

技術解説

## 金型熱處理의 實際(熱間成形用型鋼의 熱處理)

### Practical Heat Treatment of Die Steels (Heat Treatment of Die Steels for Hot Work)

李 正 植

한국열처리

熱間 成形用鋼은 高溫에 있어서 使用되는 것으로 高溫特性에 適合하여야 한다. 그러므로 熱間成形用 型鋼은 目的에 맞는 化學組成이되어 있으므로 特性을 最大限으로 發揮시키기위해 實施하는 熱處理는 매우 큰 役割을 하는것이다.

熱間成形用 型鋼은 合金工具鋼에 分類되어 있고 一般的으로 "SKD"라 불리워진다. 이들의 合金元素는 基地에 固溶되고 C와 結合하여 炭化物을 形成하는 것에 依해 軟化抵抗性 二次硬化性等的 持長을 發揮한다.

熱間成形用型鋼에는 熱間強度를 높이기 위해 Cr, Mo, W, V等的 合金元素를 5%以上 添加하고 있다.

熱間成形用型鋼은 AL DIE CAST型, 押出型鑄造型等 매우 많은 金型材로서 使用되는 경우가 많다. 熱處理에 있어서 質量效果의 영향을 고려할 必要가 있으며 金型의 性能을 살리고 죽이는 것은 熱處理 技術에 있다해도 過言이 아니라고 生覺한다.

#### 1. 熱間成形用型鋼의 種類

熱間成形用型鋼의 主要化學成分과 熱處理 條件은 表 1에 表示하였다.

合金工具鋼이 工具를 實際로 使用되는 경우에는 型的 耐酸化性, 熱間波勞強度, 耐溶接性等的 諸特性을 向上시키 壽命의 向上에 기여하고 있다.

Cr系 : 熱間DIES鋼의 基本 TYPE로 適當한 熱間強度를 갖고 韌性, 耐熱衝擊性的의 點에서 安定되어 있어 廣範圍의 用途에 使用되고 있다.

W-Cr系 : Cr系에 比較하여 熱間強度, 高溫에 있어서

耐磨耗性이 改良되어 있어 加혹한 條件에도 적용된다.

Mo系 : 耐軟化性 및 韌性に 우수한 特性을 준다.

析出硬化系 : 燒入狀態로 切削加工이 되고 高溫下의 使用에서 析出硬化하여 高強度가 얻어진다.

表 1의 用途側에서도 分類가 되지만 SKD 6, SKD 61 DH 21은 AL合金의 DIECAST 및 熱間押出用金型으로 SKD 62, DH 71은 AL合金의 押出用金型 SKD 4 SKD 5 DH 72 DH 41은 銅合金의 DIE CAST 및 熱間押出用金型, DH 75는 熱間 PRESS金型 SKT 4는 熱間鑄造用 DIE BLOCK型等に 使用되고 있다.

#### 2. DIE CAST用 押出用 金型材로 要求되는 特性

AL DIE CAST用, AL押出用으로 使用되는 金型材의 要求特性을 綜合하면 다음과 같다.

##### 2-1 AL DIE CAST用 金型材

- 1) 耐HEAT CHECK性이 좋을것
- 2) 高溫強度(耐軟化 抵抗性)가 높을것
- 3) 韌性이 높을것
- 4) 耐溶損性이 좋을것
- 5) 熱傳導性이 좋을것

##### 2-2 AL押出用 金型材

- 1) 高溫強度(耐軟化抵抗性)가 높을것
- 2) 耐磨耗性이 높을것
- 3) 韌性이 높을것
- 4) 窒化 特性이 우수할것

表 1. 熱處理用鋼の 主要成分と 熱處理

化學成分・熱處理條件											
大同記號	JIS記號	AISI記號	化 學 成 分 %								
			C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Cu
DHA			0.39	1.1	0.4	-	5.0	1.2	-	0.6	-
DHA 1	SKD 61	H 13	0.32 ~0.42	0.80 ~1.20	≤0.50	-	4.50 ~5.50	1.00 ~1.50	-	0.80 ~1.20	-
DH 2 F			0.38	1.0	0.7	S 0.13	5.3	1.4	-	1.0	特殊元素 添加
DH 6	SKD 6	H 11	0.32 ~0.42	0.80 ~1.20	≤0.50	-	4.50 ~5.50	1.00 ~1.50	-	0.30 ~0.50	-
DH 62	SKD 62	H 12	0.32 ~0.42	0.80 ~1.20	≤0.50	-	4.50 ~5.50	1.00 ~1.50	1.00 ~1.50	0.20 ~0.60	-
DH 21			0.39	≤1.5	≤1.5	-	5.0	2.0	-	1.0	-
■ W-Cr系											
DH 4	SKD 4		0.25 ~0.35	≤0.40	≤0.60	-	2.00 ~3.00	-	5.00 ~6.00	0.30 ~0.50	-
DH 5	SKD 5	H 20	0.25 ~0.35	≤0.40	≤0.60	-	2.00 ~3.00	-	9.00 ~10.00	0.30 ~0.50	-
DH 41		H 19	0.40	0.3	0.4	-	4.3	0.4	4.2	2.0	4.3
DH 42			0.41	0.3	0.3	-	3.5	1.5	2.1	1.0	2.0
■ 3 Cr-3 Mo系											
DH 71			0.40	≤1.5	≤1.5	-	3.0	2.0	-	1.0	-
DH 72		H 10	0.30	0.4	0.5	-	3.0	3.0	-	0.5	-
DH 73			0.30	0.4	0.5	-	3.0	3.0	-	0.5	3.0
DH 74			0.43	0.3	0.8	-	3.0	3.0	Nb 0.12	0.4	3.0
■ 3 Ni-3 Mo系(析出硬化鋼)											
DH 75			0.19	0.3	0.3	3.3	-	3.3	-	-	-

備考 不純物元素 P≤0.030, S≤0.030, Cu≤0.25, Ni≤0.25

鍛造溫度 ℃	熱 處 理 ℃			硬 度		用 途 例	大同記號
	燒鈍	燒入	燒戻	燒鈍 H <sub>n</sub>	燒入 燒戻 H <sub>n</sub> , C		
1100~900	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷	≤223	≤53	熱間 PRESS型 Al, Mg, Zn合金 DIECAST型 Al, Steel熱間押出 DIES DURMY BLOCK, MANDRELL SHEAR刃, 各種PIN材鍛造型	DHA
1100~900	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷	≤229	≤53		DHA 1
1100~900	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	600~680 空冷	≤229	40		DH 2 F
1100~900	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷	≤229	≤53		DH 6
1100~900	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷	≤229	≤53		DH 62
1100~900	820~870 徐冷	1030~1070 空冷	550~650 空冷	≤229	≤53		DH 21

1100~900	800~850 徐冷	1050~1100 空冷	600~500 空冷	≤235	≤49	熱間PRESS型, 各種DIES DURMY BLOCK	DH 4
1100~900	800~850 徐冷	1050~1100 空冷	600~650 空冷	≤235	≤50	Cu, Cu 合金DIE CAST型 熱間押出 DIES	DH 5
1150~900	850~900 徐冷	1100~1180 油(空)冷	600~650 空冷	≤241	≤53	Cu合金, Al DIE CAST型 Cu合金熱間押出DIES	DH 41
1150~900	850~900 徐冷	1030~1080 空冷	550~650 空冷	≤235	≤53	Cu合金, Al DIE CAST型 Cu合金熱間押出DIES	DH 42

1100~900	820~870 徐冷	1030~1070 空冷	550~650 空冷	≤229	≤52	Al熱間押出 DIES 鍛造型, PUNCH	DH 71
1100~850	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷	≤235	≤53	UP SETTER型, Al, Cu, DIE CAST型, 押出 PIN	DH 72
1100~850	820~870 徐冷	1000~1050 油(空)冷	550~650 空冷	≤235	≤52	熱間PRESS型, PUNCH	DH 73
1100~900	850~900 徐冷	1030~1070 空冷	600~670 空冷	≤235	≤57	Cu, Cu合金, DIECAST型 熱間押出DIES MAN-DREL	DH 74

1150~900	750~800 徐冷	1000~1050 空冷	500~550 空冷	≤248	≤45	精密鍛造型, PRESS型 熱間 PUNCH	DH 75
----------	---------------	-----------------	---------------	------	-----	------------------------	-------

— 表 1. 계속 —

### 3. 代表的인 金型材의 化成分과 熱處理

表 1에 明示되어있으며 外國에서는 注文者 要求에 따라 改良鋼種이 많이 開發되었으나 國內 特殊鋼 MAKER의 國產開發이 要求에 充足치 못하여 熱間成形 用型鋼材로는 單純하게 SKD 61, SKT 4가 主種을 이루고 있어 製品 特性에 맞는 鋼材를 얻지 못하고 있다.

### 4. 金型材의 品質特性

金型材의 品質特性을 그림 1에 표시한다. 耐 HEAT CHECK性, 高溫強度等에 문제가 있는 경우는 SKD 61系의 改良鋼의 적용을 장려한다.

### 5. 金型材의 選擇基準

用途別 장려鋼種과 사용 硬度를 表 2, 表 3에 표시한 다.

外國에서는 金型材의 特性에 맞게 用途에 따라 鋼種을 選擇할 수 있게 많은 鋼種이 開發되어 있으며 使用 條件에 맞게 金型材도 製造法이 改善되고 있다.

그림 1. 金型材의 特性概念圖

鋼 種		高溫強度	靱 性	耐軟化性	耐HEAT CHECK
		○引張強度	○충격치	○HRC45	평균
JIS	大同 BRAND	○kgf/mm <sup>2</sup> ○ 600°C	kgm cm <sup>2</sup>	35 로저하 하는데要 하는시간 600°C	CRACK깊이
SKD 61	DHA 1	—	—	—	—
SKD 62	DH 62	—	—	—	—
SHD 61 MOD	DH 21	—	—	—	—
SKD 61 MOD	DH 71	—	—	—	—
SKT 4	GFA	—	—	—	—

表 2. AL DIE CAST 金型材의 用途別 장려鋼種과 使用硬度

用 途	鋼 種	硬 度 (HRC)
一般汎用	SKD 61	41~48
耐HEAT CHECK性向上	DH 21	41~48
SLEEVE 用	DAH 1	43~48

表 3. AL 挿出金型材의 用途別 鋼種과 使用硬度

用 途		鋼 種	硬 度 (HRC)
DIES	AL(一般汎用)	SKD 61	43~48
	(高温强盜)	DH 71	43~48
CONTAINER(中間管)		SKD 61	43~50
INNER SLEEVE(LINER)AL用		SKD 61, SKD 62	43~48
DIE HOLDER		SKD 61	39~45
DIE BACKER		SKD 61	39~44
MANDREL		SKD 61, SKD 62	45~50
MANDREL HOLDER		SKD 61	37~45
DURMY BLOCK		SKD 61, SKD 62	45~50
BOLSTER		SKD 61, SKD 62	43~50

6. 金型材의 새로운 製造法

熱間成形用型鋼은 主로 DIE CAST 金型押出金型 熱間PRESS 金型等に 使用되고 있으나 이에 使用되는 金型材는 最近의 使用條件의 可恠化 自動化 長壽命化等에서 靱性 耐HEAT CHECK性 高温强度의 向上을 바라고 있으며 이의 必要에 對應하여 鋼材製造方法도 改善되고 있다.

超清淨鋼化: 特殊精鍊技術을 구사하여 脫硫黃 介在物의 減少를 도모한 超清淨鋼의 溶製

偏析의 減少: 熱의 取扱의 改善과 鍛壓方法의 組合에 依한 靱性向上과 方向性의 減少 등으로 超清淨 高強靱鋼의 製造방법이 開發되어 靱性和 高温强度의 向上 및 工具수명의 연장이 가능하게 되었다. 따라서 現在 超清淨 高靱性鋼이 市場에서 好評을 받고 있다.

6-1 靱性의 改善效果

特殊精鍊에 依한 「超清淨 高靱性鋼」(DHA 1)의 靱性改善 效果를 從來鋼과 比較한 것을 그림 2에 表示하였다. 超清淨鋼의 靱性向上을 알 수 있고 特히 材料 T方向의 靱性向上이 현저하다. 또한 충격치의 절대치의 向上에 對해 材質에 方向性이 적은것은 靱의 crack 防止에 큰 效果가 있는것이 추정되었다.

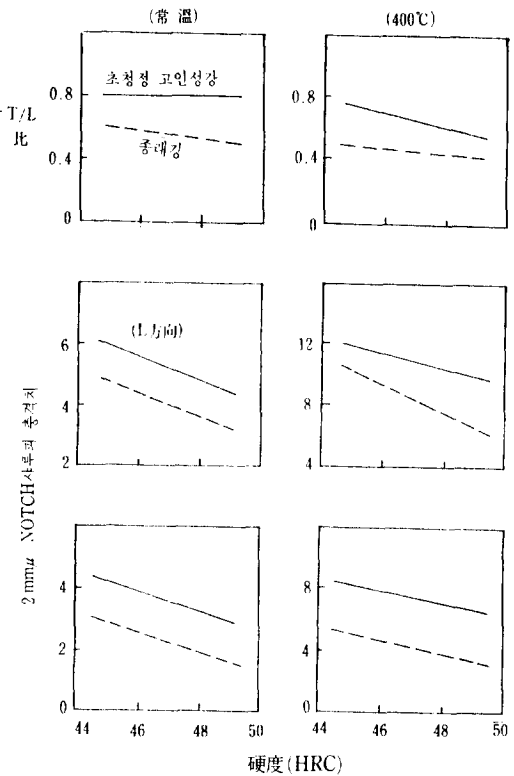
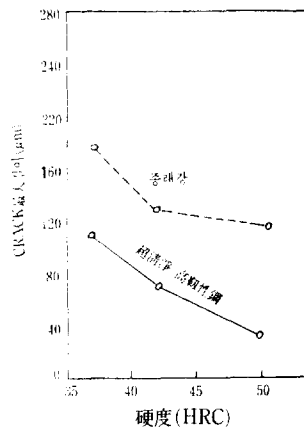


그림 2. DHAI 超清淨 高靱性鋼의 靱性(380φ)



試驗條件: 20°C ⇄ 700°C 1000 回

그림 3. DHAI 超清淨 高靱性鋼의 耐HEAT CHECK性

6-2 耐 HEAT CHECK性의 向上

超清淨鋼과 從來鋼의 耐HEAT CHECK性을 그림 3에 표시한다. 超清淨鋼은 從來鋼에 比해 CRACK 길이

DIE CAST型: 早期 CRACK, CORNER CRACK } 韌性不足:  
 押出型: CORNER CRACK, BRIDGE折損 } 從來硬度로可  
 DIE CAST型: HEAT CHECK } 強度不足: 從來硬度+  
 押出型: 磨耗 HEAT CHECK } HRC 2~3 높일것

그림 4. DHA-1 超清淨 高韌性鋼의 活用方法

가 約 1/2 程度이고 硬度가 높아짐에 따라 그의 效果는 더욱 커진다.

6-3 超清淨 高韌性鋼의 活用方法

超清淨 高韌性鋼의 持長을 最大限으로 하기위해 現狀의 金型壽命을 充分解析하고 (韌性, 強度) 實態에 맞는 硬度設計를 하는것이 重要하며 金型의 壽命向上이 期待된다. -例로 그림 4에 表示한다.

6-4 實用金型的 適用例

우리國內에는 一般의로 普及되어있는 鋼種으로는 SKD 61 뿐이나 超清淨 高韌性鋼의 實用金型에의 適用例를 表 5에 表示하였고 型壽命 向上과 成型製品 生産量의 差異에서 오는 COST절감에도 큰 기대를 줄 수 있다. 뿐만 아니라 製品의 形狀 및 用途에 따라 生産量의 單位에 따라 實用鋼種을 選擇함으로 金型의 壽命도 길어지고 生産量에서도 遜속하게 되지만 우리 國內의 實情과는 동떨어지는 이야기가 될 뿐이다.

7. 金型材의 熱處理

金型의 性能은 適切한 鋼種의 選擇과 正確한 熱處理

에 依해 처음으로 發揮하게 된다. 잘못된 熱處理는 金型의 壽命을 현저하게 短縮시키는것으로 金型 熱處理時는 注意를 기해야 한다.

7-1 燒鈍

熱間成形用型鋼은 適當 燒鈍狀態로 供給되나 경우에 따라 再鍛造하여 使用하는 경우가 있다. 이때는 鍛造후 반드시 球狀化 燒鈍을 철저히 實施할 必要가 있다. 이 條件으로 被處理材의 內外 溫度가 表 6에 表示된 溫度에 到達한 후 적어도 1時間程度 유지하고서 15°C/H 程度의 速度로 徐徐히 爐中冷却을 하는것이 좋으나 경우에 따라서는 550°C程度에 到達하면 爐外에 꺼내서 放冷하여도 좋다.

7-2 燒入

一般의로 熱間成形用型鋼뿐만 아니고 冷間成形用型鋼에 있어서도 燒入處理하는 경우에는 昇溫時 通常의로 500°C와 800°C에서 豫熱을 하고 燒入溫度(AUSTENITE化溫度)에서 均熱 冷却의 三過程에 充分히 注意할 必要가 있다.

특히 大型金型의 경우에는 昇溫途中에 있어 爐內 金型表面 金型內部的 昇溫速度의 差異와 冷却過程에서 冷却速의 다른것을 고려하여 燒入處理를 하는것이 바람직하다. 以上에서 記述한 三過程과 冷却過程을 참고로 連續冷却變態를 그림 5에 表示하였다.

7-2-1 昇溫과 豫熱

一般의로 昇溫速度는 200°C/Hr 程度가 理想的이라고 하나 豫熱을 하지 않을때는 均一한 溫度를 유지하기 위한 것이나 豫熱을 할때는 結晶粒子的 粗大化 防止를 위해 10°C/分の 速度로 昇溫하는것이 現狀熱處理 方法

表 5. DHI 1 超清淨 高韌性鋼의 實用結果

使用者	用途	金型名稱	從來의 金型		超清淨 高韌性鋼의 金型	
			金型材	評價(壽命)	金型材	評價 (使用硬度)
A社	Al DIECAST型	AUD 10 部品型 (300φ)	SKD 61	初期LIFE 2000 SHOT (HEAT CHECK)	DHA 1	初期壽命(HRC 50): 從來型的 6倍以上 ◎ 全面採用
B社	Al DIECAST型	MOTOR部品型 (250×400×500)	SKD 61	平均壽命 40000 SHOT (HEAT CHECK)	DHA 1	壽命 80,000 SHOT: 從來型的 2倍 (HRC 47) ◎ 全面採用
C社	Al 押出型	FIN型 (300φ)	SKD 61	平均壽命 25 平 (磨耗)	DHA 1	平均壽命 33 平: 從來型的 1.3倍 (HRC 48)

表 6. 熱間成形用鋼의 主要成分과 熱處理

鋼 種		化 學 成 分 (%)									熱 處 理		
JIS AISI	大 同	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	燒 鈍 (°C)	燒 入 (°C)	燒 戻 (°C)
SKD 6	DH A	0.37	1.00	<0.50	-	5.00	1.25	-	0.40	-	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷
SKD 61	DHA 1	0.37	1.00	<0.50	-	5.00	1.25	-	1.00	-	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷
-	DH 21	0.40	<1.50	<1.50	-	5.00	2.00	-	1.00	-	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷
SKD 62	DH 62	0.37	1.00	<0.50	-	5.00	1.25	1.25	0.40	-	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷
SKD 4	DH 4	0.30	<0.40	<0.60	-	2.50	-	5.50	0.40	-	800~850 徐冷	1050~1100 空, 油冷	600~650 空冷
SKD 5	DH 5	0.30	<0.40	<0.60	-	2.50	-	9.50	0.40	-	800~850 徐冷	1050~1100 空, 油冷	600~650 空冷
-	DH 71	0.40	<1.50	<1.50	-	3.00	2.00	-	1.00	-	820~870 徐冷	1000~1050 空冷	550~650 空冷
H 10	DH 72	0.30	<0.40	<0.50	-	3.00	3.00	-	0.40	-	820~870 徐冷	1000~1050 空, 油冷	550~650 空冷
-	DH 75	0.20	<0.30	<0.60	3.30	-	3.30	-	-	-	750~800 徐冷	1000~1050 空冷	450~550 空冷
H 19	DH 41	0.40	<0.40	<0.50	-	4.25	0.40	4.25	2.00	4.25	850~900 徐冷	1100~1180 空, 油冷	600~650 空冷
SKT 4	GFA	0.35	<0.35	0.80	1.70	0.85	0.35	-	(0.15)	-	760~810 徐冷	820~ 880 油冷	所要 硬度까지

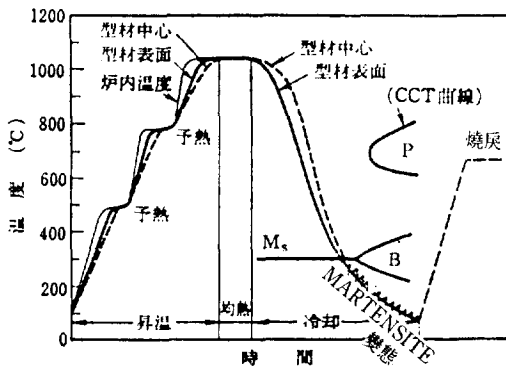
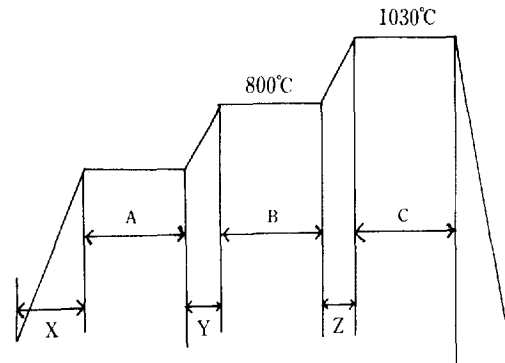


그림 5. 熱間成形用鋼의 燒入模型圖



昇溫 速度

昇 溫	X	Y	Z
昇溫速度	10°C/分	10°C/分	10°C/分

그림 6. 冷間 및 熱間金型の 燒入曲線

이다.

豫熱은 昇溫中에 있어 일으키는 비틀림을 防止하는데 有效하고 特히 큰 金型이나 두께에 差異가 있는 金型에서는 반드시 실시하는것이 바람직한 處理이다.

豫熱은 熱비틀림을 고려하여 500°C 부근과 變態에 의한 收縮을 고려하여 變態點以下の 溫度(SKD系 型用鋼에서는 800°C 부근)의 二段 豫熱을 實施하는 것이 바람

직하다. 豫熱의 目的은 表層部와 內部の 溫度를 均一하게 하는것이므로 豫熱保持時間은 20~30分 程度로 充分하다.

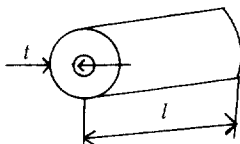
그림 6에 冷間 熱間 金型的 燒入曲線과 그림-7에 斷

그림 7. 斷面形狀에 따른 保持時間

斷面形狀	(丸)	(正方形)	(長方型)
保持時間			
A	40分/25φ	φ×1.2	φ×1.4
B	30分/25φ	φ×1.2	φ×1.4
C	25分/25φ	φ×1.2	φ×1.4

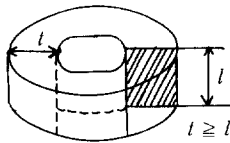
- 注 1) 100φ以下는 上表
- 100φ以上은 C: 20分/25φ
- 2) C의 最保持時間 C: 20分
- 3) 中空丸棒의 경우 保持時間을 取하는 方法

㉑



$l < l$ 의 경우  
 $T = 2\phi$ 의 丸棒으로 算出

㉒



斷面形狀에서 正方形 또는 長方型의  
 算出基準에서  $T = l$ 로하여 算出한다.

面形狀에 따른 保持時間을 示한다.

7-2-2 燒入溫度의 維持時間

表 6에 表示한 11種類의 熱間成形用型鋼의 燒入硬度和 溫度의 實例를 그림 8에 表示하였다. 燒入溫度는 一般的으로 充分히 燒入이 되는 最低의 溫度가 바람직하나 大體의으로 1050°C를 넘으면 結晶粒이 粗大化하며 靱性이 劣化하고 CRACK의 事故가 일어날 수 있다.

一例로 SKD 6 DH 21 DH 71에 있어서 燒入溫度와 충격치의 關係를 表 7에 表示하였다. 燒入溫度 1000°C 1025°C 1050°C에서는 큰 차이가 없으나, 1075°C에서는 충격치가 급격히 低下되는 것을 알 수 있다. 어떤 鋼種에서 燒入溫度가 1050°C를 넘으면 충격치가 급격히 低下하는것으로 過熱은 絶대로 避해야하며 溫度測定器具의 管理에도 留意해야 한다. 따라서 燒入溫度範圍는 表 6에 나타난 바와같이 規定되어 있으나 維持時間도 考慮

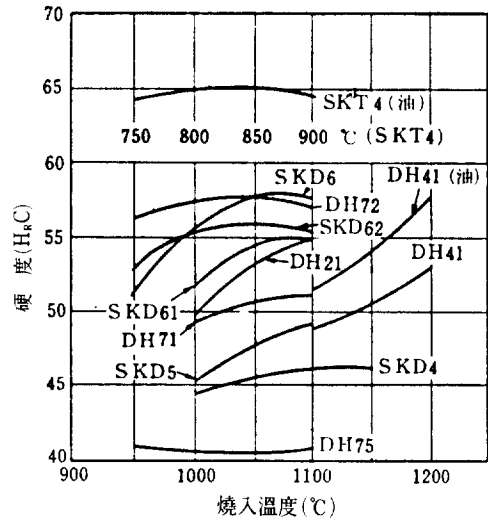


그림 8. 燒入溫度와 硬度關係(20min 保持後空冷 또는 油冷)

表 7. 燒入溫度와 사루피-衝擊值(kgf·m/cm<sup>2</sup>)의 關係(燒入: 10 min 保持空冷, 燒戻: 100°C × 1 hr)

鋼種 \ 溫度(°C)	1000	1025	1050	1075	1100	1150
SKD 6	5.2	5.1	4.9	3.4	1.6	1.1
DH 21	5.0	4.8	4.8	3.9	2.3	1.6
DH 71	5.0	4.9	4.9	3.9	2.2	1.5

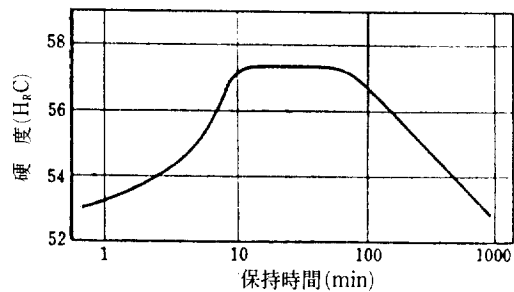


그림 9. SKD 6의 燒入硬度和 加熱保持時間의 關係 (加熱溫度 1030°C, 空冷)

하여 最適의 溫度로 보아 溫度의 異動을 될 수 있는 限界까지하여 作業하는것이 바람직하다.

또한 燒入할때는 均熱維持時間도 重要한 因子로 適正 燒入溫度와도 必要以上長時間維持하면 一般의 型用鋼과 같이 炭化物이 微細하게되어 固溶이 比較的 빨리 進行하여 適正維持時間에서 燒入溫度 높였을때와 같은 狀態

가 된다.

그림 9는 SKD6의 燒入硬도와 維持時間의 關係를 나타낸것으로 維持時間이 50分以上이되면 硬도가 急速히 低下하며, 이는 炭化物의 過固溶에 의한 殘留AUSTENITE의 增加에 의한것이라고 한다. 그러므로 SKD6를 1030℃에서 燒入하면 20~50分の 維持時間인 때 硬도는 最高를 나타낸다.

各型用鋼의 適正維持時間을 燒入溫度와의 關係에 있어

C	Si	Mn	Cr	Mo	V		AUSTENITE化
0.38	1.01	0.42	4.97	1.07	0.54		1030℃×10 min

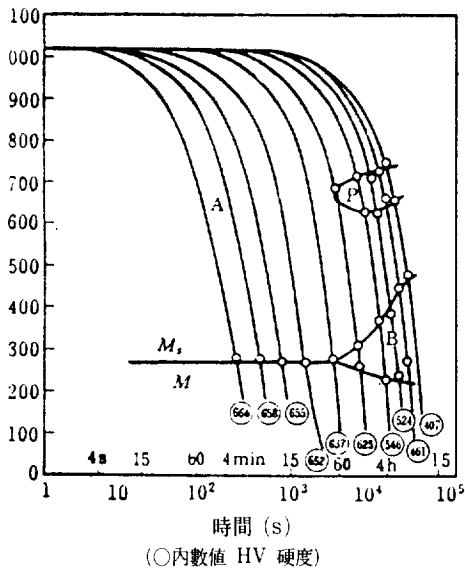


그림 10. SKD 61系의 CCT 曲線

表 10. 熱間成形用型鋼의 適正燒入溫度와 均熱保持時間

鋼 種	燒入溫度(℃)	保持時間(min)
SKD 6 SKD 61 DH 21 SKD 62 DH 71 DH 72 DH 75	1030	20~30
SKD 4 SKD 5	1070	20~40
DH 41	1150	20~40
SKT 4	850	10~15

實驗結果나 經驗에서 安全性을 고려하여 주장하면 表 10과 같다. 여기서 注意할 것은 實際 燒入作業에 있어서 金型을 低溫 裝入하여서 올바른 維持時間을 어떻게 잡을것인가 하는 點이다.

爐溫이 소기의 燒入溫度에 達하여서 金型材의 內外溫度가 均一하게 되기까지의 時間은 型材의 크기만이 아니고 爐의 熱容量, 加熱溫度, 裝入方法, 熱電對의 位置等에 따라 變動한다. 따라서 型材의 치수만을 고려하여 두께 25mm에 30分 維持하면 된다고 하나 이것은 不適正한 表現이다. 올바른 維持時間은 型材 內外의 溫度가 均一하게 되어서 爐溫에 達하였을때의 時間을 말하는것이다. 그러므로 爐溫의 維持時間도 아니고 또 爐에 裝入하여서부터의 時間도 아니것에 留意해야 한다. 그러므로 型材의 內部溫度가 表面溫度와 같아지지 않으면 表面溫度는 爐溫과 같아지지 않는것으로 表面溫度를 測定하여 이것이 爐溫과 같은 경우 內外溫度가 같아졌다고 判定하면 좋다. 간단한 方法으로는 爐의 可視孔에서 들여다보았을 때 金型材와 熱電對保護管이 겹쳐지게 裝入하여서 兩者가 명확하게 식별이 되지않을때가 型材內外溫度가 爐溫에 到達한 時點으로 보는것도 한 方法이다.

7-2-3 冷却

燒入冷却은 펄라이트 變態를 일어나지않게 冷却하는 것이나 冷却速度가 빠르면 金型의 溫度差가 커져서 비틀림의 原因이 되는것으로 可能하면 均一하게 冷却을 하여 MARTENSITE變態態은 徐冷하는것이 必要하다. 從來 5%Cr系의 熱間DIES鋼은 燒入性이 좋으므로 空冷에 의한 燒入을 장려하나 最近 大型의 DIECAST金型에서는 早期破損의 問題가 發生하므로 冷却을 빨리하고 있으나 변형에 유의해야 한다.

熱間 DIES鋼의 P(펄라이트)NOSE가 長時間側에 있으므로 大型金型이라도 空冷으로 燒入硬도는 充分히 얻을수 있으나 B(BAINITE) NOSE가 比較的 短時間側에 있으므로 B가 混在하게 된다. B가 混在하면 殘留AUSTENITE가 增加하고 이 殘留 AUSTENITE가 高溫燒戻 炭化物을 析出하여 脆化한다. 그림-10은 SKD61의 CCT 曲線이다.

7-3 燒戻

7-3-1 燒戻에 의한 硬度變化

熱間成形用型鋼에 있어서 燒戻處理는 매우 重要한 意味를 갖으며 그의 性能에 큰 影響을 주며 熱間成形用型



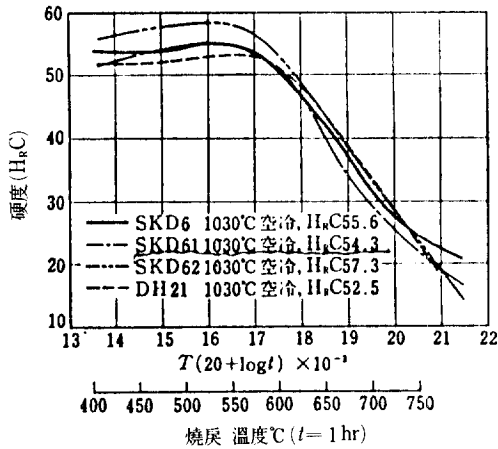


그림 11. 11.5% Cr系熱間成形用型鋼의 燒炭 硬度 母曲線

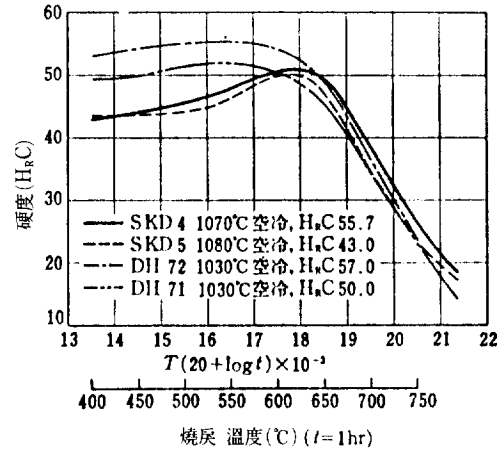


그림 12. 3%Cr系熱間成形用型鋼의 燒炭 硬度母曲線

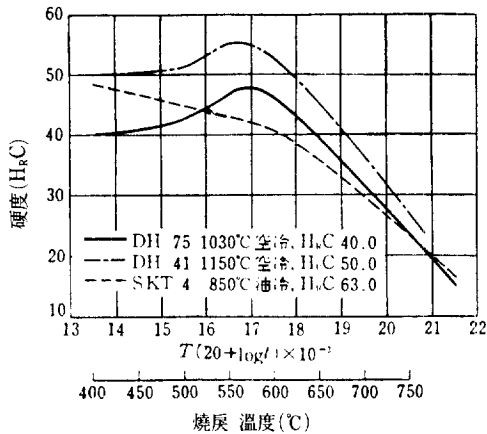


그림 13. 其他의 熱間成形用型鋼의 燒炭 硬度母曲線

鋼은 거의 550~570°C에서 2次硬化를 나타내며 이는  $M_2C$ 炭化物的 析出과 殘留AUSTENITE의 分解에 의해 나타나는 것이다. 또한 燒炭溫度와 時間을 고려하여 要求하는 硬度를 滿足하도록 엄밀한 處理를 하는것이 바람직하다.

7-3-2 燒炭溫度와 維持時間

熱間成形用型鋼의 燒炭溫度는 金型의 使用條件에서 2次硬化를 넘어서 급격히 硬度가 강하하는것을 알 수 있으며 溫度差異에서 생기는 것이다. 여기서 溫度의 均一性和 溫度와 維持時間과의 調整이 必要하므로 그림 11~13에서 表示하는 P(parameter)를 利用하면 다음式으로 나타낸다.

$$P = T(20 + \log t) \times 10^{-1}$$

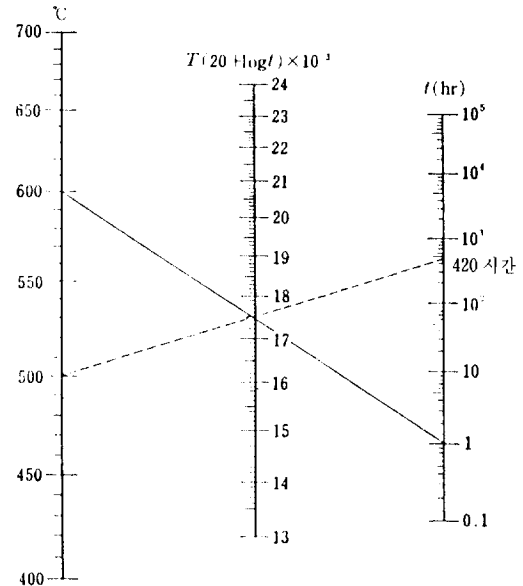


그림 14. 熱間成形用型鋼의 燒炭 PARAMETER用, 노모그래프.

P: 燒炭 PARAMETER

T: 燒炭溫度(絶對溫度 K)

t: 維持時間

實作業에서는 DATA로부터 P值를 알면 그림 14의 「노모 그래프」를 사용하는것이 간단하다. 예를 들면 그림 11에서 SKD6의 1030°C의 空冷材를 燒炭에 依해 HRC 50의 硬度를 얻고 싶을때 이 硬度에 해당하는 Parameter值 17.5를 읽게되고 다음에 600°C에서 燒炭을 하고 싶을때 溫度軸上의 600°C와 17.5를 연결하면

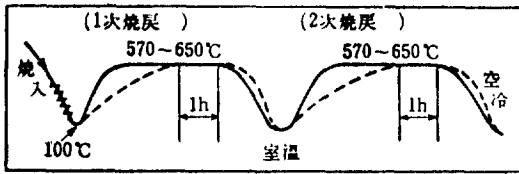


그림 15. 熱間成形用型鋼의 燒炭 熱處理線圖

時間軸의 1 과 연결하게 된다. 이것이 維持時間이 되며 燒炭溫度 500°C의 경우는 420 時間 維持時間이 걸리게 되는 것이다.

이와 같이 燒炭維持시간과 溫度가 다르더라도 同一硬度和 特性을 얻을 수 있다.

그림 15 에 燒炭處理 線를 표시한다. 여기서 特히 유의할 것은 1次燒炭가 끝나고 2次燒炭를 하고자 할때는 반드시 室溫까지 冷却된 후에 實施하여야 한다.

## 8. 金型的 事故集團과 對策

위에서 말한것은 金型材料에 따라 鋼種을 들어 說明하였으나 지금부터는 金型 熱處理에서 일어났던 事故를 들어가면서 對策은 記述해 보고자 한다.

### 8-1 熱處理에 起因되는 事故

#### 8-1-1 不完全 燒入

早期磨耗나 피로과파 사고의 原因은 不完全燒入에 起因하는 경우가 比較的 많다. 그 要因으로는 燒入加熱不足으로 結晶粒이 粗大化하여 炭化物을 基地에 固溶을 시키지 못하였기 때문이다. 燒入加熱할 때 金型的 表面과 中心部의 溫度가 均一하게 加熱이 되지 못한 狀態에서 冷却에 들어갔기에 일어나는 事故로 大型物에서 흔히 일어나는 事故이다.

冷却速度 不足은  $M_s$ 點以上에서는 빨리 冷却이 되어야 하고  $M_s$ 點以下의 溫度에서는 徐冷되어야하나 反對로 冷却이 이루어지므로 事故가 발생하게 된다.

#### 8-1-2 OVER HEAT

DIE CAST型的 早期肌荒事故로 型面에 나타난 HEAT CHECK 현상이다. 이것은 粗大化한 結晶粒界를 起點으로 생겼으며 燒入時 過熱에 起因하는 事故이다.

OVER HEAT材는 結晶粒이나 MARTENSITE 組織이 粗大化되어 있고 靱性が 低下하여서 燒割은 免하여

도 使用中 早期破損이나 HEAT CHECK를 일으킨다. HEAT CHECK를 일으키면(金型에 直線 또는 電甲狀으로 패인것)패인곳에 Al이 부착되어 製品表面에 움푹 들어가는 흠이 생기게 된다.

#### 8-1-3 脫炭 浸炭不良

脫炭層이 存在하면 所定의 硬도를 얻지 못한다. 그러므로 早期磨耗나 低Cycle피토를 일으키기 쉽다. 脫炭의 原因으로는 素材에 脫炭層이 남아있거나 燒入加熱 不良으로 생각할 수 있다. 浸炭事故는 脫炭事故처럼 많지는 않으나 浸炭이 되면 靱性が 低下하며 金型的 Edge部에 일어나기 쉽다.

#### 8-1-4 燒入用 SALT의 浸蝕 및 세척不良

燒入用 SALT에 의해 침식이나 세척 불량에 의해 粒界부식 事故가 많다.

SALT는 長期間 使用하면 水分이나 SCALE의 混入으로 SALT가 劣化하여 金형을 침식하므로 定期的으로 SLUDGE를 퍼내고 脫炭防止劑나 새로운 SALT를 補充하여 正常的인 管理를 하는것이 바람직하다. 또한 세척 不良으로 SALT가 남아있거나 녹이 생기는 경우가 왕왕 있다. 이것은 충분히 제거하고 中和하여 방지하는것이 重要한 處理 方法이다.

## 9. 型材의 管理

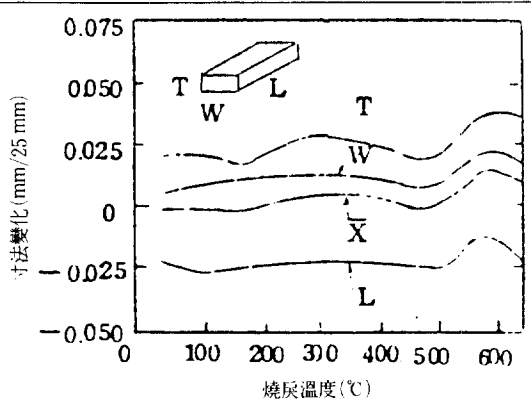
우리나라에서는 熱間成形用型鋼의 材料를 얻을 수 있는 鋼種은 SKD 61, SKT 4 간혹 STAVAX를 얻을 수 있다. 表 1에서와 같이 製品의 特性과 用途에 따라 材料의 選擇을 할 수 없고 限定된 材料로 用途에 맞게 硬度만 맞추어 金형을 製作하여 使用하나 外國에서 導入한 金型에 비해 短壽命의 型을 만들 수 밖에 없는 實情에 있는 것이다.

### 9-1 材料의 方向性和 寸數變化量

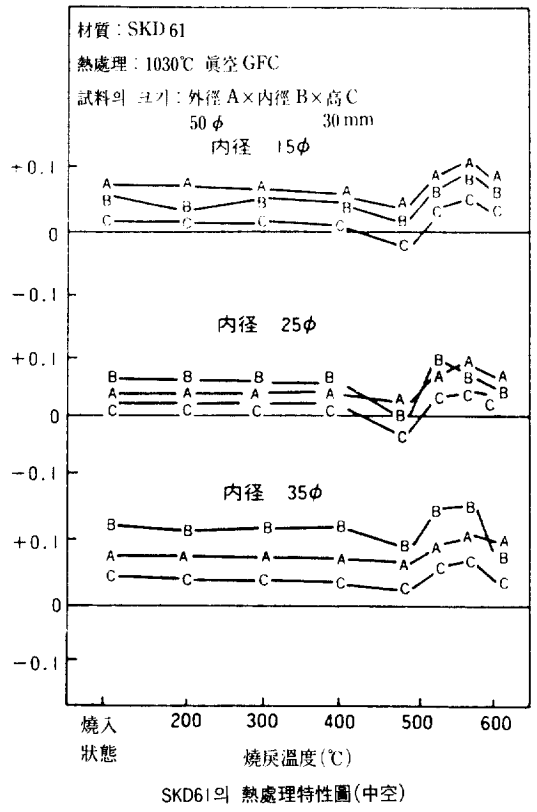
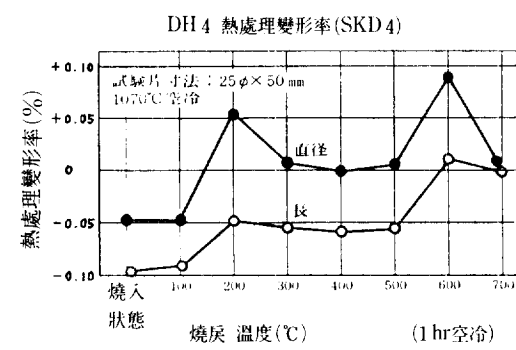
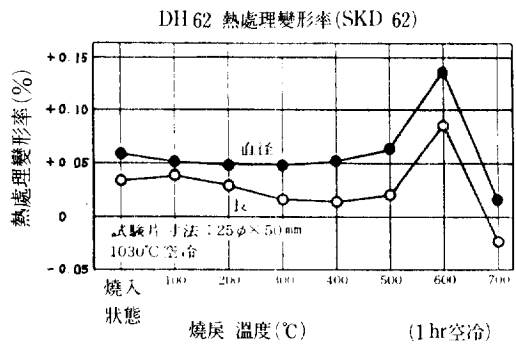
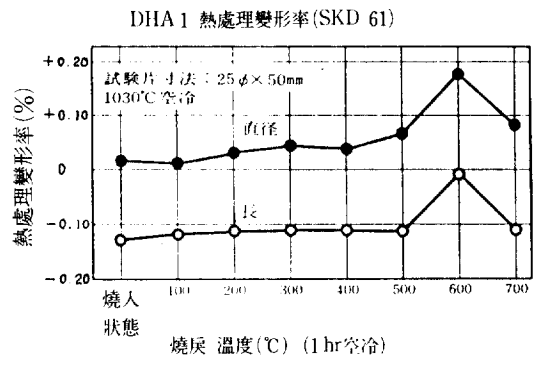
一般的으로 材料의 直徑과 길이方向은 寸數變化量이 다르다. 이것은 鋼種에 따라 特性이 있으며 熱處理變形率이 다르다. 그림 16은 熱間成形用型鋼의 代表的인 鋼種의 特性이다.

外國에서는 이러한 寸數變化가 있으므로 無方向性的인 鋼材를 開發하여 寸數變化를 防止하고 있으나 우리나라 現實로는 어려운 狀態이다.

材料의 方向性은 어떤 材質이라도 반드시 있는것으로



T : 25 mm W : 50 mm L : 150 mm  
(Courtesy Latrobe Steel Co.)  
AISI H<sub>13</sub>(≒SKD<sub>61</sub>)의 燒炭 溫度와 寸法變化와의 關係



SKD61의 熱處理特性圖(中空)

그림 16. 鋼種에 따른 熱處理變形率

組立되는 金型은 그림 17 과 같이 材料方向을 統一하여 切斷하는것이 큰 일이다.

材料의 方向을 一定히 하지 않으면 燒入하는데 따라 치수의 變化가 各各달라 最惡의 경우 金型을 쓸 수 없게 되는 경우가 생긴다. 燒入에서 金型을 不良으로 하

지 않기 위하여 이 點을 管理하는 것이 絶對 必要하다.

管理方法에는 圖面에 材料의 方向을 統一해서 切斷方向을 記入해 놓고 그 指示에 따라 材料를 切斷시키는 것이다. 이렇게 해 놓으면 燒入時點의 치수變化의 문제를 일으킨 경우에 原因이 어디 있었는지를 간단히 규명

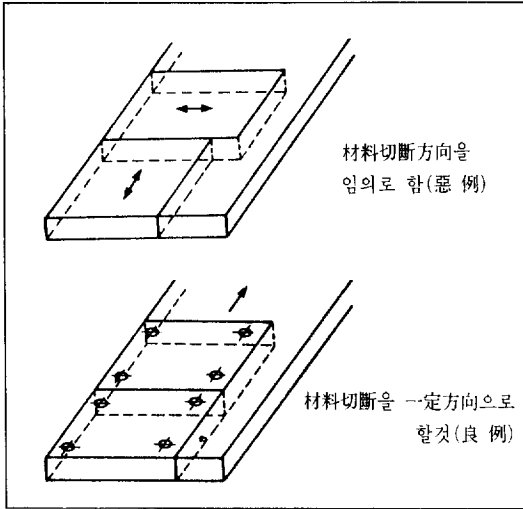


그림 17. 재료절단 방법.

할 수 있다. 예를 들면 재료의 방향이 圖面에 明示된 대로 되어 있지 않다던가 燒入에 문제가 있던가를 調査하여 圖面대로 材料方向이 되어 있으면 熱處理 工程을 철저히 조사하여 문제를 찾을 수가 있다. 그러나 잘못 切斷되어 있으면 材料採取에 문제가 있는 것으로 判斷할 수가 있다.

組織을 보면 재료의 방향성은 炭化物이나 組織의 흐름으로 간단히 알 수가 있는 것이다. 현미경組織에서 炭化物이 옆으로 斷續적으로 흐르고 있는 방향이 그 재료의 壓延方向인 것이다.

### 9-2 金型精度(品質)과 耐磨耗性向上

眞空熱處理가 精密金型の 熱處理에 빠질 수 없는 존재로 되어있는 것은 表面의 酸化 脫炭 등의 變質層이 나타나지 않기 때문이다. 最近 眞空熱處理는 光輝性만이 아니고 冷却能을 高速化하고 충격치 등의 機械的性質을 향상시켜야 하는 時代가 되었다.

空冷鋼에 對하여 眞空燒入의 冷却은  $N_2$ 를 媒體로 한 FAN 冷却이 減壓中에 일어나고 있으며 最近에는  $N_2$  GAS를 5氣壓으로 加壓裝入하여 冷却速度를 빨리해 줌으로서 熱間成形用型鋼, SUS素材料 및 高速度鋼 등에 燒入時 變形을 防止하는 手段으로 利用되고 있다.

또한 表面處理만으로 磨耗나 부식에 安定된 處理效能을 발휘시키려하나 表面만을 硬하게 할뿐 金型自身的 硬度만으로만 높히려는 것보다 炭化物의 硬度도 加味하여 檢討할 必要가 있다고 본다. 熱間成形用型鋼에서 窒

化處理로서 耐磨耗性, 耐溶融性を 向上시키는데는 效果的이나, 高硬度의 炭化物이 MATRIX에 析出되어 窒化鐵의 상승 效果로 耐磨耗性を 발휘하게 된다.

## 10. 맺는말

金型材를 熱處理를 함으로서 完全한 金型은 될수 없다. 다시 말해서 熱處理前 素材의 狀態 卽 充分한 鍛造나 壓延으로 치밀한 粒子의 球狀化 燒鈍狀態의 集成 되어있는지 萬一 球狀化가 되어있지 않고 材料 狀態에서 粗大한 粒子이면 金型을 만들어 完全한 熱處理를 하였다 하더라도 또한 仕上加工을 잘해서 鏡面狀態의 金型이 되었다해도 첫 SHOT에서 破損되던가 短命의 金型이 되고마는 신세가 될 것이다.

또한 滿足할만한 材料狀態에서도 金型設計가 備肉狀態로 되었다면 두께차이에서 오는 뒤틀림 變形은 熱處理에서 어느 程度 막을수는 있으나 完全한 變形이 없는 金型은 이루어질 수 없다.

그리고 材料의 特性이 갖고 있는 寸수의 變形에서 오는 變形은 眞空爐에서도 감당할 수 없는 것이다.

앞에서도 말했으나 外國에서 가지고온 金型은 오래쓰더라도 金型에 缺陷이 나타나지 않으나 國內에서 만든 것은 熱處理가 잘못되어 金型의 壽命이 짧다고 한다. 이것은 우리 國內에 材料가 用途와 特性에 맞게 求할수 없기 때문이며 熱處理후의 金型仕上에도 문제가 있기 때문이다.

그동안 熱處理技術 水準에도 문제가 있었으나 总的으로 熱處理만의 문제만은 아니라고 본다.

첫째 올바른 材料, 올바른 金型設計, 올바른 金型의 제작과 使用 등에 문제가 있다.

둘째 材料의 使用方法 卽 方向性에 유의해서 金型製作을 하면 長壽命의 金型을 만들 수 있을 것으로 전망된다.

끝으로 하루속히 우리도 材料를 마음대로 選擇하여 製品의 特性에 맞는 材料를 使用할 수 있는 날이 오기를 바랄 뿐이다.

### 參考資料

- 1) 熱處理 日本熱處理 技術協會 1989. 4月號
- 2) 工具의 熱處理 熱處理技術시리즈 日本熱處理技術協會

- 3) 熱處理技術 大和久雄 監修
- 4) 熱處理現場에서 본 精密金型的 燒入과 表面處理 不二越治金 2 差(株)
- 5) 熱處理의 缺陷과 對策 日立金屬(可未) 特殊鋼 事業部
- 6) 熱間 DIES 鋼 大同製鋼
- 7) 金屬의 眞空熱處理 IHI 新素材 PROJECT 部 眞空爐 GROUP 山弘勝