒割은 金型의 形狀에서 생기는 것이라고 생각해 주었으면 한다.

이러한 點에서 眞空熱處理는 形狀의 如何를 묻지않고 crack이 나오지 않고 비틀림도 적은 熱處理方法이라 할 수 있다.

여하간 最近의 熱處理動向을 보면 金型의 靚칭에 眞空熱處理의 採用이 두드러지고 있으며 眞空靚칭이 carck이 없는 熱處理라는 것 이외에 眞空熱處理가 갖는 여러가지 特徵이 어떤 形으로라도 merit가 있기 때문이라고 생각된다.

예를들면 最近 動向을 보면 鑄造品이 press 部品에 press部品이 plastic에 또는 press部品과 plastic의 合成 部品에 더욱 Diecast가 여기에 加해서 먹는다 먹히는기의 企業競爭이 展開되어 있는 現狀에서 形狀의 balance가 어땀고 sharp corner가 어땀고 하는 한, 部品形狀을 생각할 여유가 있는지 의심스럽다. 이러한 狀況下에서 金型設計에 서로 맞붙는 경우 이 點을 생각지 않고 自在로 設計가 되는 것은 상당한 merit가 있다. 물론 이와 같은 merit는 眞空熱處理만으로 얻을 수 있는 것은 아니고 이 處理의 特徵을 充分히 發程시키는 것이 되고 적절한 材料의 選擇에서 얻을 수 있는 것이므로 金型材料의 選定이 重要 point이다. 왜냐하면 熱處理加工技術의 進歩된 現狀에서는 燒割을 일으키는 熱處理工場은 거의 없고 오히려 熱處理時의 變形이나 치수의 變化等을 重視하는 時代가 되었기 때문이다.

4. 金型의 後加工을 생략, 熱處理비틀림이 적은 材料와 靚칭方法

金型製作 cost는 加工時間(工數)의 長短으로 상당한 差가 있는 것이다. 또 製作短納期의 傾向이 定着되어

진다. 이러한 흐름에 대한 加工時間의 削減削除를 圖謀하는 것이 第一의 手段이다.

여기에 靚칭後의 加工時間을 短縮시키는 것이므로 熱處理의 치수變化와 비틀림을 적게 하여야 한다. 여기서는 熱處理現場의 작업data에서 後加工을 제거하는 것을 전제로 한 對策處置와 그에 대한 不可함에 대하여 말하고자 한다.

通常 靚칭에서 일어나는 치수變化는 材料特性과 熱處理의 關係에서 일어나는 치수의 움직임과 비틀림의 두 가지이다. 치수의 움직임은 加熱冷却工程에서 일어나는 熱應力과 變態應力에 의한 膨脹 收縮 등의 變化로 이 움직임은 材料의 化學造成 炭化物 殘留 Austenite 金型의 形狀과 質量 등으로 상당한 차이를 나타내는 것이다. 따라서 이 點은 피할 수 없는 熱處理特性으로 생각지 않을 수 없다. 비틀림의 경우는 휘어짐과 꼬이는 등의 비틀림을 意味하는 것으로 이 點은 熱處理作業方法(爐內插入方法, 加熱方法, 冷却方法)으로 어느 정도 解決할 수 있는 性質의 것이다.

一般적으로 press金型의 경우 plastic金型과는 다른 形狀이 複雜하지 않으므로 熱處理 비틀림은 적다고 한다. 그러나 그림 4에서와 같은 形狀의 것은 破線方向에 휘어짐으로 미리 後加工餘裕를 붙여두어야 하며 靚칭後의 加工을 大幅으로 削減시키던가 또는 削除시키던가에 따라 다르므로 材料나 熱處理에 對하여 상당히 엄격한 制約條件이 必要하게 된다.

(1) 酸化나 脫炭이 없는 熱處理를 할 것.

우선 熱處理에 있어서 脫炭등의 變質層이 나오지 않는 靚칭을 해야 한다. 眞空熱處理나 冪圍氣熱處理等 光輝靚칭을 採用해야 한다.

(2) Under-Hardenning은 치수變化를 적게한다.

熱處理條件은 金型品質의 向上과 cost를 낮추는 것으

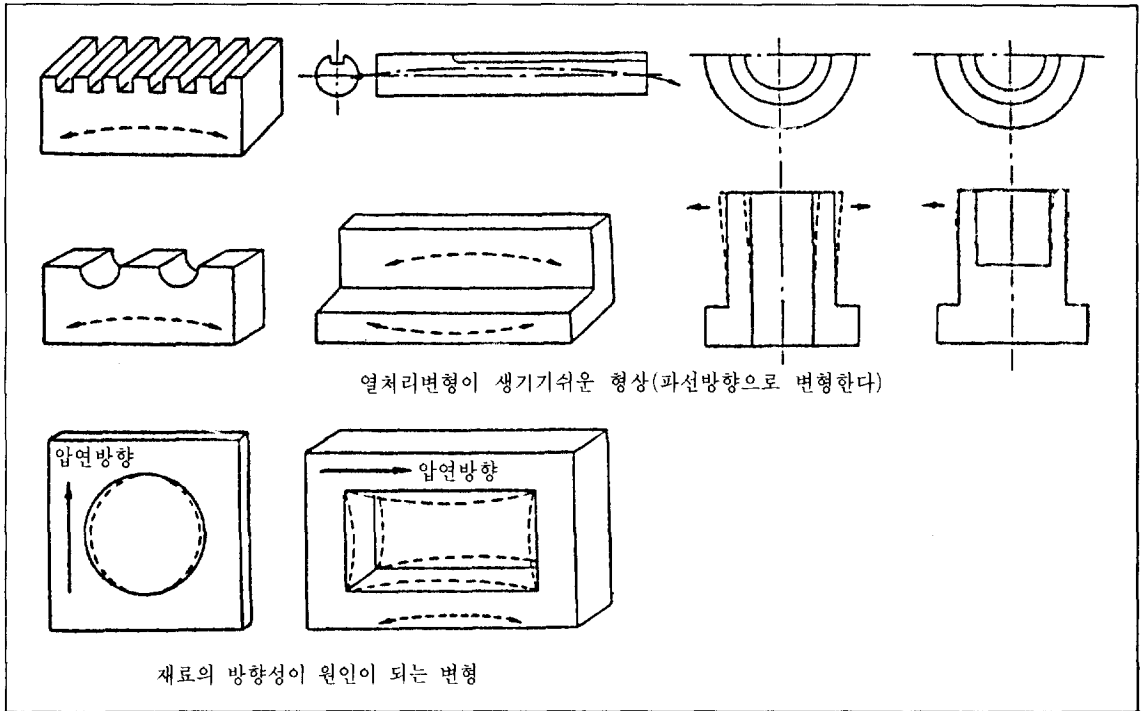


그림 4. 형상에 의한 힘발생형태

로 표1에 있는 퀴칭溫度(어느 것이나 낮은溫度로 되어 있다.)를 採用하는 것이 重要 point가 된다. 이것은 結晶粒의 成長을 억제하여 靱性を 갖게하는 것과 殘留 Austenite와 치수 變化量의 關係를 갖는 絶對必要한 條件이라 말할 수 있다.

(3) 材料는 퀴칭성이 좋은 空冷鋼種에 限한다.

材料는 急冷하여야 퀴칭이 되는 材質이 아니고 空氣에서도 퀴칭이 되는 鋼種을 選擇한다. 그 中에서도 膨脹 收縮等の 치수變化率이 적은 材料를 選擇하여야 한다.

그림 5, 6, 7, 8은 SKS3, HMD1, SKD 11, XW-10의 材料特性을 나타낸 것으로 다음에 各各의 材料特性에 對하여 간단히 說明한다. 그림 5는 SKS3의 特性圖로서 油冷하여야 所定의 硬度를 얻을 수 있다. 이 點은 재차 記述하고 있듯이 急冷에 依한 變形이 따라 다닌다. 熱處理에서 치수의 움직임은 길이 方向도 直徑方向도 (+)側을 나타내고 있으므로 膨脹하는 것을 알 수 있다. 치수變化量은 퀴칭狀態에서 0.16~0.17%를 나타내지만 200℃의 溫퍼링에서 0.1~0.12%로 된다. 이 收

縮은 martensite의 安定化에 의한 것으로 通常 press型을 高硬度를 必要로 하므로 200℃에서 溫퍼링을 하는 것이 많이 쓰여진다.

충격치에 대하여는 300℃溫퍼링에서 HRC 55前後로 낮은 것보다 200℃溫퍼링에서 HRC 60前後의 쪽이 良好한 結果를 얻고 있다.

一般적으로 硬度를 낮춤으로써 靱性を 높인다고 생각

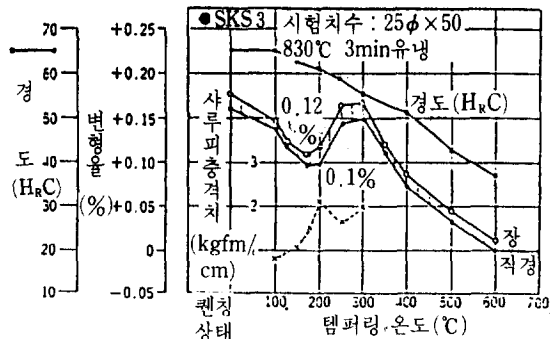


그림 5. SKS3의 재료특성

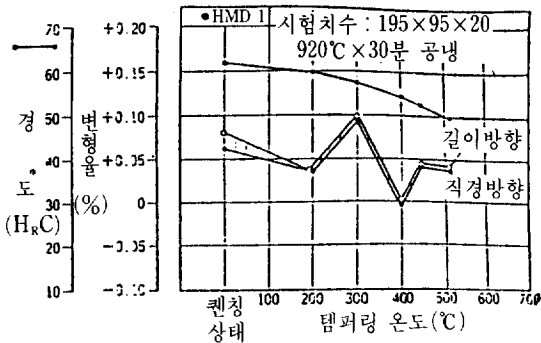


그림 6. HMD1의 재료특성

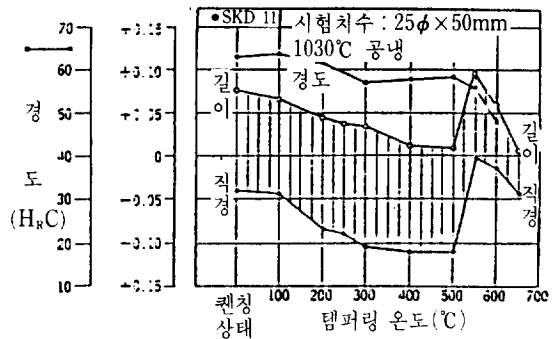


그림 7. SKD11의 재료특성

하고 있으나 반드시 그런 것이 아닌 材料가 SKS3 이다.

이 現象은 低溫템퍼링脆性에 依한 것이므로 Mo W를 含有하지 않은 鋼種에는 共通의으로 이 傾向이 있는 것을 알고 있어야 한다. SKS3의 좋은 點은 그림에서 알 수 있듯이 길이 方向과 直徑方向의 寸數變化率이 겨우 同一線上에 있는 것이다. 이것은 Disk 形狀의 金型의 경우라면 縱橫이 같은 程度의 %로 膨脹 寸數變化하는 것을 意味한다. 예를들면 從은 (+), 橫은 (-)라 하면 極端의인 움직임을 나타내는 材料에서는 다루기 쉽다고 말할 수 있다. 이 材料의 경우 變形이 나오기 어려운 形狀이라도 작은 質量의 것 以外는 後加工을 度外視하는 것은 아니 된다.

(4) HMD1은 寸數變化 變形이 적은 材料

이 材料는 日本 日立의 것으로 그림 6에 表示한 HMD1은 火炎퀵칭鋼이지만 一般的인 總퀵칭型鋼으로서도 使用되고 있다. 이 材料의 熱處理에서의 움직임을 그림을 보고 알 수 있듯이 材料의 方向性이 없고 또 寸數變化率은 200°C 템퍼링에서 0.01% 程度로 매우 적은 것으로 press金型뿐이 아니고 plastic金型에도 적용이 가능한 材料 特性을 갖고 있다.

특히 템퍼링溫度가 380~420°C의 경우 寸數變化는 0을 나타내고 있으며 HRC 55 前後의 硬度로 使用되는 條件의 것에는 後加工을 削除하는 것도 가능한 材料이다.

(5) SKD 11은 材料切斷 方法이 key point

그림 7은 SKD 11의 特性圖로 press金型뿐만 아니고 全分野에서 가장 많이 使用되고 있는 代表的인 鋼種이다.

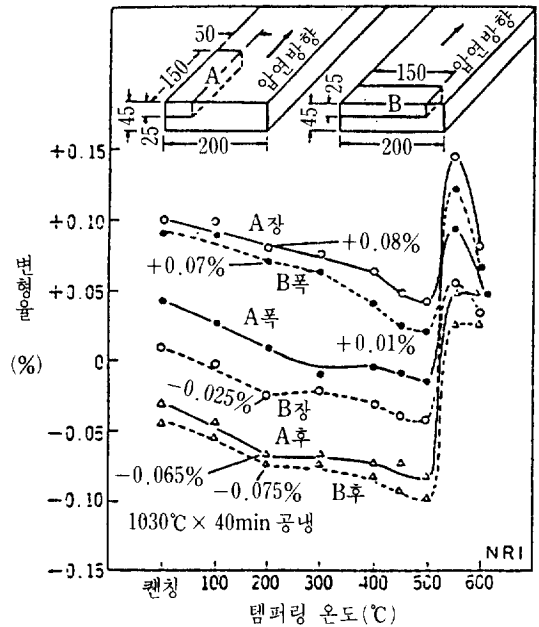


그림 8. SKD11의 재료절단방향과 寸數변화

熱處理에서 寸數의 움직임은 길이 方向과 直徑方向에서 極端의으로 차를 나타내고 있으므로 퀵칭後의 加工을 削除하는 것은 不可能한 材料라 말할 수 있다. 그러나 熱處理方法과 材料切斷方法에 따라서는 寸數變化가 적게 되므로 研削 여유를 大幅 줄일 수가 있고 金型의 크기 形狀에 따라 後加工을 생략하는 것도 可能하다.

熱處理條件은 前述한 바와 같이 낮은 퀵칭溫度 (970~1,000°C)를 擇해서 잔류 Austenite量을 억제하고 (-)가 되는 直徑側의 寸數를 적게 하는 것과 500~550°C에서 急激히 變化하는 템퍼링에서 寸數의 움직



표 4. SKD11의 材料切斷 變寸量

材料切斷		SKD11	
試料 寸法	A	B	
具 150 mm	+0.120×0.08%	-0.015×0.01%	
幅 50 mm	+0.005×0.01%	+0.040×0.08%	
厚 25 mm	-0.018×0.07%	-0.018×0.07%	

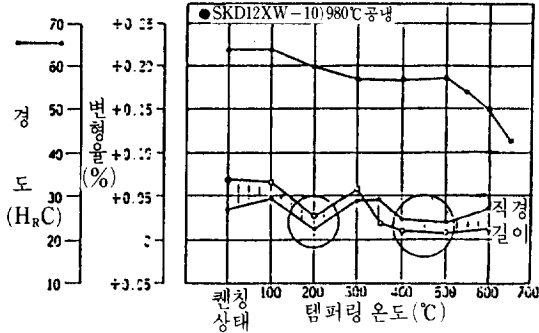


그림 9. SKD12(XW-10)의 재료특성

직임을 利用하는 것이 熱處理치수변화를 적게 하는 것이 重要 point가 된다.

材料의 切斷方法에 대하여는 金型으로서 치수精度를 維持해야만 하는 方向을 材料의 길이 方向(압연 또는 섬유組織方向)과 一致되지 않도록 주의해야 한다. 이 點에서 길이 方向이 (+)가 되는 材料에 한하여 말할 수 있는 것이다.

그림 8에 SKD 11의 材料切斷方向과 치수變化量(%)이 다른 것을 表示하였다. 平角形狀에서 金型的 경우 주로 길이 方向의 치수變化가 문제가 되므로 그림중에서 A와 B에서 B의 切取方法이 치수變化를 적게 하는데 單연 有利한 材料切斷方法이다.

參考로 材料의 切斷方法 A 및 B에 있어서 길이, 폭, 두께의 치수變化량을 표 4에 表示하고 材料切斷方法이 길이方向에 상당한 差가 있는것을 알 수 있다. 또 표 5는 平角 狀의 金型을 靛칭하였을 때 치수의 움직임을 熱處理現場作業記錄에서 pick up하여 數値를 나타낸 것이다.

(6) XW-10은 質量다음으로 後加工이 不必要

그림 9의 SKD 12는 市場性이 부족하고 通常Assab의 XW-10이 쓰여지고 있다. 이 材料는 그림을 보고 알 수 있듯이 材料의 方向性和 치수의 變化가 다른 鋼種에


표 5. SKD11의 熱處理變寸, 1000°C空冷, 200°C靛칭

處理前의 寸法	處理後의 寸法(m/m)	치수變化 量(m/m)	템퍼링後의 硬度(H <sub>R</sub> C)
L	90,520	90,520	0
W	80,570	80,620	+0.06
L	137,960	137,960	0
W	33,990	33,980	-0.01
L	151,800	151,830	+0.03
W	62,930	62,920	-0.01
L	179,990	179,980	-0.01
W	40,000	40,015	+0.015
L	189,990	190,000	+0.01
W	50,000	50,000	0
L	199,550	199,540	-0.01
W	60,000	60,010	+0.01
L	200,010	199,980	-0.03
W	60,000	59,990	-0.01
L	229,800	229,780	-0.02
W	80,000	80,005	+0.005
L	210,560	210,585	+0.025
W	150,610	150,580	+0.03

서 볼 수 없는 特性을 갖고 있으므로 金型的 크기와 形狀에 따라서 後加工의 削除가 可能한 材料이다. 이 點은 치수精度가 엄격한 plastic金型的 靛칭型에 많이 쓰여지고 있는 것으로 표 6에 XW-10의 熱處理치수 變化를 表示하였다. 이 數値는 시험條件에서 얻은 것이 아니고 千差萬別의 金型을 對象으로한 平常의 熱處理作業에서 얻은것의 一部를 表示한 것이므로 再現性이 높은 data이다.

以上 特定の 材料處理特性에 대하여 언급하였으나 이것을 綜合하면 靛칭비틀림은 熱處理方法으로 어느程度 回避할 수 있다. 단지 그 條件으로는 使用하는 材料를 空冷鋼種에 限定하지 않으면 아니된다. 또 치수變化量은 材料特性圖에서 치수變化率과 材料의 方向性, 템퍼링溫度와 치수의 움직임 등을 조사한 가운데 金型的 使用條件에 적합한 材料를 選定하는 것이다. 熱處理에 關하여서는 酸化脫炭이 없는 加熱方法으로 낮은 靛칭溫度를

표 6. XW-10의 熱處理變寸, 940°C 空冷 230°C 템퍼링

 XW-10 L W(mm) 處理前의 寸法		熱處理後의 寸法(m/m)	치수있는 量(m/m)	燒滷 後의 燒滷(H,C)
L	90.02	90.025	-0.005	59~60
W	70.00	69.990	-0.01	
L	100.00	100.02	-0.2	"
W	80.00	80.005	-0.005	
L	112.35	112.34	-0.01	"
W	100.00	100.00	0	
L	125.17	125.175	-0.005	"
W	125.17	125.170	0	
L	135.00	135.025	-0.025	"
W	125.00	125.010	-0.01	
L	140.14	140.15	+0.01	"
W	80.10	80.10	0	
L	150.18	150.165	-0.02	"
W	100.21	100.19	-0.02	
L	189.89	189.91	+0.02	"
W	139.96	139.96	0	
L	220.10	220.13	+0.03	"
W	140.08	140.08	0	

採用하는 것이 韌性を 갖게 하는 것으로 치수變화를 적게 하는데 重要的 것이다. 어디까지나 보다 좋은 金型의 設計製作에는 材料와 熱處理가 金型品質을 左右하는 重要的 要素가 되므로 熱處理비틀림을 적게 하는데는 최소한 여기에 記述한 程度의 對應處置가 必要하다.

5. 熱處理비틀림은 어떻게 해서도 피할 수 없는 것인가?

熱處理의 變形은 被處理品의 形狀이나 크기 金型에 使用하는 材料와 熱處理方法 등으로 피할 수 있는 경우와 피할 수 없는 경우가 있다.

우선 熱處理비틀림이 나타나기 쉬운 경우의 條件으로 그림 10에 表示한 바와 같이 靛청應力 發生이 不均衡이 되기 쉬운 形狀의 것, 材料에 대하여는 물 또는 油冷으로 急冷하여야만 靛청이 되는 鋼種 熱處理에 關하여는 被處理品의 準備方法이 맞지 않았을 때 溫度分布가 좋

지 않은 處理爐를 使用한 경우 등에서 비틀림의 發生이 많은 것으로 나타나고 있다.

물론 熱處理時點에 적당한 靛청溫度나 維持時間의 管理가 철저하지 못할 때는 비틀림이 일어난다. 비틀림을 적게하기 위하여는 어떤 點에 주의해야 하는가? 被處理品의 爐內裝入時의 準備方法은 爐의 構造나 加熱冷却 特性에 의해 다른 것으로 具體的인 良否를 나타낼 수는 없지만 平角形狀의 金型을 휘어짐 없이 靛청하기 위해서는 어떤 方法으로 裝入하면 좋은가 하는 程度는 누구나 알 수 있는 것이다. 그림 10에 있는 形狀이나 이에 유사한 것은 어떤 處置를 하면 多少의 變形은 피할 수 없을 것인가? 變形量을 생각하여 研削餘裕를 붙이는 것이 必要하다. 加熱할 때 昇溫速度를 빨리하면 不均衡한 加熱이 되기 쉽고 빨리 昇溫된 部分과 늦게 昇溫한 部分에는 變態의 兪갈림을 나타내므로 冷却時와 같이 應力 balance가 不均衡으로 되어 變形이 되는 것이다. 결국 變形은 冷却時만 일어나는 것이 아니고 加熱時에도 發生하는 要素가 있으므로 各部가 均等하게 昇溫되어지는 듯한 徐加熱이나 step 加熱의 採用이 바람직하다.

參考로 SKD 11이나 SKH 9의 通常의 條件으로 하고 있는 熱處理 條件을 그림 11에 表示한다.

主題는 비틀림을 적게해서 靛청後의 研削加工을 大幅 削減하던가 혹은 削除하는 것이므로 당연한 것이지만 酸化 脫炭層을 形成하는 加熱爐를 採用한 것은 意味가 없다. 따라서 熱處理方法은 靛圍氣加熱이나 眞空熱處理에 限하나 金型材料에 對하여는 空冷鋼種을 擇하고 熱處理時點에서 急激한 昇溫과 冷却을 피하면 單純한 形狀의 것은 變形을 피할 수 있다. 단지 이런 경우에서 金型의 크기로 한 邊의 길이가 200 mm이하의 것이면 두께에 關係없이 0.03 mm以內의 平面度를 보증할 수 있으나 그 以上의 크기에서는 두께에 따라 휘어짐의 變形點이 크게 되므로 어느 程度의 平面修正이 必要하게 된다.

특히 材料에 對하여 強調하고 싶은 것은 그림 10에 나타낸 以外의 複雜한 形狀의 金型에서 누가 보더라도 變形이 되겠다고 생각되는 것에서는 材料의 被削性을 度外視해서 空冷鋼種의 採用을 권한다. 이와 같이 말하면 空冷鋼은 모두 切削性이 좋지 않다고 생각할 수 있지만 그렇지는 않은 것이고 그 中에서도 特殊工具鋼(SKS)과 같은 程度의 被削性을 가진 材料도 있으므로

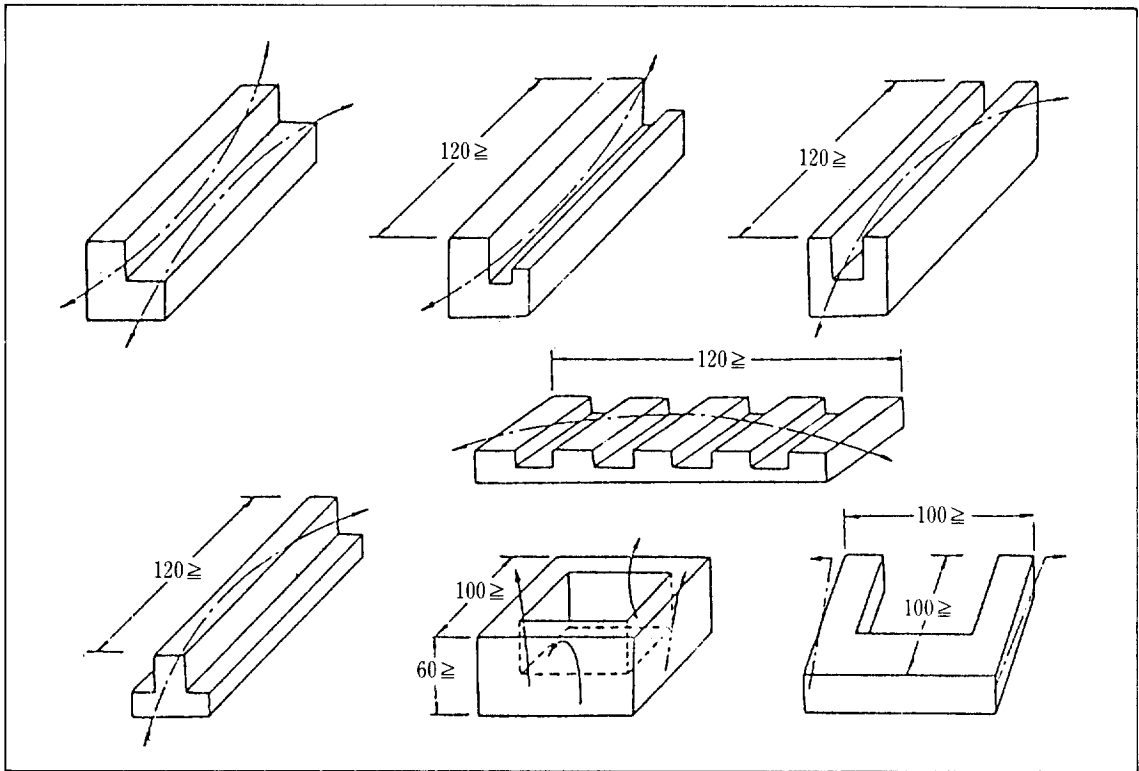


그림 10. 열처리변형이 되기 쉬운 형상

SKD 11 990~1000℃  
SKH 9 1150~1180℃

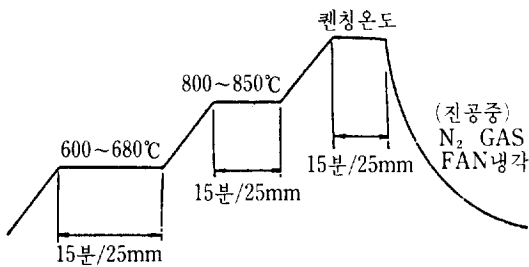


그림 11. SKD 11, SKH 9 熱處理條件

걱정할 필요는 없다. 그러나 퀴칭後의 研削餘裕는 數 mm 單位로 붙여 두면 急冷鋼種을 使用해도 지장이 없으나 金型에 따라서는 後研削이 되지 않는다.

이와 같은 形狀의 것에는 油冷鋼을 使用한 것에는 熱處理變形에 대하여 해결은 不可能한 것이다. 만약 어떻게 해서도 이런 種類의 材料를 使用하지 않으면 안되는

경우는 極端的인 좋은 쪽을 택하여 어느 程度의 變形不良을 豫상하여 그것만의 不良 risk를 製作時에 加味해 두지 않으면 안된다. 그러나 空冷鋼이면 變形을 적게 하기 위하여 잠입準備나 冷却方法을 自在로 處置하므로 비틀림이 나타났더라도 적은 量으로 끝나므로 變形에 關하여는 人爲的으로 세세한 配慮가 되는 材料가 아니고는 納得할 수 있는 熱處理도 되지 않고 좋은 結果도 얻지 못한다.

특히 金型은 形狀이 千差萬別하므로 이 點에 對處가 必要한 것이다. 最終的으로 퀴칭비틀림의 大小有無를 定하는것은 金型의 形狀에도 따르지만 오히려 金型材料의 選定이 重要한 것이다. 물론 形狀이나 被處理品의 크기로 變形이 없고 또 變形이 되기 어려운 것도 많지만 油冷鋼種을 使用해도 하등의 지장이 일어나지 않는다.

(1) 熱處理前의 應力除去 어닐링과 퀴칭비틀림의 關係는 變態點이하의 溫減(550~680℃)에서 실시한 應力

除去 어닐링을 하여 더욱 효과가 있는 것은 機械加工時의 휘어짐이나 꼬임도 600℃以下에서 處理되어지는 表面硬化, 예를들면 窒化處理 등의 경우 變態點以上の 溫度를 올리지 않으면 안되는 靑칭에서는 그 效果는 현저하지 않고 특히 SK, SKS 等 油冷하여야 靑칭이 되는 材料에 應力除去어닐링을 하여도 전혀 意味가 없으므로 이들 材料에 前處理를 해두면 燒割이나 靑칭비틀림을 막는 것이 된다고 생각하면 곤란하다.

熱處理비틀림을 적게하는 데는 材料의 選定과 熱處理作業 technic쪽이 重要하고 오히려 熱處理를 생각한다면 加工되는 범위에 調質(靑칭 템퍼링處理)을 한 것이 熱處理時點에서 寸數變化量을 적게하는 것이 有效하다.

### 6. 豫熱實施의 效果와 方法

(1) 豫熱은 加工變形을 豫防한다.

金型을 靑칭하면 크거나 작거나 寸數가 變하고 變形되는 靑칭비틀림이 일어난다. 寸數變化는 靑칭에 의한 組織變化로 인해 생기는 膨脹收縮으로 표 7에 代表的인 金型鋼의 寸數變形量을 나타냈다. 變形은 加熱 또는 冷却할 때에 形狀이 휘었던가 꾸부러지던가 하는 것으로 變形은 形狀에 의해 支配된다.

(2) 加熱變形은 왜 일어나나.

金型은 變態點을 지나 靑칭溫度로 加熱할 때 全體가 똑같은 上昇速度가 아니고 加熱에 依한 膨脹이 늦고 빠른 곳이 있다. 또 變態點을 通過할 때 鋼은 一時的으로 收縮하나 金型形狀에 따라 通過에도 迅速이 있고 이로 인하여 發生하는 內部應力에 의해서 金型은 加熱變形을 일으킨다. 이 경우 加熱이 빠를수록, 熱傳導率이 나쁜 鋼일수록, 또한 複雜한 金型일수록 加熱變形이 많다.

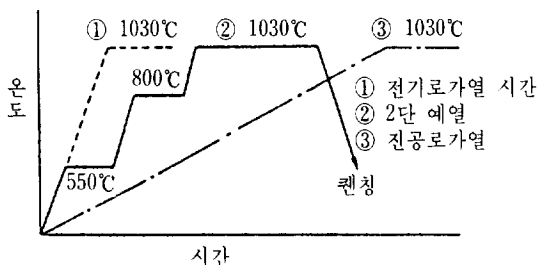


그림 12. 전기로와 진공로의 가열속도

(3) 豫熱로서 加熱速度를 늦게한다.

昇溫이 빠른 宿 energg type의 電氣爐의 加熱速度를 眞空爐와 比較하면 그림 12와 같다. 電氣爐內의 加熱은 輻射와 對流로 일어나나 眞空爐는 對流를 일으키는 空氣가 없고 輻射만으로 두드러지게 加熱이 늦다. 이 때문에 眞空爐에서 靑칭한 金型은 靑칭變形이 적다고 말하는 理由이다.

電氣爐의 경우 眞空爐와 같은 加熱速度로 하는 것은 可能하지만 眞空爐와 똑같은 爐의 稼動率을 두드러지게 低下시킨다. 그러므로 그림 12의 ①와 같은 靑칭溫度에 加熱하는 途中 적당한 溫度에서 停滯豫熱하면 稼動率은 그다지 低下되지 않고 加熱變形을 막는 것이 된다.

豫熱의 理想은 그림 12의 ②와 같은 2段豫熱로, 第一段은 鋼이 彈性體에서 塑性體로 옮기는 500~550℃ 第二段은 鋼의 組織이 pearite에서 austenite로 變態收縮하는 A<sub>1</sub>變態의 直下溫度로 한다.

(4) 豫熱을 하지않는 경우도 있다.

金型의 鋼種 形狀에 따라 다음과 같이 豫熱해야 하는가 생각해야 하는 것도 必要하다.

① 炭素工具鋼(SK 3)

SK 3도 金型에 쓰여지나 이 鋼은 水 靑칭鋼이므로 靑칭비틀림의 發生이 크다. 靑칭비틀림에 가장 影響을 주는 것은 冷却變形으로 水冷의 冷却速度를 1로 하면 抽冷 1/3, 空冷 1/50 이고 SK 3가 靑칭비틀림이 많은 것은 당연한 것이다. 따라서 加熱變形을 억제하여도 意味가 없고 일반적으로 豫熱은 하지 않는다.

② 低合金工具鋼(SKS2, SKS3)

이 鋼은 油靑칭鋼이므로 水靑칭 만큼은 아니지만 marquenching(鹽浴靑칭)을 하지 않는한 상당한 靑칭비틀림이 일어난다. 따라서 精密複雜한 形狀의 金型을 豫熱하지 않고 加熱하더라도 지장이 없다. 만약 豫熱을 하는 경우 550℃의 第一段豫熱만 하고 豫熱時間은 金型의 두께 25mm當 15分의 比率로 維持하면 된다.

③ 高合金工具鋼(SKD 11)

이 鋼은 空氣靑칭鋼이므로 冷却變形은 없고 표 5에서와 같이 寸數變化率도 적고 精密金型에 적합하다. 그러나 高合金鋼이므로 熱傳導率이 나쁘고 急熱하면 加熱變形의 發生이 크고 반드시 豫熱이 必要하다. 豫熱方法은 그림 12와 같이 550℃, 800℃의 2段豫熱이며 單純形狀의 金型은 550℃의 第一段은 25mm에 대하여 15分 第二段은 8分의 比率로 유지하면 된다.

7. 熱處理로 치수變化를 적게 시키는 方法

熱處理로 치수變化를 적게하는 데는 「熱處理 비틀림이 적은 材料와 靛칭方法」에서도 말했으나 템퍼링溫도와 치수變化의 關係에 對하여 말하고자 한다.

치수變化는 材料特性에서 일어나는 體積의 膨脹과 收縮을 말하고 있으므로 材料 自身이 움직이는 것이 第一條件이다. 그러면 왜 이러한 膨脹이나 收縮의 現象이 일어나는 가에 對하여 다른 項에서도 기술하였지만 加熱 後의 冷却에서 Austenite組織이 Martensite組織으로 變態하기 때문이다.

通常 靛칭에서 얻어지는 組織은 材料의 成分(合金元素의 種類와 含有量)이나 熱處理方法(靛칭溫도와 冷却速度)에서 多少差異가 있지만 100% Austenite가 全部 Martensite(靛칭組織)로 變態하는 것이 아니므로 이 時點에서 Martensite와 殘留 Austenite와의 混合組織으로 되기 때문이다.

이러한 狀態에서 얻어지는 Martensite와 殘留 Austenite는 前者는 膨脹 後者는 收縮하는 것으로 이 兩者가 均衡이 잡히면 치수變化는 없는 것이다. 그러나 長髮의 熱處理에서 이런 Balance를 얻는 것은 不可能에 가깝고 殘留 Austenite는 不安定한 組織이므로 經年變化의 主因子가 되는 것이고 耐磨耗性 耐燒付性에 對해서

도 좋은 結果를 가져오는 組織이 아니므로 될 수 있는 한 없는 것이 좋다.

이러한 Austenite는 靛칭溫도를 높이면 많이 감소하는 傾向이 되므로 靛칭溫도에는 충분한 주의를 해야 한다.

여기까지 말한 것은 靛칭工程에서 組織과 치수의 움직임에 對하여 말했으나 熱處理에서의 치수變化는 靛칭 할때보다 오히려 템퍼링 溫度에서 치수의 움직임이 크므로 金型을 設計할 때는 템퍼링溫度에서의 치수의 움직임을 충분히 파악해 놓아야 한다.

또 材料에는 섬유상조직(炭化物을 포함)에 方向性이 있고 이 섬유方向과 直角이 되는 方向에서 치수變化가 다르므로 이 움직임을 利用하여 材料切斷方向도 치수變化량을 적게하는 手段의 하나이다.

그림 13에 HMD1의 템퍼링溫도와 各面의 치수變化率을 표시하였지만 그림을 보아 알 수 있듯이 이 材料의 경우 縱方向과 幅方向의 치수變化率은 거의 같으므로 材料切斷方法에서 熱處理의 치수變化가 極端으로 變化하는 것은 없다. 단지 두께方向의 치수變化량이 크므로 그림 14에서와 같이 材料의 切斷하는 쪽을 (c)로 하면 幅方向의 치수變化량이 크게되고 金型強度의 면에서도 弱하므로 이런 切斷方法은 피하는 것이 좋다. 그러나 材料切取는 그림 13의 上部에 나타난 A 또는 B가

표 7. 代表鋼種 變寸率

鋼 種	變寸率(%)	備 考
SK 3	+0.3	變寸率 = $\frac{B-A}{A} \times 100$ A: 燒入 前寸法 B: 燒入 後寸法
SKS 3	+0.2	
SKD 11	±0.05	

표 8. HMD1의 템퍼링 溫도와 치수 變化量

材料의 靛칭條件 燒滷 溫度 試片의 크기	HMD 1 靛칭 溫度 920°C 冷却方法 N <sub>2</sub> 加壓冷却	
	燒滷 200°C	템퍼링 200°C
燒滷 400°C		
長 200 mm	0.041% 0.082 mm	-0.004% -0.008 mm
幅 100 mm	0.037% 0.037 mm	0.011% 0.011 mm
厚 20 mm	0.10 0.02 mm	0.025% 0.005 mm

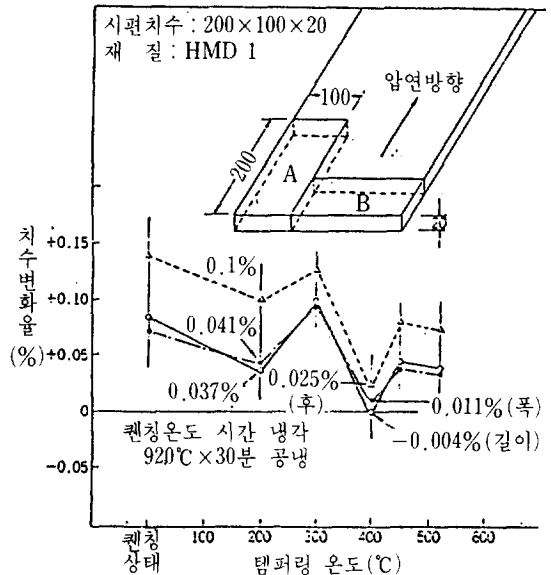


그림 13. HMD1의 템퍼링온도와 치수움직임

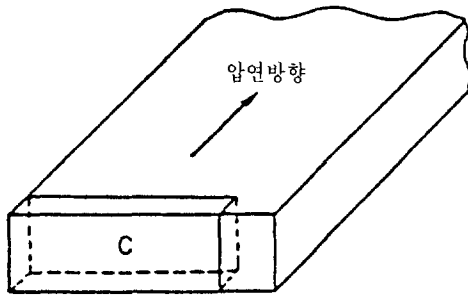


그림 14. 좋지 못한 재료절단 방법

切斷하는 方法이므로 이와 같은 熱處理 特性을 나타낸 材料의 경우는 치수變化로 큰 문제를 일으키는 것은 없다. 다만 熱處理비틀림이 적은 材料와 靚칭方法의 項에서도 말했지만 SKD 11 과 같이 直徑方向과 길이方向의 움직임이 極端의으로 다른 鋼種에 對하여 材料의 方向과 치수變化傾向을 보면 치수變化量이 적은 方向을 金型의 길이 方向으로 切斷하는 것이 熱處理에서 치수變化를 적게 시키는 重要한 Point가 된다.

表 8은 HMD1의 靚퍼링溫度와 치수의 움직임이 다른 데 對하여 그 結果를 나타낸 것이다. 數值를 보고 알 수 있듯이 靚퍼링溫度에 의한 치수의 움직임이 어떻게 달라지는지 알 수 있다.

물론 이 경우는 硬度의 變化를 度外視한 생각이었으므로 使用條件을 고려하면 全部적용되는 Process라고는 할 수 없으나 靚間塑性用 金型에 쓰여지는 材料의 대부분은 靚퍼링軟化가 적은 材料이므로 크나 작으나 이러한 處置는 해야 한다.

더욱 이러한 치수變化值는 計上計算으로 豫測하는 것이 되므로 設計時點에서 그런대로 치수變化量을 고려하면 實質의으로 치수變化가 적다. 그러므로 硬度에서 充分히 對應하는 범위에서 熱處理를 하는 것이 可能하므로 치수精度를 必要로 하는 Plastic金型和 Press金型에 이와 같은 處置를 하여 後加工을 輕減 또는 削除하고 있는 例가 많다.

熱處理에서의 치수變化를 말하는 것은 당연히 靚칭溫度와 殘留 Austenite의 關係를 配慮하지 않으면 안되나 採用하고자 하는 材料의 靚칭 靚퍼링溫度의 움직임을 充分히 알아 둘 것과 材料切斷方法에 주의를 해야 하며 熱處理만으로 이 문제를 해결시키는 것은 不可能한 것을 강조하고 싶다.

### 8. 材料切斷方法과 金型強度의 關係

一般的으로 市販되고 있는 材料의 大部分은 壓延 鍛伸 引拔등의 塑性加工이 實施되고 있으므로 섬유狀의 組織이 길이 方向으로 늘어나고 있다.

그림 15는 材料의 切斷方向을 길이方向(L)과 直角方向으로 되는 方向을 (C)로 한 경우의 機械的 性質이 다른 것을 표시하였으나, 材料의 方向에서 紋(조임)충격伸率에 상당한 差가 있는 것을 알 수가 있다. 이 傾向은 高硬度의 炭化物이 析出分布하고 있는 靚間DIES鋼이나 高速度工具鋼으로 됨에 따라 그 差가 현저하게 나타나므로 주의해야 한다. 적절한 材料를 切斷하는 方法은 그림 16에 나타난 바와 같이 어느 것이던 材料의 길이 方向(섬유組織의 흐름)을 加工主應力과 直角으로 하는 것이 材料를 능숙하게 使用하는 Point가 되는 것이다.

Press金型은 耐충격性을 必要로 하므로 이를 重視하여야 한다.

만약 材料의 切斷方向이 그림 16과 같이 나쁜(加工主應力이 길이方向과 一致하고 있다)의 경우는 사진 1을 보아 알 수 있듯이 炭化物의 흐름에 따라 Crack이 생기는 위험이 있다.

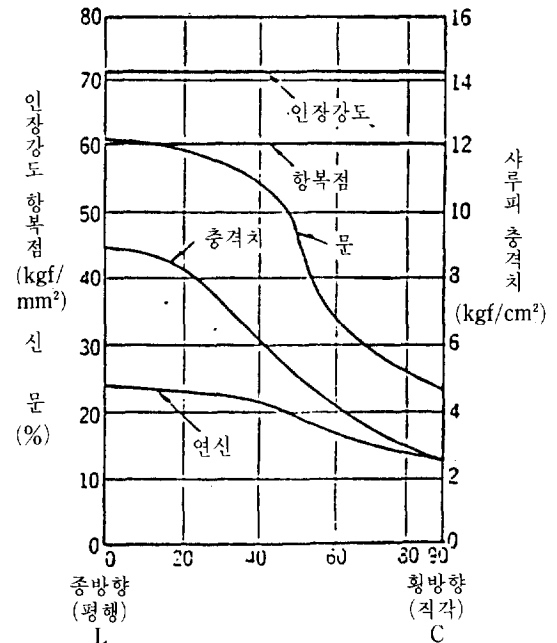
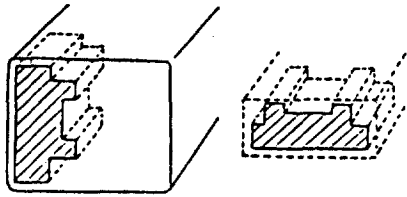


그림 15. 靚갈재료선정상의 point



이와같은 경우 좌도와 같이 에서 절단한다  
소재의 길이 방향은 작업에 발생하는 주가공 응  
력과 직각으로 한다.

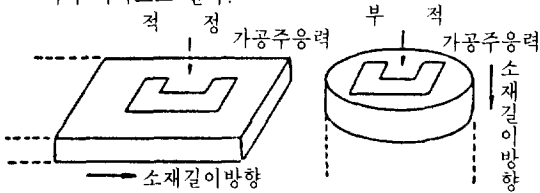


그림 16. 올바른 재료 절단방법의 한 예

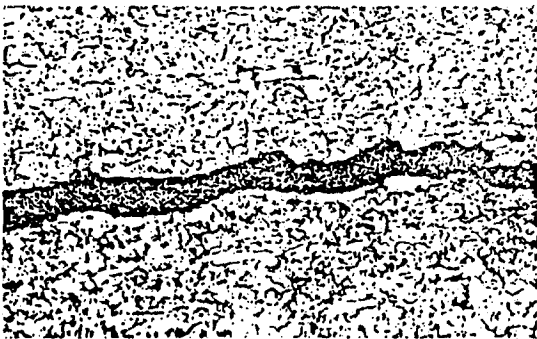


사진 1 CRACK進行狀況(×400)

물론 金型の 缺(破)損의 圓圖을 材料切斷의 좋고 나쁜 것 만으로 결부하는 것은 빠른 計算이며 예를 들면 使用할 金型材料가 加工主應力에 견딜 수 있는 것의 特性을 갖고 있지만(材料의 選定) 金型の 形狀과 強度의 Balance에 問題는 없었는지 熱處理應力의 殘留는 없었는지(不完全靚칭이나 不充分한 템퍼링) 靚칭硬度에 對하여 耐力과 靚性과의 關係를 充分히 배려되어 있지만 靚칭溫度가 높아져 結晶粒이 粗大化되지 않았던가 等 事故發生의 要因이 되면 끝이 없으나 어느 것이던 檢討할 必要가 있다.

材料의 切斷方法과 強度의 關係는 같은 材料를 使用해서 지금까지 똑 같은 熱處理를 해서 어떤 事故가 發生했든지 빠뜨리기 쉬운 因子이지만 實際로 重要한 發

生原因의 하나이므로 輕視해서는 안된다.

이 點의 管理는 材料가 切斷되어진 후에는 간단하게 그 方向을 區分할 수 없으므로 材料의 切斷 및 購入에 充分히 注意를 해야 한다.

이러한 點에 소홀함을 나타내면 金型の 事故를 줄이고 또 金型的 壽命向上에 지장을 주게 된다.

### 9. Wire 放電加工으로 變形과 Crack을 防止

高硬度로 靚칭 되어있는 金型的 Wire 放電加工에서 Crack이나 變形은 熱處理에서 일어나는 變態應力의 殘留와 金型的 質量(두께)과 材料特性(특히 靚칭)과의 關係 혹은 熱處理品質의 良否 等에 對해서 對應處置에 不備한 것이 있는 경우에 일어나는 case가 거의 대부분이다.

變態應力의 殘留는 高溫템퍼링(500~520℃)를 實施해서 除去하는 것이 되므로 템퍼링軟化抵抗이 큰 材料에 限하므로 SKD 11은 좋다하고 SK나 SKS는 靚칭성이 나쁘고 또 高溫템퍼링으로 쉽게 硬度가 低下하는 것으로 적용되지 않는다.

어떻게든 SK나 SKS를 使用하지 않으면 안되는 경우는 그 材料의 質量效果를 생각해서 두께가 얇은 金型으로 하여야 한다. 예를들면 SK는 15mm以下, SKS는 20mm以下이다. 이 材料를 使用해서 이 以上の 두께의 金型을 만들 때는 熱處理의 品質安定을 도모하기 위해 그림 17에 나타난 바와 같이 대체로 形狀을 荒取(거칠게 加工해 두는 것)하는 것이 必要하다. 더욱 荒取는 放電加工時의 變形을 적게 하는데 效果가 있는 方法이

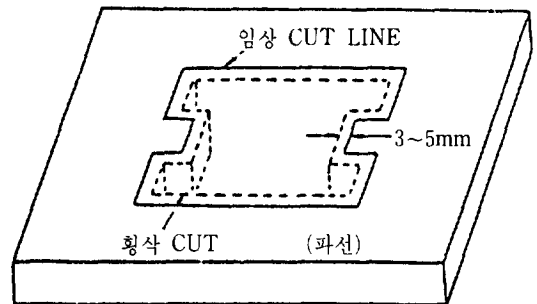


그림 17. WIRE방전 가공에서 CRACK 변형을 막기위한 靚칭

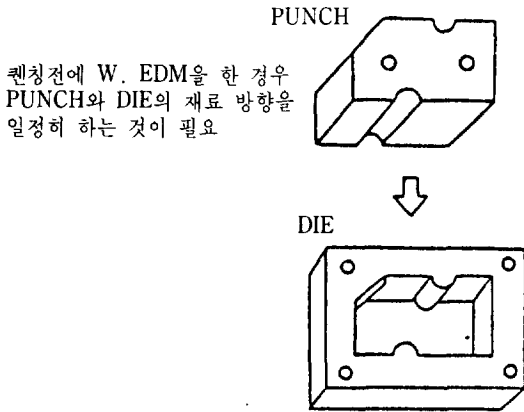


그림 18. 올바른 재료절단

기 때문에 材質이나 質量에 關係없이 精度를 문제로 하는 金型에서는 빠뜨릴 수 없는 대책의 하나이다.

혹은 그림 18에서와 같이 Punch die로 한 邊의 길이 가 150mm이하의 金型에서 Aearancie가 被加工 材料의 5~7% 精度의 許容精度의 것이면 熱處理에서의 치수變化 變形이 적으므로 Wire 放電加工後의 켄칭도 충분히 가능하다. 이 경우 Punch와 die의 材料方向은 一致할 것과 材料는 SKD11, XW-10, HMD1, RT631, KNL 등의 空冷鋼種의 採用이 原則이다. 더욱이 SKD11은 두께가 40mm 以下の 경우는 低溫템퍼링(200℃)에서 Crack의 걱정은 없으나 40mm以上에서는 Crack의 위험성이 있으므로 高溫템퍼링을 實施하는 것이 必要하다.

熱處理에 있어서 品質의 安定度를 생각해서 酸化 脫炭이 없는 霧圍氣加熱 眞空熱處理의 採用이 바람직하다. 특히 眞空熱處理는 安定된 materix를 얻게 되므로 Wire 放電加工 速度를 向上시키는 Merit도 된다.

放電加工面은 그림 19와 같이 20~30μ의 두께로 變質層이 形成되어 진다고 하나 加工特性에서 보여진 것은 熔融溫度에서의 冷却으로 매우 높은 引張應力을 받고 있어서 結晶粒의 粗大化로 脆弱한 組織으로 되어 있

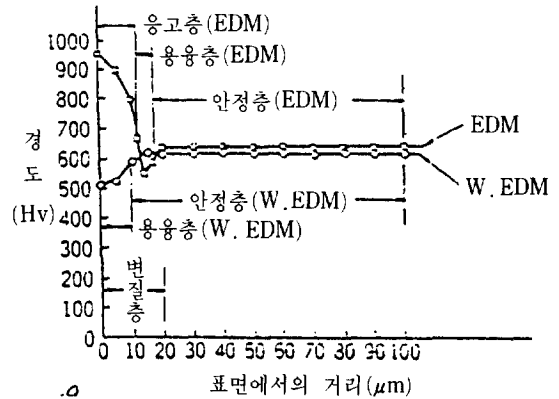


그림 19. 방전 가공기와 WIRE 방전 가공기의 방전가공 표면경도의 비교

기 때문이다.

이러한 狀況에서 微細한 Crack이 發生되어 있던가 혹은 若干의 衝擊으로 쉽게 Crack이 일어나는 등 매우 不安定한 組織으로 되어 있는 것이다. 따라서 이러한 放電面은 金型에서 매우 위험한 存在이므로 상당한 理由가 없는 限 除去하는 것과 조금이라도 韌性의 回復를 꾀하기 위해 金型의 템퍼링溫度보다 多少 낮은 溫度에서 다시 템퍼링處理를 하면 安心할 수 있다.

특히 最近에는 微細放電加工이 많이 採用되어 放電耐 狀態로 使用되는 Case가 많아지고 있으나 이것은 金型 強度를 低下시키는 큰 要因이 된다. 따라서 켄칭後에 Wire 放電加工 또는 型形放電加工을 실시한 것은 金型의 템퍼링直下의 溫度에서 다시 템퍼링處理를 하는 것이 Crack 防止와 應力除去에 의한 耐磨耗性의 向上에 重要な Process가 되는 것이다.

勿論 Wire 放電加工 혹은 型形放電加工後에 熱處理를 실시한 경우 結晶粒의 粗大化로 취약하게 되어 組織을 多少나마 回復시키는 것으로 金型品質에 있어서 매우 有利하다. 즉, 放電面의 品質만을 생각하면 熱處理前에 放電加工을 하는 것이 좋은 것이다.