

# 1-3 金型，治工具の真空熱処理に関する研究（第1報）

浜石和人

## 1. はじめに

本年度は、各種の複雑で高精度の金型や治工具などの熱処理技術の向上を計るために真空熱処理炉を導入した。

真空熱処理のメリットとして品質の点から①無酸化・無脱炭・無浸炭，②熱処理歪の僅少化，③金型の耐摩耗性向上，じん性の改善，経済性の点から①加工々数の低減，②省力化，自動化，③省エネルギーなどの長所があると言われている。本年度よりこのような真空熱処理の特色を十分に活

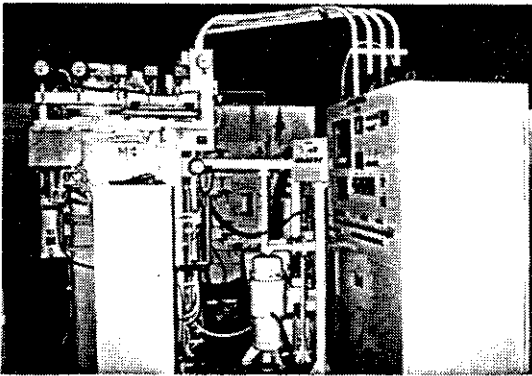


Photo1. 真空熱処理炉の外観

用し複雑で高精度の金型・治工具などの真空熱処理技術に関する研究に着手した。

今回は、真空熱処理炉の概要とSKD11相当材の試料および金型，SKH9相当材の木材インサイジング刃などの真空焼入事例を基に加熱温度，冷却条件，試料寸法と焼入硬さの関係，製品の加熱室の配置場所における焼入硬さの分布，すなわち加熱・冷却

の均一性の検討を行ったので、これらの結果と各種金型・治工具の真空焼入事例を報告する。

## 2. 真空熱処理炉の概要

真空熱処理炉の外観をPhoto 1に、炉本体の構造図を図1に示す。Photo 1に見る様に全体は炉本体，制御盤，ガス分配制御ボード，真空ポンプで構成されている。また，炉本体は図1に示す様にローディングテーブル，ガス冷却室，油冷却槽，加熱室から構成されている。この炉の基本的な仕様は以下のとおりである。

- (1) 型式 VCQ-ME-081012-C
- (2) 真空圧力，到達圧力： $2.5 \times 10^{-2}$ Torr
- (3) 温度 最高温度： $1,400^{\circ}\text{C}$ ，常用温度： $540^{\circ}\text{C} \sim 1,320^{\circ}\text{C}$ ，炉内温度精度： $\pm 5.6^{\circ}\text{C}$ （常用温度範囲において）
- (4) 炉内有効寸法  $200\text{H} \times 250\text{W} \times 330\text{L}$
- (5) 処理内容，ガス冷却真空焼入，油冷却真空焼入，真空浸炭，真空浸炭窒化，真空焼鈍，真空口一付。

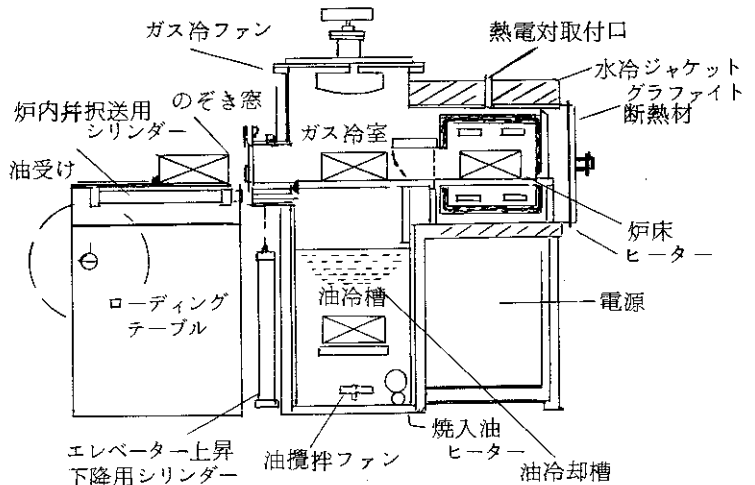


図1. 真空熱処理の構造図

(5) サイクル制御範囲, 全自動; ローディングテーブル上に製品を置くのみですべての動作を自動で行う。半自動; 製品の炉内装入のみ手動で他の動作は手動。手動; 加熱パターンのみ自動で他はすべて手動。

その他に停電, 断水, ガス圧不足などにおいて加熱電源が切れるなどの安全対策がなされている。

### 3. 実験方法

#### 3-1. 加熱温度と冷却条件, 試料寸法の焼入硬さに及ぼす影響

供試材としてSKD11相当材を選び, これを38φ×19L, 38φ×38L, 38φ×72Lに旋盤加工後表1の条件で焼入し, 試料のビッカース硬さを測定した。なお, 予熱時間は15分, 焼入加熱時間は60分であり焼入油は, 表2に示す性状のものを使用した。

表1. SKD11 試料の焼入条件

焼入予熱温度(°C)	焼入加熱温度(°C)	冷却条件
550	1,000	炉中ガスファン 冷却(炉内圧 500Torr)
	1,025	
	1,050	
	1,100	
	1,000	炉中油冷却
	1,050	

表2. 特殊焼入油V-1900Sの規格と代表性状

試験項目	規格	代表性状	
反応	中性	中性	
粘度 (50°C) cst.	15.6~21.0	18.70	
	(40°C) cst.	21.2~26.4	24.30
引火点 (C. O. C) °C	180 以上	192	
酸価 KOH mg/g	1.0 以下	0.0	
流動点 °C	-10 以下	-15.0	
残留炭素 wt%	0.20 以下	0.07	
水分 wt%	0.0 以下	0.0	
安定度 165°C×24 Hr	合格	合格	
光輝度 (SUJ-2)	0.750 以上	0.850	
冷却性能 図3	(800~400°C)秒数	4.0 以下	2.4
	特性温度 °C	5.80 以上	600
	焼入強烈度 1/cm		0.140

#### 3-2. 加熱室装入位置の焼入に及ぼす影響

##### 3-2-1. SKD11相当金型の焼入結果

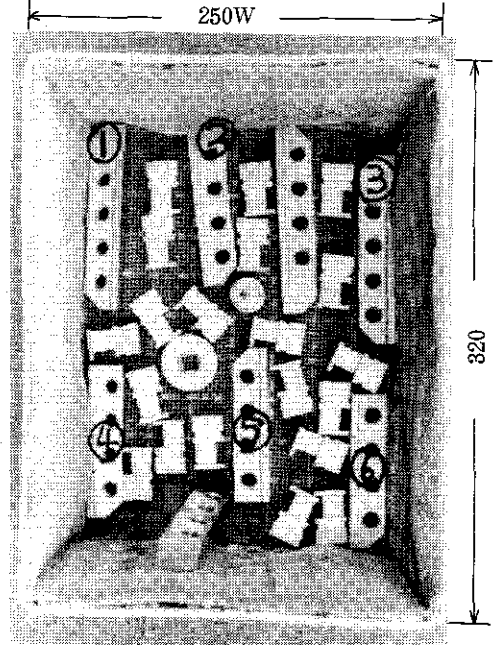


Photo 2. 金型・治工具の加熱用バスケット配置状況 (バスケットの高さは200mm)

SKD11相当材で加工された金型・治工具をPhoto2に示すようにバスケット内に配置し図2に示す条件(炉内温度)で加熱し, 炉内にてN<sub>2</sub>ガスファン冷却(500Torr)して焼入した後Photo2の番号を付けた金型の硬さ(HV)を測定した。この金型の概寸は135×25×19tであり, 4個のM12のネジが切っている。

##### 3-2-2. SKH51相当木材インサイジング, 刃物の焼入。

SKH51相当の3.5t×19W×25Lの木材インサイジング刃を加熱用バスケット(250W×200H×320L)に入れ, 1,200°Cで20分間加熱後3-2-1と同条件

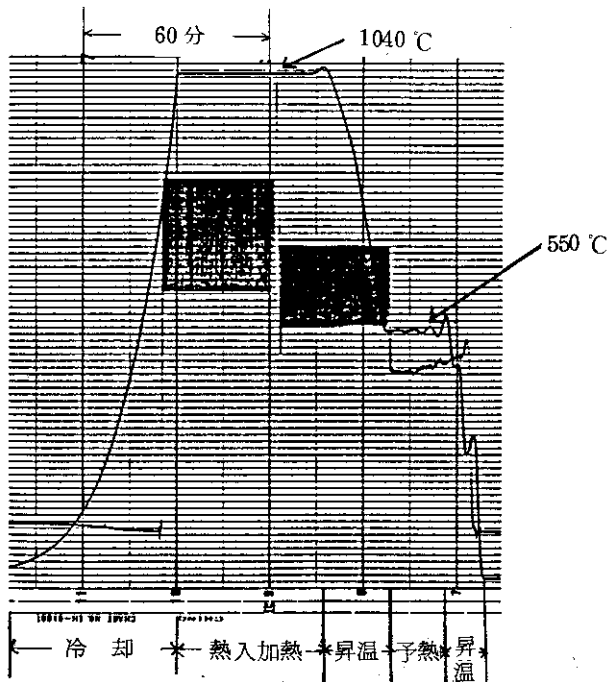


図2. 焼入条件

で冷却し焼入し、図3に示す番号位置より試料を採取し硬さ(HRC)を測定した。

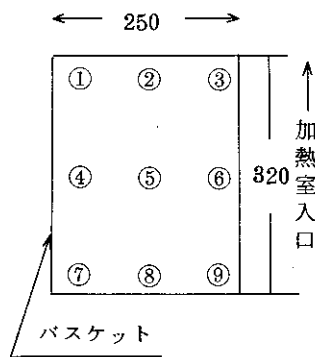


図3. SKH51インサイジング刃採取位置

#### 4. 結果と考察

図4にSKD11試料の硬さに及ぼす加熱温度の影響を示す。図より加熱温度が1,000°Cから

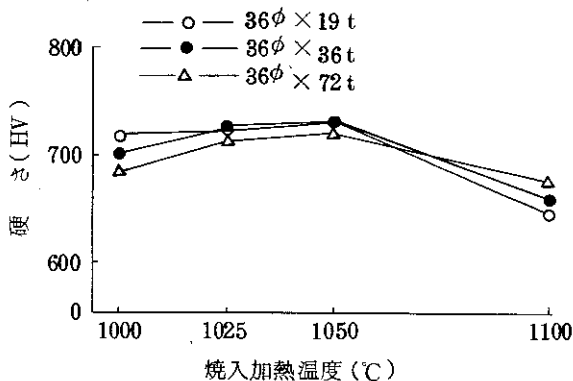


図4. SKD11試料の焼入(炉内ガスファン冷却)硬さに及ぼす加熱温度の影響

1,050°Cまでにおいては、各試料とも硬さの増加の傾向が見られ、1,100°Cと高温になると大巾な硬さの低下が認められる。また、1,000°Cの加熱においては、寸法の小さいものほど硬さは

高く、逆に最高温度の1,100°Cでは寸法の大きいものほど硬さは高くなり、更にこの両温度における硬度のバラツキは、1,025、1,050°C加熱に比較して大きくなっているのが分かる。このことは、図5に示す様に試料の寸法と各温度における焼入硬さで整理してみると一層明確になる。

以上のように加熱温度が1,000~1,050°Cの範囲で温度が高いほど硬さが高くなるのは、SKD11のこの焼入温度の範囲では周知の現象であり、1,100°Cで硬度が低くなるのも残留オーステナイトによるものであることは、明白と言える。更に低温においては、寸法の小さいもの程硬く、硬さの差も大きいのは、加熱温度の低い場合には焼入硬さに対して冷却速度の影響が大きい事を示すものである。反面加熱温度が高すぎると逆に寸法の大きいものほど硬くなり試料間の硬度差も大きくなる。これはオーステナイト中へのCの溶け込みが多くなり、良く知られている様に小さい寸法のものほど冷却速度が大きくなるため残留オー

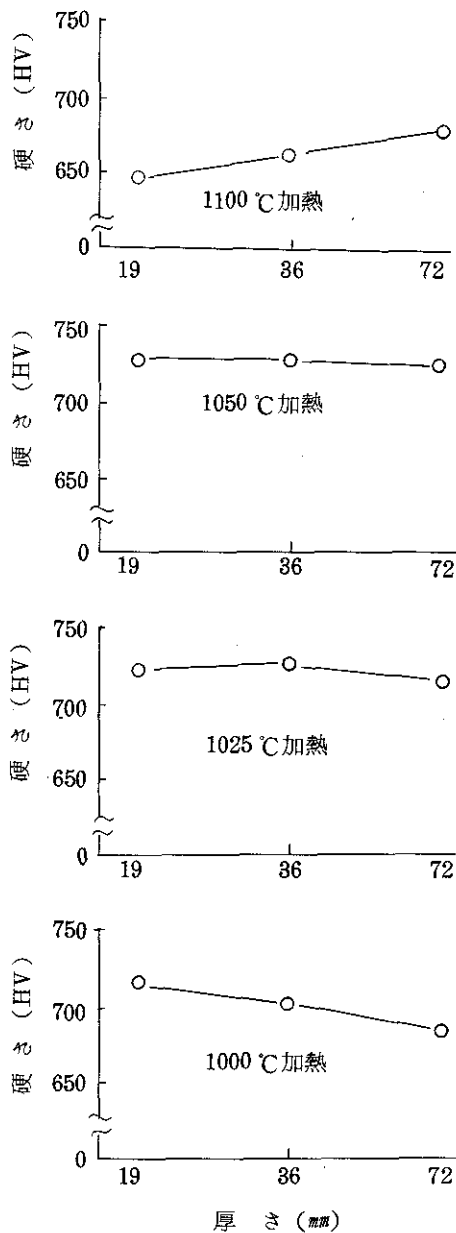


図5 試料寸法の各温度における焼入硬さに及ぼす影響

スナイトが多くなったことによると考えられる。

以上の様に真空焼入においても一般の焼入と同様にその材料に適した加熱温度を十分に検討の上決定してゆくことが非常に重要であることが良く

理解される。

次に図6に36φ×72LのSKD11試料の各焼入温度と冷却条件の軸方向硬さに及ぼす影響を示す。図より明に炉中ガスファン冷却、炉中油冷却の両試料において1,000°C~1,050°Cまでの加熱温度においては加熱温度が高いほど硬さが高く、加熱温度が高すぎると硬さが低いのは、前述の図4, 5と同様の結果である。しかし、加

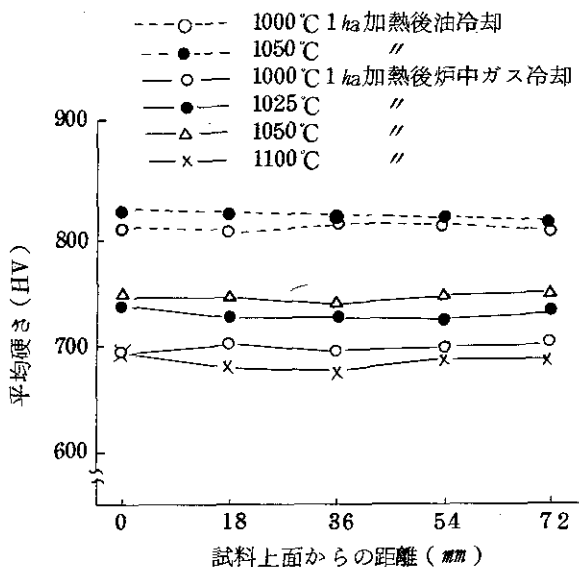


図6. SKD11試料(36φ×72L)の真空焼入後の軸方向硬さ分布

熱温度が1,000°C~1,050°Cの範囲においては、冷却速度が早い油冷却の方がガスファン冷却に比較してより低い温度でも、高い焼入硬さが得られることがわかる。また、試料の上端と下端との硬度のバラツキは、同じ加熱温度においては非常に小さくこの試料の長さ内においては均一な焼入がなされると考えられる。

以上の結果から真空焼入においても、焼入温度と同様に油、ガスファン冷却あるいは2つの冷却の組合せなどのいずれの冷却条件を選定するかも重要な因子であると言える。また、軸方向の硬さの差異は小さかったことから、加熱室内での加熱

は均一になされたものと考えられる。

#### 4-2. 加熱室装入位置の焼入硬さに及ぼす影響

##### 4-2-1. SKD11相当材の金型の焼入結果

Photo 3 に実験に供した金型の真空焼入後の外觀を示すが、表面は非常に美しい金属光沢をしていた。

図7に真空焼入後のSKD11金型( Photo 2

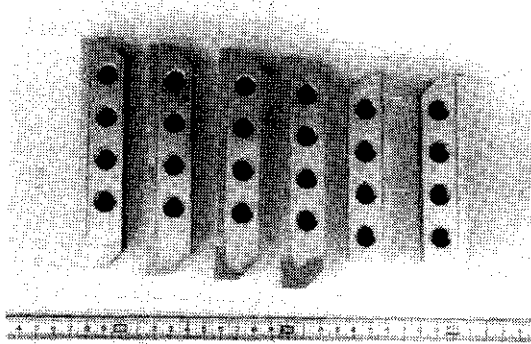


Photo 3. 真空焼入後のSKD11金型

参照)の硬さを示す。図から明らかな様にバスケット内の場所間における硬度のバラツキには非常

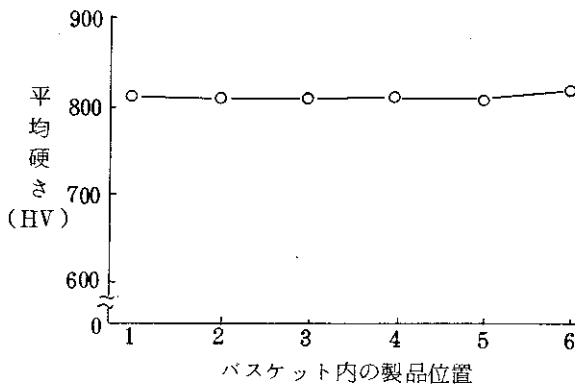


図7. Photo 2 に示す金型 (SKD11) の真空焼入後の硬さ

に小さく、このバスケットの範囲内においては、温度分布は非常に良く均一に加熱され、加熱後の冷却も均一になされたと判断される。

##### 4-2-2. SKH9相当材の木材インサイジング刃の焼入結果

図8に真空焼入後のSKH9木材インサイジング刃をバスケット内の各位置より採取し硬さを測定した結果を示す。図から明らかな様にバスケットの中央の場所において若干硬さが高くなる傾向

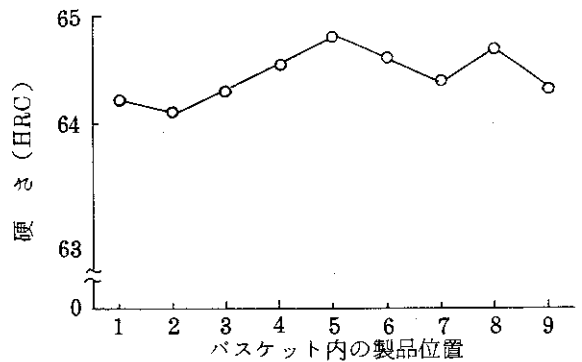


図8. SKH9木材インサイジング刃の真空焼入後の硬さ

があるが、9試料の硬さの平均値に対するバラツキは $\pm 0.4$  (HRC) 以内であって $1,200^{\circ}\text{C}$ の高温においても均一な加熱と冷却がなされたものと考えられる。

## 5. まとめ

以上の実験の結果をまとめると次の事が言える。

### 5-1. 加熱温度、冷却条件、寸法のSKD11試料の焼入硬さに及ぼす影響

- (1) 加熱温が $1,000^{\circ}\text{C}$ ~ $1,050^{\circ}\text{C}$ の範囲では、温度が高いほど硬さが高くなるが、 $1,100^{\circ}\text{C}$ と温度が高すぎると硬さは低くなる。
- (2)  $1,000^{\circ}\text{C}$ の低温加熱と $1,100^{\circ}\text{C}$ の高

温加熱では1,025℃, 1,050℃加熱に比べ試料間の硬さのバラツキが大きくなったり, 低温では小さい寸法の試料の硬さが, 高温では逆に大きい寸法の試料の硬さが高くなる。

- (3) (1)と(2)から金型, 治工具の真空焼入においても他の焼入と同様に被処理物の材質や寸法, 使用目的に適した加熱温度の十分な検討の必要があると言える。
- (4) 1,000~1,050℃の加熱温度の範囲においては, 冷却速度の早い油冷却の方がガスファン冷却に比べて硬さは高くなり, 1,000℃油冷却の硬さは, 1,050℃ガスファン冷却の硬さより高くなった。つまり, 真空焼入においても, 金型, 治工具の材質, 寸法, 目的に応じた適正な冷却条件の検討は重要と言える。
- (5) 36φ×72LのSKD11試料の軸方向の硬さのバラツキは, 非常に小さく, この高さの範囲では, 十分均一な加熱と冷却がなされたものと言える。

### 5-2. 加熱室装入位置の焼入硬さに及ぼす影響

#### 5-2-1. SKD11相当材の金型の焼入結果

- (1) 焼入後の外観は, 非常に美しい金属光沢をしていた。
- (2) バスケット内の場所間の硬度のバラツキは, 非常に小さく, 均一な加熱と冷却がなされたものと判断される。

#### 5-2-2. SKH9相当材の木材インサイジング刃の焼入結果

- (1) バスケットの中央部において若干硬さが高くなる傾向があるが, 各場所間のバラツキは9試料の平均硬さ(HRC)に対して±0.4と小さく, 1,200℃の高温においても均一な加熱と冷却がなされたと考えら

れる。

以上のように, バスケット内での被処理物配置位置間の硬さのバラツキは, 非常に小さく, 適正な加熱温度と時間を選定することで均一な焼入が出来ると考えられる。

## 6. 金型, 治工具の真空焼入事例

これまでの研究成果等を基に真空焼入した金型, 治工具について簡単に紹介する。

### (1) 電子関連金型(SKD11)

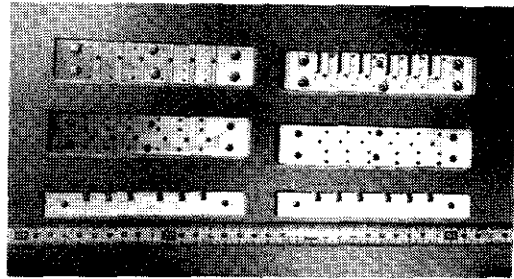


Photo 4. 焼入直後の電子関連金型(SKD11)

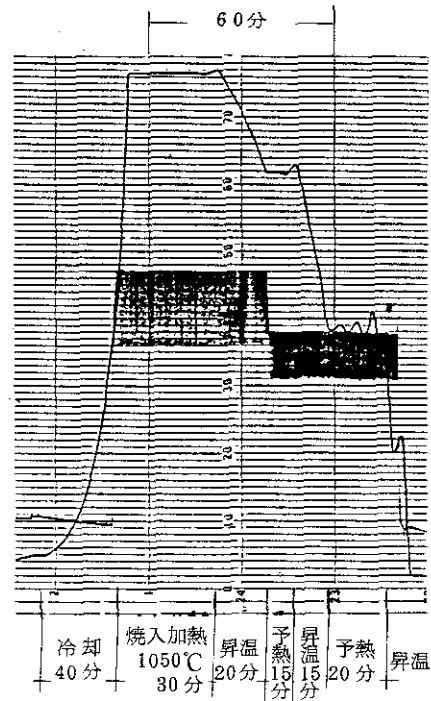


図9. 加熱条件

Photo4 に真空焼入後の電子関連金型の外観を、図9 に加熱条件を示す。

この型の場合鋭い角や穴が多く複雑な形状をしていたので550℃、850℃の2段予熱を行い、1,050℃で本加熱を30分行って炉中ガス(N<sub>2</sub>)ファン冷却した。炉内圧は10<sup>-1</sup>~2×10<sup>-1</sup>Torr に調整した。

焼入直後の外観は金属光沢を有し、硬さはHRC63であった。

(2) 精密プレスポンチ (SKD11)

Photo5 に焼入直後の精密プレスポンチの外観を、図10 に加熱条件を示す。

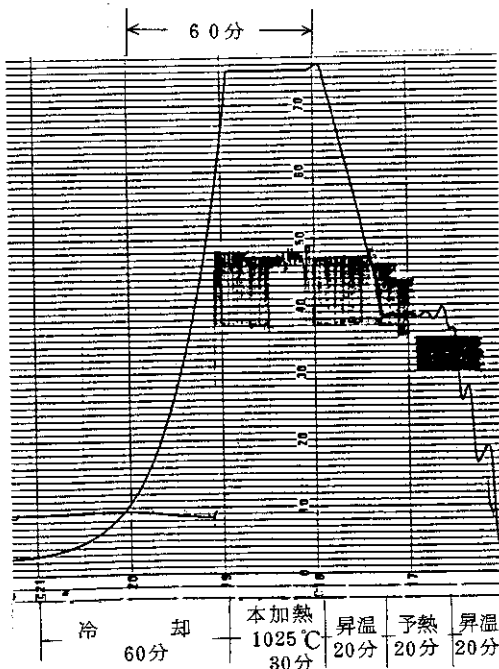


図10. 加熱条件

このポンチの場合寸法が小さいが、形状的に複雑でもないため焼入温度を1,025℃とし予熱は550℃一段階とした。炉内圧力と冷却条件は前述と同じである。

焼入直後の外観は、前述の型と同様である。この型は硬度の測定は行っていないがHRC63はあると考えられる。

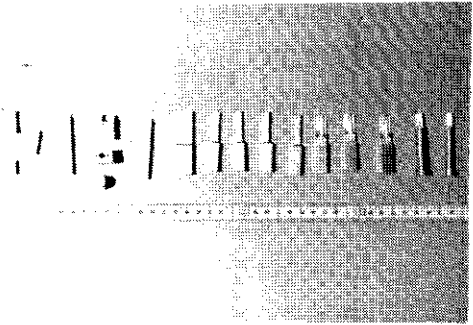


Photo 5. 焼入直後の精密プレスポンチ (SKD11)

(3) 電子・セラミック関連金型 (SKD11)

焼入直後の電子・セラミック関連金型の外観

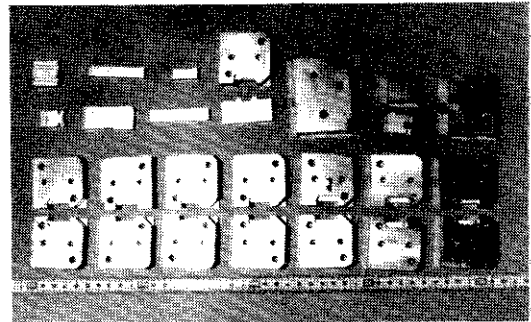


Photo 6. 焼入直後の電子・セラミック関連金型

をPhoto6に、加熱条件を図11に示す。この型の場合硬さが要求されるため焼入温度を1,050℃とし予熱条件は550℃1段とし、炉内圧は前述と同一とした。

焼入直後の外観は前述と同様であり、硬さはHRC63であった。

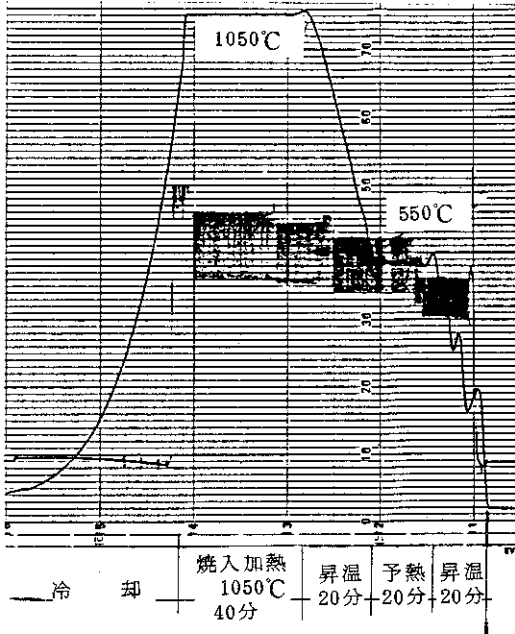


図 11. 加熱条件

(4) ポンチ, 特殊工具, 金型 (SKH51)

焼入直後のポンチ, 特殊工具, 金型の外観を Photo 7 に, 加熱条件を図 12 に示す。

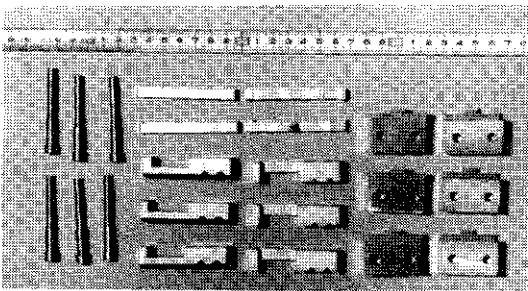


Photo 7. 焼入直後のポンチ, 特殊工具金型 (SKH51)

この場合寸法は小さいが, 肉厚の変動が大で歪やすい形状をなすものがあるので 700, 1,000°C の 2 段予熱を行った。冷却は炉中ガス (N<sub>2</sub>) ファン冷却である。

焼入直後の外観は, SKD11 などより美しい銀白色を呈していた。硬さは HRC 64 であった。

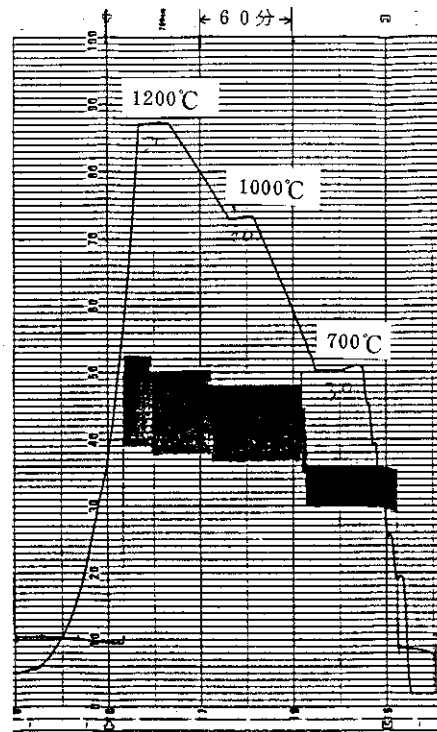


図 12. 加熱条件

(5) 精密機械部品 (ノズル) (SKS3)

Photo 8 に焼入直後の精密機械 (ノズル) を, 図 13 に加熱条件を示す。この部品は従来塩浴炉熱処理されていたが, 微細孔を有しこれに塩

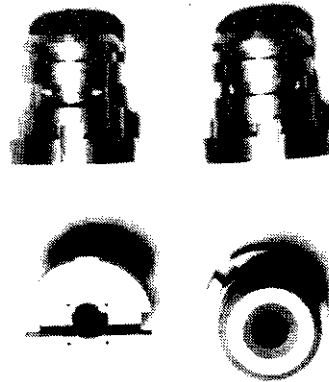


Photo 8. 焼入直後の精密機械のノズル (実物大)



が詰り除却作業に多くの労力を費さねばならなかった。

コーナを有すため550℃の予熱を行い、冷却は油冷とした。

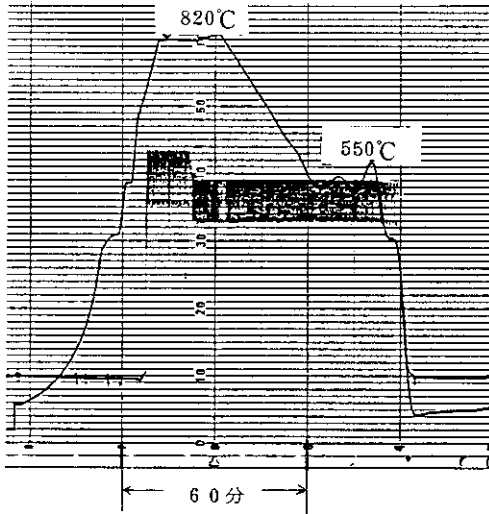


図 13. 加熱条件

焼入直後の外観はSKD11やSKH9よりは若干劣るが、比較対象物がないと分らぬ程である。焼入後の硬さは測定していない。

以上、これまで真空焼入した金型・治工具の一部を示したが、従来は県外で熱処理されていたものである。

## 7. 今後の課題

今回の研究は真空熱処理技術のごく基礎事項の一部分にすぎず、また試料の種類や寸法、形状等も少なく不充分であると言える。

今後は金型治工具の熱処理技術の確立のために、熱処理条件と歪や割れなどの熱処理欠陥の要因となる残留応力の関連などの研究をすすめ、寸法精度の高い金型治工具の高精度熱処理技術の確立を計りたい。