

技術解説

金型 熱處理는 이런 要領으로

李 正 植
韓國熱處理

金型 熱處理에는

1. 金型 Body 全体를 改善하기 위한 體質改善熱處理
2. 金型的 表面만을 改善하는 表面改質熱處理

이 두가지가 있다.

最近 表面改質 熱處理가 이루어지고 있다. 어떻게 좋은 表面改質處理를 하더라도 金型的 Body가 確固하게 되어있지 않으면 아니된다. 健全強固한 Body 위에 表面改質處理를 해야만이 처음으로 셋딩어리가 금방망이로 바뀌게 되는 것이다. 먼저 體質改善熱處理가 先行되고 表面改質熱處理를 하여야 한다.

1. 體質改善熱處理

金型用鋼은 一般的으로 燒入性이 좋으므로 Body 全体를 加熱하여 熱處理를 하는 것은 문제가 되지 않는다.

體質改善 熱處理에는 球狀化 燒鈍 応力際去燒鈍 燒入 燒戻 SUB-ZERO 處理등이 있다.

1.1. 球狀化燒鈍(燒入의 均一性和 燒歪防止)

金型用鋼은 CARBIDE 系이므로 Carbide 球狀化가 絶對인 것은 아니다. 먼저 Carbide의 크기 形狀 分布狀態가 영향을 준다. 一般的으로 軟化燒鈍보다는 球狀化燒鈍이 重要視되고 있다. 金型用鋼은 一般的으로 球狀化燒鈍을 實施한 狀態로 供給되지만 이것을 鍛造 成形한 경우에는 다시 球狀化燒鈍을 할 必要가 있다. 따라서 金型用鋼은 가능하면 供給狀態로 機械加工에 依해 成形하는 것이 바람직하다.

金型用鋼의 球狀化燒鈍은 金型的 燒入性을 增加하고 金型으로서의 功削性能이나 耐摩耗性을 向上시키기 위해 하는 予備處理이다. 그의 方法에는 徐冷法과 1次 2次

燒入法의 두 가지가 있다. 一般的으로 徐冷法을 行한다.

1.1.1. 徐冷法(一般法)

이 方法은 A₁變態點(約 730°C) 直上에서 長時間 加熱後 緩徐冷(10~15°C/Hr)한다. 600°C 以下는 炉冷(約 100°C/Hr)해도 좋다. 그림 1은 SKS의 球狀化燒鈍의 作業圖解이다.

1.1.2. 1次 2次 燒入法(新法)

이 方法은 Acm 變態點以上 약 30°C 높은 溫度에 加熱되어 均一 AUSTENITE化 한 後 均一 急冷(燒入)한다. 이것이 1次 燒入이다. AUSTENITE 結晶粒은 거칠게 되므로 Ms點(約 250°C)以下의 冷却을 注意하지 않으면 燒割을 일으키는 경우도 있다. 可能하면 熱浴冷却(溶溫 250~300°C)하는 것이 좋다. 계속해서 A₁變態

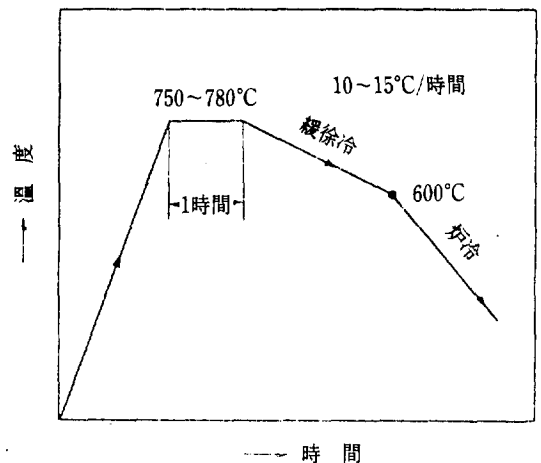


그림 1. SKS의 球狀化燒鈍 作業圖解

直上 (750~800°C)에 約 30分間 加熱한 後 急冷한다. 이것이 2次 燒入이다.

2次 燒入의 加熱에 따라 粗大化한 AUSTENITE 結晶粒은 再結晶으로 微細化하고 Carbide도 微粒析出하는 것으로 매우 적합하다. SKH에 對한 DOUBLE 燒入이다.

浸炭燒入의 1次 2次 燒入은 이에 해당한다.

2次 燒入의 溫度는 1次 燒入의 溫度보다 낮은 것이 POINT이다. 溫度를 높게 하면 結晶粒의 粗大化나 混粒을 초래하여 좋지 못하다.

1.2. 応力除去 燒鈍(燒歪의 防止)

機械加工이나 常溫加工等の 殘留応力을 除去하기 위한 低溫燒鈍으로 通常 S.R(STRESS RELIEVING)이라 하고 S.R.의 加熱溫度는 450°C 以上 約 600~700°C가 適當하고 約 1時間 維持한 後 徐冷하고 450°C 以下는 空冷한다. S.R을 하면 燒歪를 적게 하는 것이 되므로 特히 形狀이 複雑한 金型에 對하여는 必要한 予備處理이다.

1.3. 燒入燒戻

金型도 燒入에 依해 硬하게 되나 同時에 脆弱하게 되고 磨耗에도 弱하게 되므로 반드시 燒戻를 하여야 한다. 金型도 燒入과 燒戻에 의해 탄생 되는 것이다.

1.3.1. 予熱(變形防止)

燒入의 第一步는 予熱로서 시작한다. 予熱은 熱의 쇼크를 완화하여 變形防止를 하고 있다.

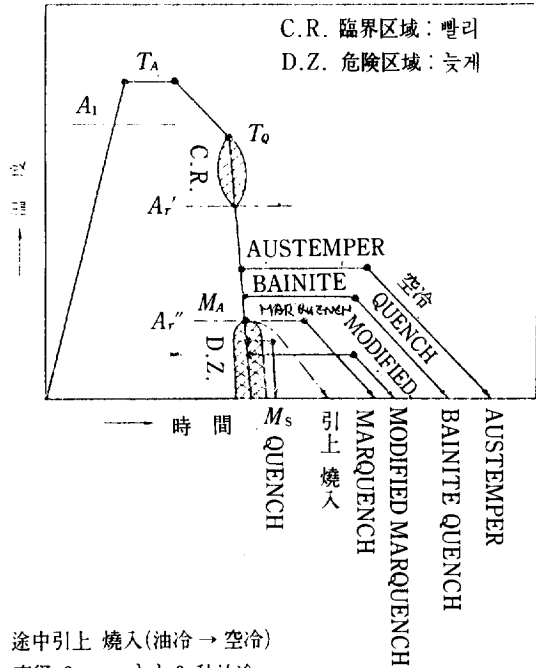
予熱溫度로서는 第1段 予熱에 變態點以下 即 650~700°C를 선택하는 것이 좋다. 그것도 變態點이 PEARLITE가 AUSTENITE로 變態할 때 膨脹→收縮하는 것으로 이 複雑한 것을 완화하기 때문이다. 새로 形狀이 複雑한 金型에 對하여는 第2段 予熱로서 鋼이 彈性體로 바뀌는 溫度 即 450~500°C를 採用하는 것이 좋다. 變形은 塑性體인 때에 일어나기 때문이다.

결국 予熱은 通常 第一段予熱(600~700°C)만으로도 좋으나 特히 주의 깊게 할때는 第2段 予熱(450~500°C)를 採用하고 要하면 二段予熱을 하는 것이 좋다.

予熱의 加熱時間은 約 40分/25 mm角이면 좋다. 이것으로 製品(work)의 中心部까지 予熱溫度에 到達한다. 維持時間은 不要하다.

1.3.2. AUSTENITE化(燒入의 KEY)

AUSTENITE化 溫度(T_A) 결국 燒入溫度와 燒入硬



途中引上 燒入(油冷→空冷)
 直徑 3 mm 마다 3 秒油冷 } 引上한다.
 두께 2 mm 마다 3秒油冷 }

그림 2. 各種燒入 方法

의 KEY POINT이다. 그 溫度는 반드시 變態點以上인 것이 必要하다.

이 溫度에 約 10分前後 維持하고 所要量의 CARBIDE를 AUSTENITE 中에 固溶시켜야 한다. 이 維持時間은 製品의 두께에 關係없는 것은 이미 알고 있는 事實이다 (다음 機會 說明 할 것임).

SK	800~850°C×約 5分
SKS	830~850°C×約 7分
SKD11	1030°C×10~15分
SKH	1250°C×約 5分

1.3.3. 冷却(硬도가 實現된다)

AUSTENITE化 溫度(T_A)에서 곧 冷却할 必要는 없고 約 100°C 내려간 溫度(T_0)에서 急冷한다. 결국 늦게 燒入하는 것이다. 勿論 完全冷却하여서는 아니된다.

M_s 點以下는 徐冷하는 것이 必要하다. 거기에는 油冷引上冷却, MARQUENCH의 경우에 따라 空冷을 하는 것이 좋다.

그림 2는 여러가지 燒入의 冷却方法을 나타낸다.

1.3.4. 燒戻(질기게 하기 위해)

燒入後 반드시 燒戻를 實施한다. 燒戻에 依하여 STRESS가 解消되어 질긴 性質이 나타나고 耐摩耗性을 發揮하게 된다.

말하자면 燒戻는 燒入의 仕上으로 이에 依해 金型은 硬하고 질긴것이 된다. 그의 燒戻溫度는 時間 및 반복 횟수는 다음과 같다.

SK SKS 약 200°C×1시간×2회
SKD SKH 510~600°C×1시간×2회

그러나 燒戻溫度에서의 冷却은 空冷이 좋다. 燒戻는 燒入冷却途中 손으로 댈수 있는 溫度(약 60°C)가 되면 곧 燒戻를 하는 것이 좋다. 높은 溫度(200~250°C)에서 引上하여 燒戻를 하면 이것은 燒戻가 되지 않으므로 注意하여야 한다.

그림 3은 燒戻方法의 圖解이다. 이것은 SKH에 적용되는 BAINITE 燒入(BQ)-BAINITE 燒戻(B.T)를 나타낸 것이다.

또 燒戻는 燒入하면 곧 實施하는 것이 原則이다. 燒入한 狀態도 長時間(3 時間以上) 放置하면 아니된다.

오래 놓아두면 CRACK을 일으키기 때문이다. 어찌해서도 作業의 형평상 맞지 않을 때는 100°C의 끓는 물에 1시간 정도 담가 두는 것이 좋다. 이것은 약식 燒戻이다. 이 약식 燒戻後에 正式 燒戻를 해야 한다.

그림 4, 5, 6, 7은 여러가지 金型用鋼의 S 曲線(TTT 曲線)을 나타낸 것으로 이에 依해 變態點 特히

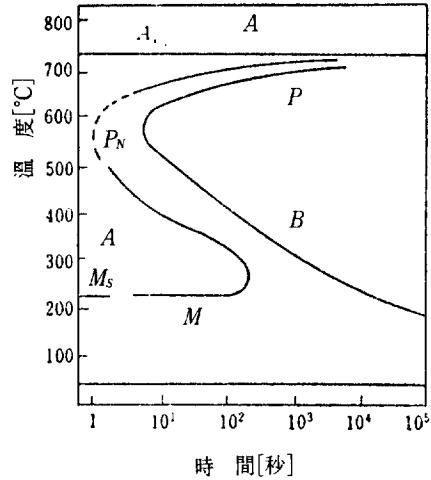


그림 4. SK 5의 S 曲線(TA : 800°C)

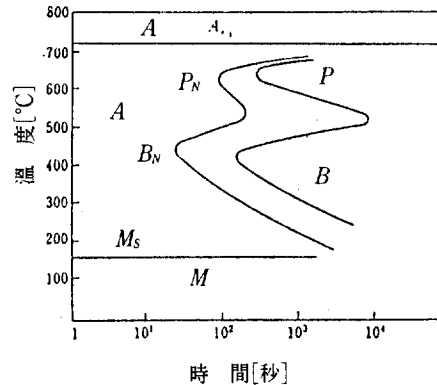


그림 5. SKS 3의 S 曲線(TA : 850°C)

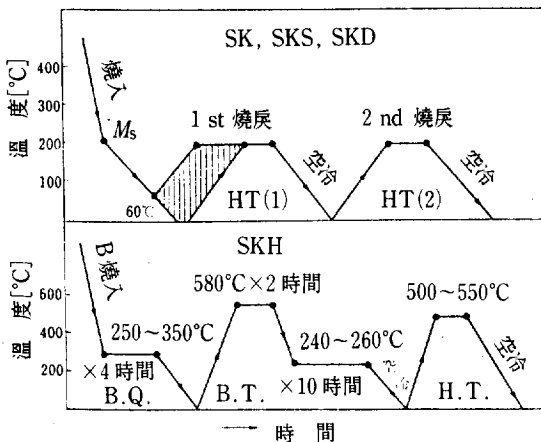


그림 3. 燒戻 方法

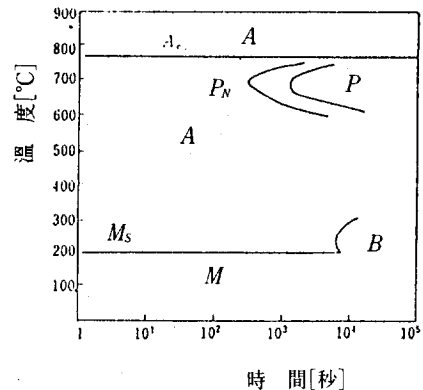


그림 6. SKD11의 S 曲線(TA : 1025°C)

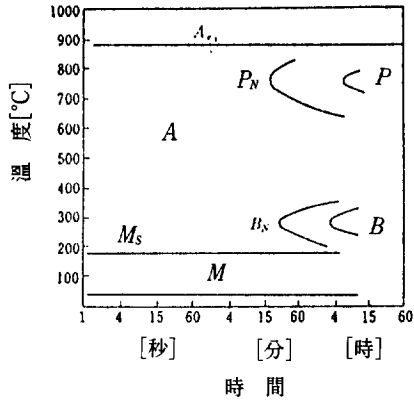


그림 7. SKH51의 S曲線(T_A: 1225°C)

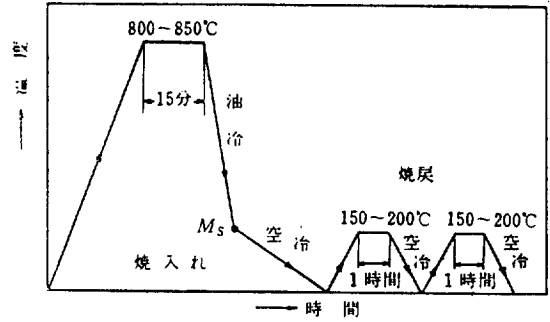


그림 10. SKS3의 燒入·燒戻의 作業圖解

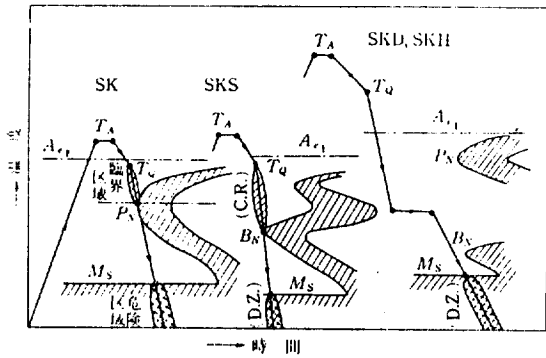


그림 8. 冷却 POINT

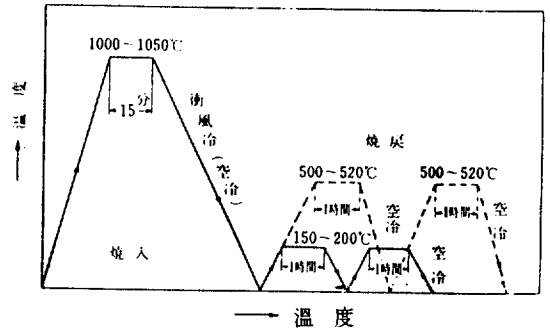


그림 11. SKD11의 燒入·燒戻의 作業圖解

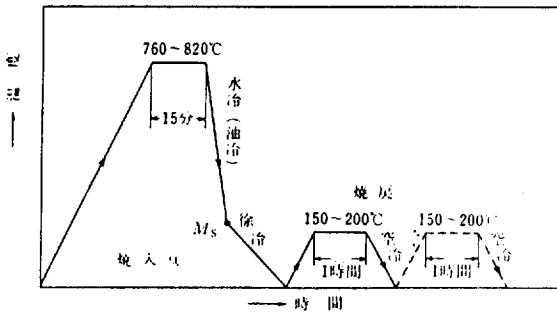


그림 9. SK 材의 燒入·燒戻의 作業圖解

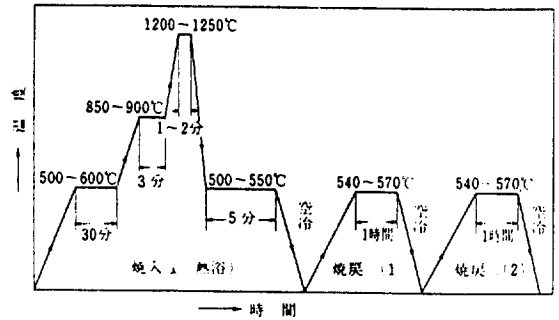


그림 12. SKH51의 燒入·燒戻의 作業圖解

却速度(臨界冷却速度) 등이 추정된다.

이 要領을 나타낸 것이 그림 8이다.

PEARLITE NOSE(PN) BAINITE NOSE (BN) Ms點 等的의 位置를 알 수 있는 것으로 所要 冷却區域이나 冷

그림 9, 10, 11, 12는 SK5, SKS3, SKD11, SKH51의 燒入, 燒戻의 作業圖解이다. 또 그림 13은 金型用鋼 全般의 燒入 燒戻의 DIAGRAM(HEAT PATTERN)이다.

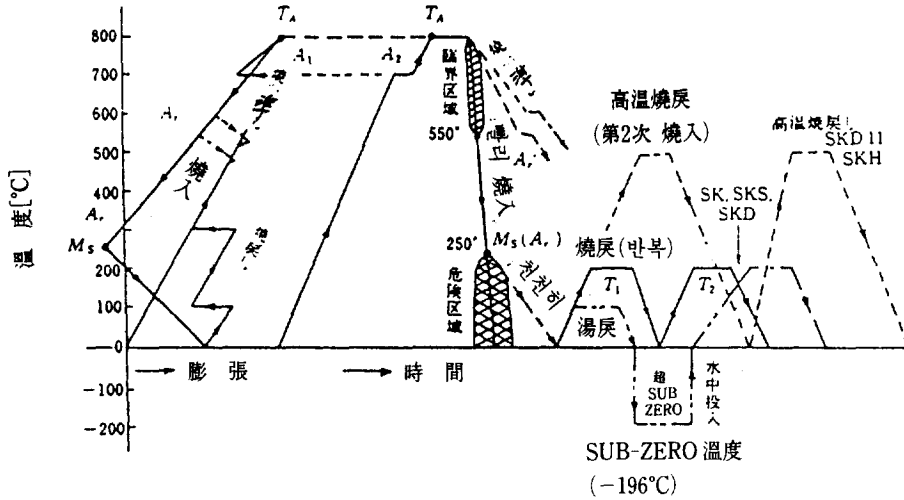


그림 13. 金型用鋼全般 燒入・燒炭의 Diagram(HEAT PATTERN)

1.3.5. SUB-ZERO-處理(熱處理의 最上級處理)

SUB-ZERO는 燒入後 또는 100°C의 湯에 약식 燒炭을 한 後에 하는 것이 좋다. SUB-ZERO 溫度는 -130°C 以下의 超 SUB-ZERO(液体窒素使用)가 效果的이다. DRY ICE를 使用하는 普通 SUB-ZERO는 有效하다고 할수는 없다. -190°C 까지 降温하는 데는 두께 25 m/m 마다 30分 所要되므로 그 時間을 保冷한 後 꺼내서 水中 또는 湯中 投入하여 急速解凍한다(UP HILL QUENCHING)

超 SUB-ZERO 溫度에 維持할 必要는 없다. 製品이 SUB-ZERO 溫度에 到達하면 좋다.

결국 SUB-ZERO 溫度까지 冷却하는 데 意義가 있는 것으로 SUB-ZERO 溫度에 保冷할 必要는 없다. 그러나 保冷하여도 各별한 害는 없으므로 作業의 準備를 생각하여 적당히 처치하는 것이 좋다.

SUB-ZERO UP HILL QUENCHING에 의해 γ_R 의 MARTEN 化와 σ_R 의 輕減이 圖謀되는 것으로 金型의 性能은 현저하게 上昇한다. 勿論 SUB-ZERO 處理後는 所定の 燒炭을 實施하는 것이 必要하다. 그러나 低温 燒炭 SK, SKS 200°C)의 경우도 高温 燒炭(SKD, SKH 500~600°C)의 경우도 SUB-ZERO 處理를 하면 반복 燒炭은 하지 않아도 된다. 1回 燒炭(SWGL-TEMPER)로 좋다. 따라서 이점이 SUB-ZERO 處理를 하면 作業工程

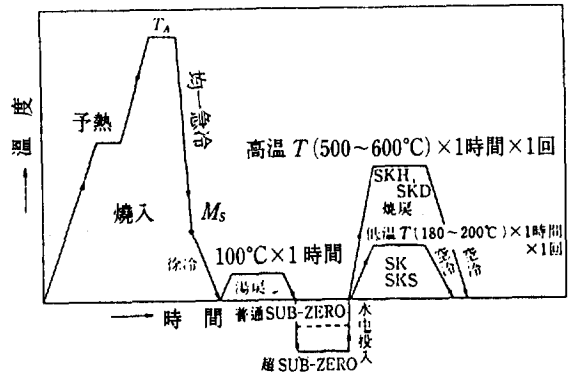


그림 14. SUB-ZERO 處理의 作業圖解(普通, 超)

이 간략화 되어 좋은 조건이다. 그림 14는 SUB-ZERO 處理의 作業 PATTERN 이다.

2. 表面體質熱處理

金型은 硬度나 强度도 어느 것이나 表面의 耐摩耗性 耐熱性, 耐食性이 要求된다. 이로서 窒化나 酸化 등의 化熱處理 또는 CVD, PVD 등의 蒸着處理가 많이 쓰여 지고 있다. 어디까지나 金型의 母體를 所定の 燒入 燒

戻해서 表面改質處理가 되고 있는 것으로 體質改善處理가 先行되어야 한다. 勿論 表面改質處理의 溫度는 母體의 燒戻溫度以下인 것이 바람직 하다.

2.1. 化學的 處理

2.1.1. 窒化

金型用鋼에는 Cr 이 含有되고 있는 것으로 窒化는 有効한 表面處理가 된다.

金型の 窒化에는 ION 窒化(PLASMA 窒化) 또는 軟窒化가 널리 적용되고 있다. 어느 것이나 處理溫度는 570°C 前後이나 高溫燒戻工具鋼 即 SKD11, SKD61 SKH 專用이다.

窒化한 面은 耐熱 耐摩性 耐食性이 있어 金型表面硬化處理로서는 가장 적합하다. 窒化性 GAS 에 浸炭性 GAS, 其他 特殊 GAS 를 混合하고 複合 GAS 窒化는 特히 效果적이다. 또 窒화와 酸化를 複合한 酸-窒化處理는 우수한 性能을 나타내고 크게 活用 할뿐이다.

2.1.2. 浸流

金型에 對하는 浸流處理는 表面硬化가 아니고 마찰계수를 減하여 누러 붙는것을 防止하는 效果가 있는 것으로 그의 方面에 特性을 발휘한다.

浸流에는 高溫浸流(570°C)와 低溫浸流(190°C)가 있다. 어디까지나 SALT 方式이므로 低溫浸流는 陽極電解處理이므로 低溫燒戻工具에도 적용되는 便利한 點도 있다. 高溫浸流는 高溫燒戻工具의 燒戻를 겸하는 것이 된다.

2.1.3. 酸化

一般의 金型에는 研磨한 狀態로 使用되지만 이대로는 表面에 研磨에 依한 殘留応力(σ_R)이 存在하여 耐摩耗性を 害한다. 따라서 이 σ_R 을 消除하면 表面에 多孔質로 硬한 Fe_3O_4 (四三酸化鐵)의 皮膜을 만듦으로 370°C 以上에서 水蒸氣處理(HOMO 處理)를 하는 것이다.

金型은 光沢이 나는 狀態로 使用하는 것이 아니다. 窒화와 酸化 SALT 軟窒化-研磨-酸化處理 等の 複合處理를 活用하는 것이 좋다.

2.1.4. 金屬 Cementation

鋼中の C는 結合하여 Ve나 TiC를 形成시키는 CEMENTATION(浸透處理)는 T-D PROCESS 또는 SUPPERCEMENTATION 이라 하고 表面硬化處理로서 우수한 特性을 나타내고 있다. 그러나 處理溫度가 높음(1000~1100°C)므로 處理後 再燒入하여야 하는 欠點이 있다. 그러나 耐摩耗性이나 耐熱性이 우수하므로 넓게

活用되고 있다.

2.2. 蒸着處理

蒸着處理에는 PVD와 CVD가 代表的이며 硬質의 TiC나 TiN을 COATING 하는 方法이 있다. 耐摩耗 耐食皮膜으로는 가장 적합한 方法이다. PVD中 特히 ION PLATING은 處理溫度가 約 500°C 이므로 高溫燒戻工具(SKD61 SKD11, SKH 等)에는 熱處理의으로 支障없이 적용되는 것으로 많이 利用되고 있다. 이에 對하여 CVD는 處理溫度가 1000~1100°C 로 높은 것으로 處理後 母體를 再處理할 必要가 있다. 이에는 眞空炉를 必要로 하고 燒歪의 修正等の 後處理가 必要하다. 이로 因해 最近에는 PLASMA CVD (P-CVD)가 開發되어 處理溫度도 300~500°C 로 낮아졌으며 적용범위가 넓어졌다.

어디까지나 膜두께는 3~5 m/m 이고 密着性은 進一步의 減이 있다. 그러나 磨耗에는 強하나 打擊이나 衝擊을 받았을때는 끝이나 날부분은 깨지고 CHIPPING 이 일어나기 쉬운 欠點이 있다. 蒸着處理用의 母材 및 密着性의 向上等에는 今後의 研究開發이 바람직하다.

2.3. 物理的 處理

金型的 表面만을 加熱하여 燒入硬化하는 方法을 物理的 表面硬化處理라 한다. 여기에는 FLAME HARDENING(火炎燒入) 高周波燒入, LAZER 燒入等이 있다. 金型的 內部만을 FLAME 高周波 LAZER 等に 依해 急速히 加熱하여 그대로 冷却하게 된다. 燒入의 冷却은 自冷(SELF QUENCH)에 依한 것으로 外部에서 特別히 冷却할 必要는 없다. 그러나 加熱速度가 急速한 것으로 AUSTENITE 化 溫度를 높이고 CARBIDE 를 溶解시켜야 한다. 刃部만을 燒入하므로 燒歪이 적은 特徵이 있다. 燒入後는 물론 所定の 燒戻를 한다. AUSTENITE 化 溫度를 (燒入溫度) 높이고 維持時間을 短縮하는 것이 KEY POINT 이다.

金型用鋼中에는 火炎燒入用의 鋼種도 開發되고 있는 것으로 이를 利用하면 무엇인가 便利하다.

3. KS 대로 熱處理하여서는 되지 않는다.

鐵鋼 HAND BOOK 에는 工具鋼의 化學成分이나 熱處理方法 및 硬度까지 記載되어 있다. 이것에 따라 工具鋼을 熱處理하는 CASE 가 많다. 그러나 이것은 잘못되

는 例가 많으므로 주위가 필요하다.

어떤점이 다른가를 말하면 첫째 K.S. (JIS) HAND BOOK 에 기재되어 있는 熱處理를 하는 方法 KS(JIS) 에 規定되어 있는 標準試驗片(徑 15 m/m의 丸 또는 15 m/m 角 길이 20 m/m)에 對하는 것으로 工具의 實體와는 다르다는 것을 알아야 한다. 말하자면 小試驗片에 對한 것이므로 燒割이나 燒歪에 對하여는 NO TOUCH 이다.

現在 SK 材에 對하여는 KS(JIS)에서는 水燒入이 되어 있으나 實際로는 燒割 燒歪의 點에서 油燒入 하고 있는 現狀이다. 다음에 燒入溫度나 燒戻溫度는 規定되어 있으나 維持時間의 指示가 없다. 이것으로는 實際로는 燒入이나 燒戻가 되지 못하며 標準試驗片의 寸수가 定해져 있으므로 加熱時間이 定해지기는 어려움이 있

다. 또 SKT 만으로는 燒入溫度의 指示는 있으나 燒戻溫度의 指示가 없다. 이것은 KS(JIS)의 不徹底한 때문이다. 其他 燒入의 冷却은 물 기름 空氣의 세 가지 밖 에 明示되어 있으나 工具의 實際의 燒入에는 MARQUENCH(MARTEMPE)나 AUSTEMPER 또는 時間燒入(引上燒入) 등 有效한 方法이 있음에도 關係없이 이런것의 記載가 없는 것도 實用的인 것은 없다. 결국 KS HAND BOOK 에서는 TEST PIECES 에 對하여 熱處理의 一例를 表示하고 있는 것에 지나지 않는다. 또 KS 에 冷間金型用과 熱間金型用의 區別이 있으나 이것은 刃先은 熱間工具가 되는 것이다. 高速 重切削의 條件下에서는 全體의 切削工具는 熱間工具라 生覺하는 것이 필요하다.