

# 空気焼入鋼 HMD の諸性質について

## On the Some Properties of Air-Hardening Cold Work Die Steel HMD

清 永 欣 吾\* 稲 田 朝 雄\*\* 吾 郷 瞭 生\*\*\*  
 Kingo Kiyonaga Asao Inata Ryousei Agô

### 内 容 梗 概

中生産量向きの冷間ダイス鋼として開発された HMD 鋼について、その主要な性質を現用鋼種 SBD および SLD 鋼と比較した。HMD は 850°C からの空冷により最高焼入硬度を与え、120φ 材を空冷して十分内部まで硬化する。焼戻は硬度と靱性（じんせい）値の関係より 160~250°C が適当である。本鋼は SBD と同等ないしそれ以上の耐摩耗性を示し、熱処理変形率は SLD よりやや大きく、SBD よりかなり小さい。靱性は両者よりも大である。

### 1. 緒 言

日進月歩の発展を遂げている電子工業用部品や、家庭電気器具部品などのように、つねに設計変更の行なわれる部品、あるいはさほど生産量の多くない部品の加工に用いられる抜型および絞り型材としては高品位かつ高価なものが必要でない。まず、廉価で熱処理の容易なことが必要である。空冷によって焼入硬化が可能な空気焼入鋼は複雑な形状のものでも焼割れや変形が少なく、このような用途にもっとも適するものである。

従来、精密打抜用形鋼としては SBD, SCD, CRD や SLD (いずれも安来冷間ダイス鋼) などが用いられていたが、SBD と CRD は油焼入鋼であり、SCD および SLD が空気焼入鋼として使用されていた。この後の二者は Cr および Mo によって焼入性を与えたもので耐摩耗性もありすぐれた抜型材であるが、上記のような用途に対してはさらに廉価であることが望ましい。

このような目的にそのものとして、主として Mn によって焼入性を与えた高 Mn-Cr-Mo 系鋼 (0.7~1.00C, 0.10~0.20Si, 1.80~2.30Mn, 1.00~2.20Cr, 1.00~1.10Mo) について研究を行なった。その結果、C 量が増加すると炭化物量多く、硬度も高くなるが焼入性が悪くなり、Cr 量が増すと焼入性は増大するが靱性を低下することなどが判明した。これらの結果を総括して、Cr 量を 1.0~1.5% に押え、さらに耐摩耗性を上昇するために Mo, V を添加した新鋼種 HMD が生まれた。ここでは空気焼入鋼 HMD の諸性質を SBD および SLD と比較調査した結果について述べる。

### 2. 実験方法および結果

#### 2.1 試 料

試料は 1 t 高周波電気炉で溶製し、15 mm 角、32 mmφ および 60 mm 角に鍛伸した。第 1 表に HMD の成分規格および試料の化学成分を示す。

#### 2.2 変 態 点

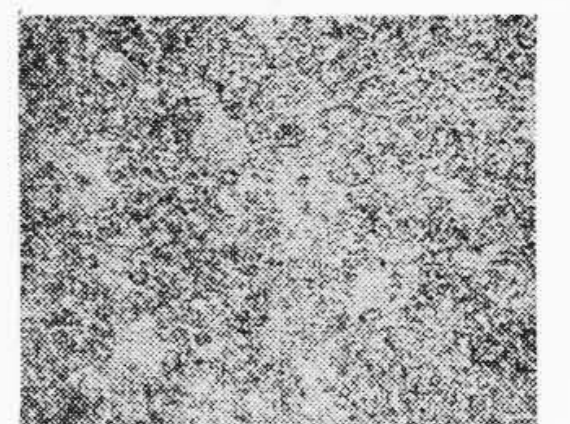
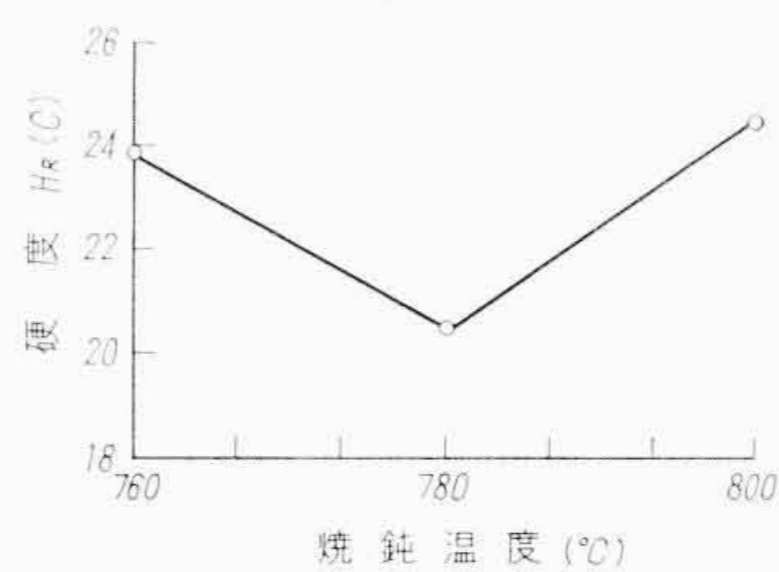
7φ×70 mm の試料を用い佐藤式熱膨張計により測定した。加熱や炉冷の際の加熱速度および冷却速度はいずれも 5°C/min で、また空冷ならびに炉冷の際のオーステナイト化温度は 850°C とした。第 2 表に測定結果を示す。Mn を含有するため加熱変態温度が低く、かつ加熱および炉冷の際に生ずる変態の不可逆性が大きい。また空冷によりマルテンサイト変態を生起しており Ms 点は 166°C と低い。

第 1 表 化 学 成 分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V
HMD 成分規格	0.90 ~1.10	<0.35	2.0 ~2.5	<0.030	<0.010	1.0 ~1.5		1.3 ~1.8	0.2 ~0.3
HMD	0.97	0.33	2.19	0.016	0.009	1.28		1.75	0.28
SBD	1.24	0.36	0.98	0.017	0.006	1.31	1.24		
SLD 成分規格	1.40 ~1.60	0.15 ~0.35	0.30 ~0.50	<0.030	<0.010	11.00 ~13.00		0.80 ~1.20	0.20 ~0.50

第 2 表 変態点測定結果

加 熱	炉 冷	空 冷
753 ~ 785	657 ~ 627	166
オーステナイト化温度 850°C		



第 1 図 焼鈍温度と硬度の関係 第 2 図 780°C 焼鈍組織 (×200)

#### 2.3 焼 鈍 硬 度

15 mm 角に鍛伸したものより長さ 12 mm の試料を製作し、前述の変態点測定結果に基づいて 760~800°C に各 1 時間加熱後 20°C/h の冷却速度で 600°C まで徐冷し、以下炉中冷却を行なったものについて硬度を測定した。第 1 図にその結果を示す。780°C 焼鈍したものの硬度がもっとも低い。また第 2 図は 780°C より焼鈍したものの組織を示す。本鋼の焼鈍温度は 780°C 付近が適当であり、自硬性が大きいので徐冷を十分行なう必要がある。以上の結果より次項以下の各実験に供した試料にはすべて 780°C の焼鈍を行なった。

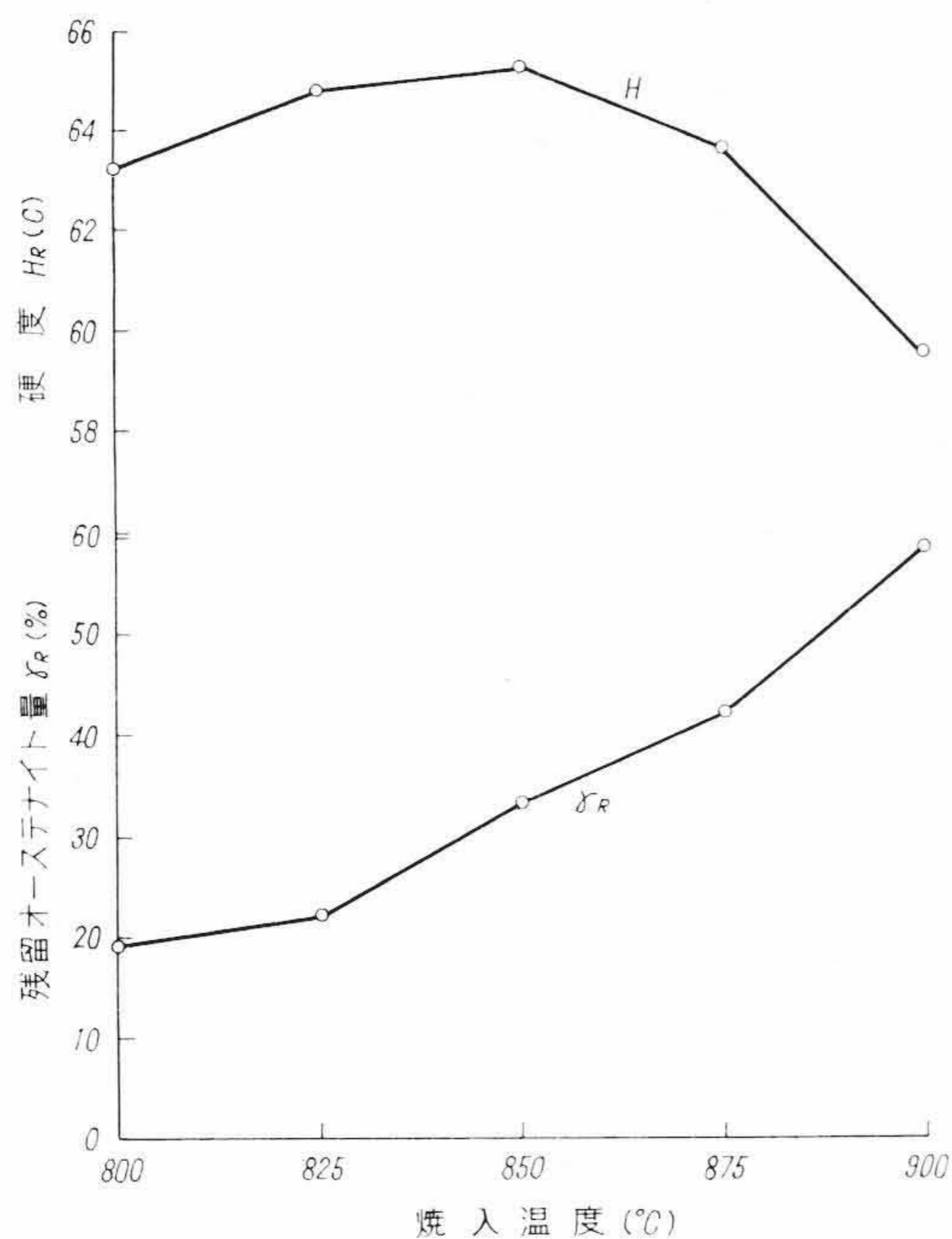
#### 2.4 熱 処 理 性 質

14φ×12 mm の試料を用い 800~900°C の各温度に 15 分間加熱後空冷し、硬度を測定した。次に 8φ×20 mm の試料を用い 800~900°C に 10 分間加熱後空冷したものについて弾動検流計法により飽和磁気の強さを求め、焼鈍材の飽和磁気の強さを基準にして、各試料の残留オーステナイト量を推定した。第 3 図は結果を示している。

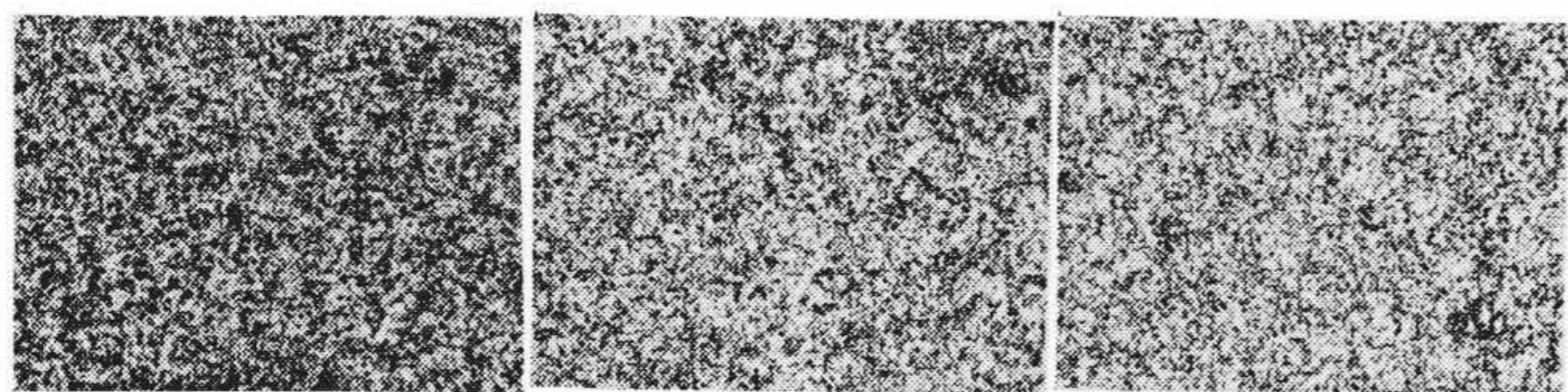
焼入温度 850°C にて最高硬度 H<sub>R</sub>(c)65.2 を示し、それ以上の焼入温度においては温度の高いものほど硬度が低下する。一方残留オーステナイトは焼入温度の高いものほど、その量を増す。つぎに第 4~6 図に 800~900°C の各温度より空冷したものの組織を示す。いずれも微細なマルテンサイト+残留オーステナイトの地に球状の炭

\* 日立金属工業株式会社 安来工場冶金研究所  
 \*\* 日立金属工業株式会社 特殊鋼部技術課  
 \*\*\* 日立金属工業株式会社 安来工場冶金研究所

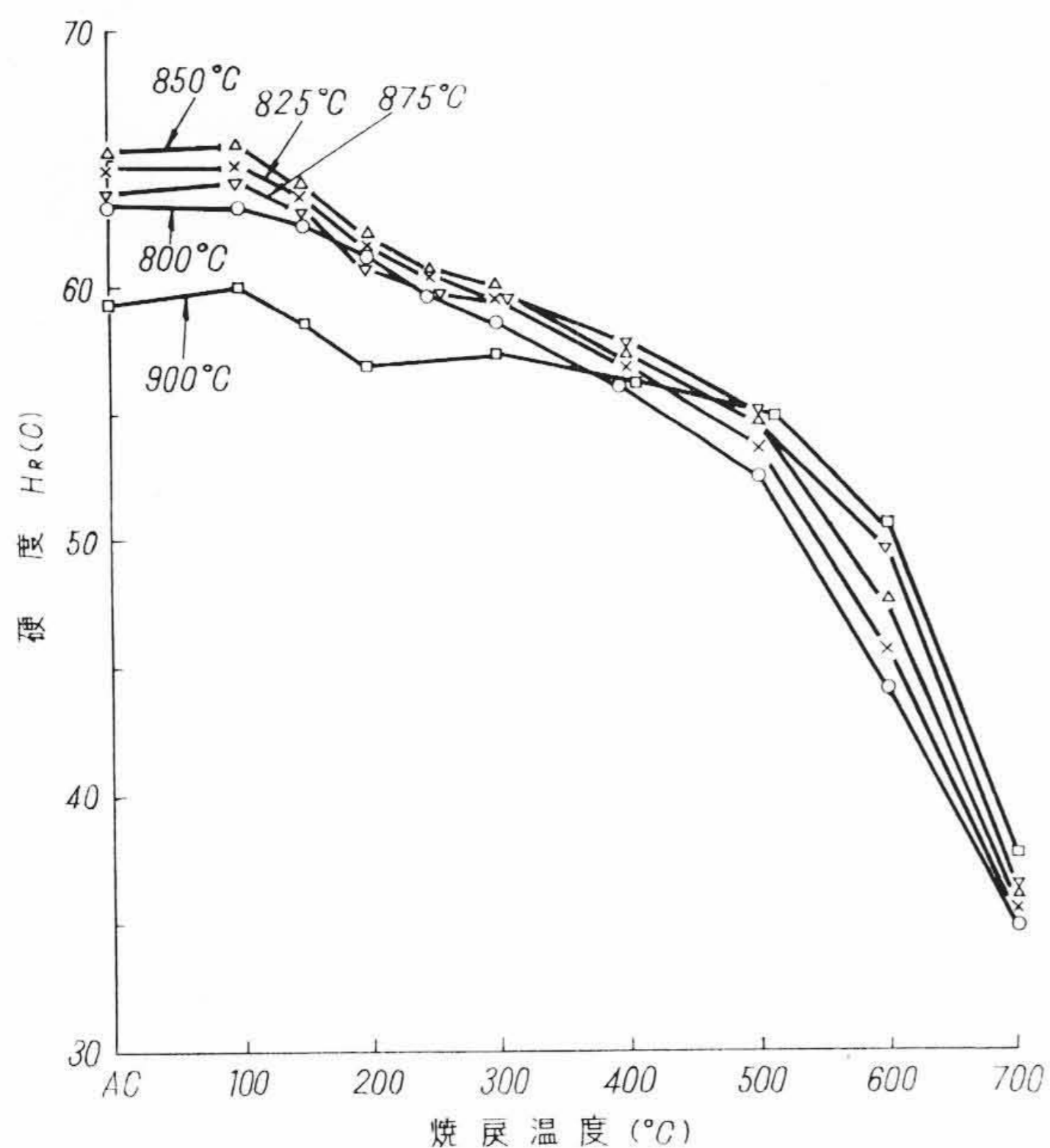




第 3 図 焼入温度と硬度および残留オーステナイト量の関係



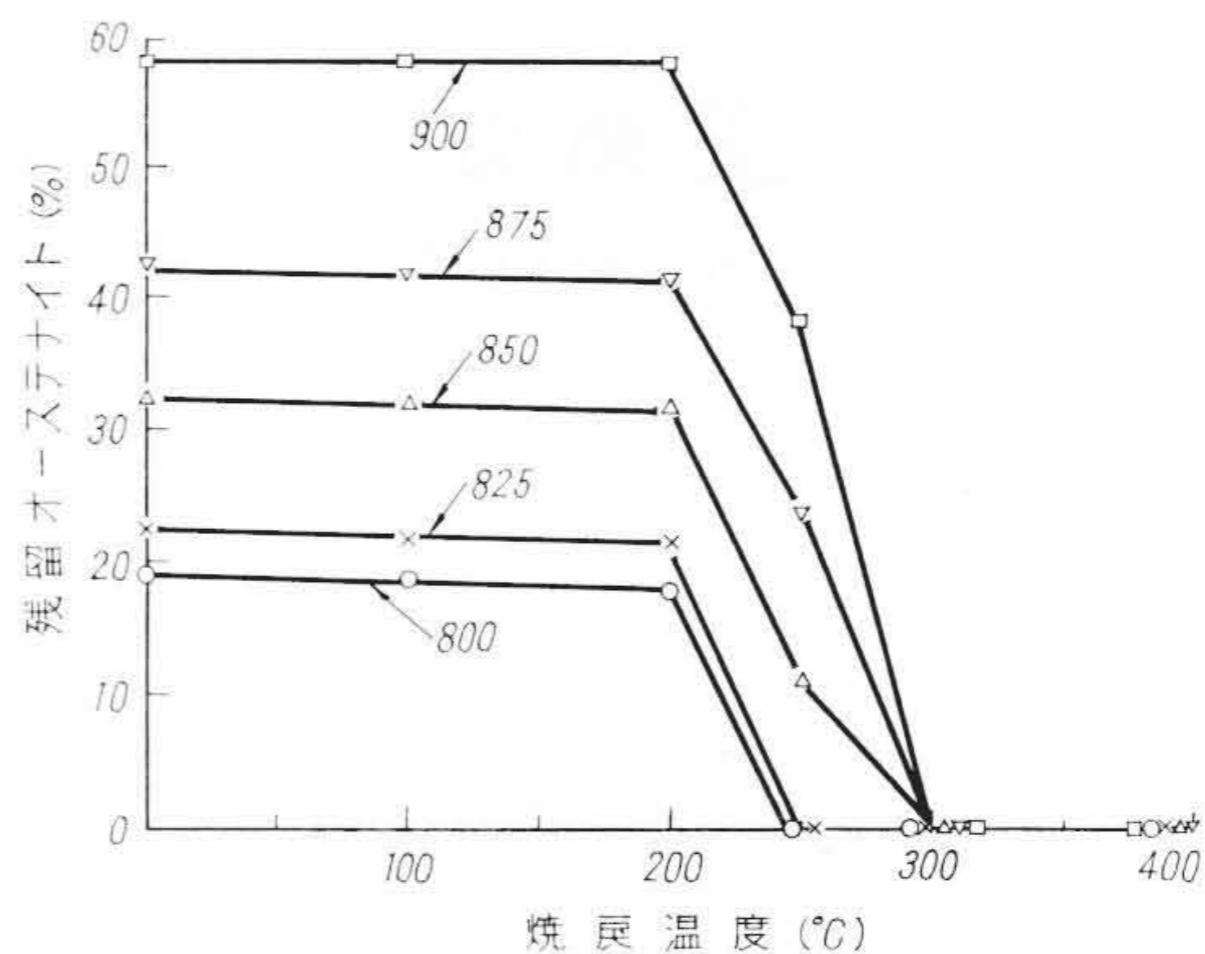
第 4 図 800°C 焼入組織  
第 5 図 850°C 焼入組織  
第 6 図 900°C 焼入組織



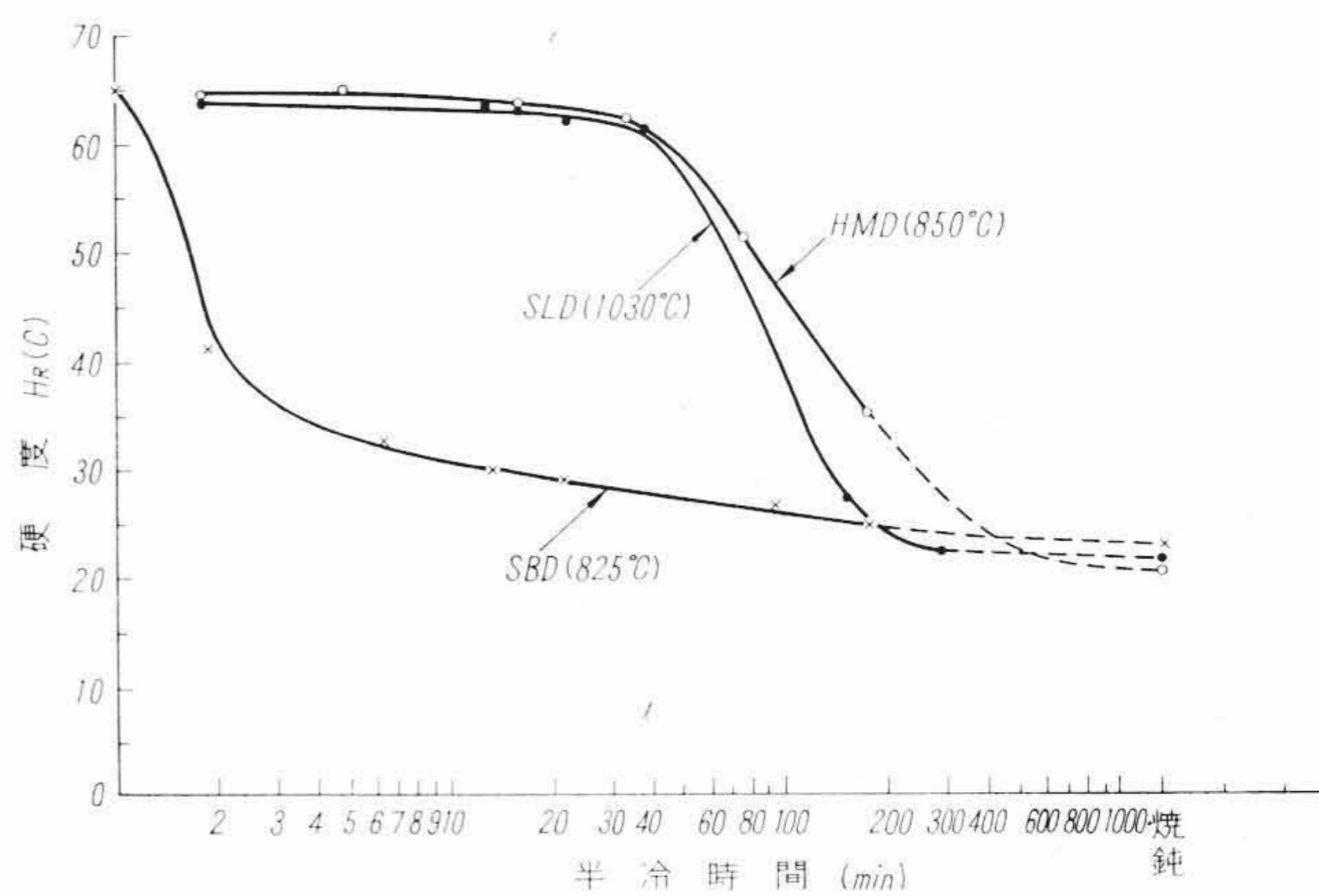
第 7 図 焼戻温度と硬度の関係

化物が分布した組織を示すが、焼入温度の高いものほどマトリックス中により多くの炭化物を固溶するため、残留している炭化物の量を減少している。

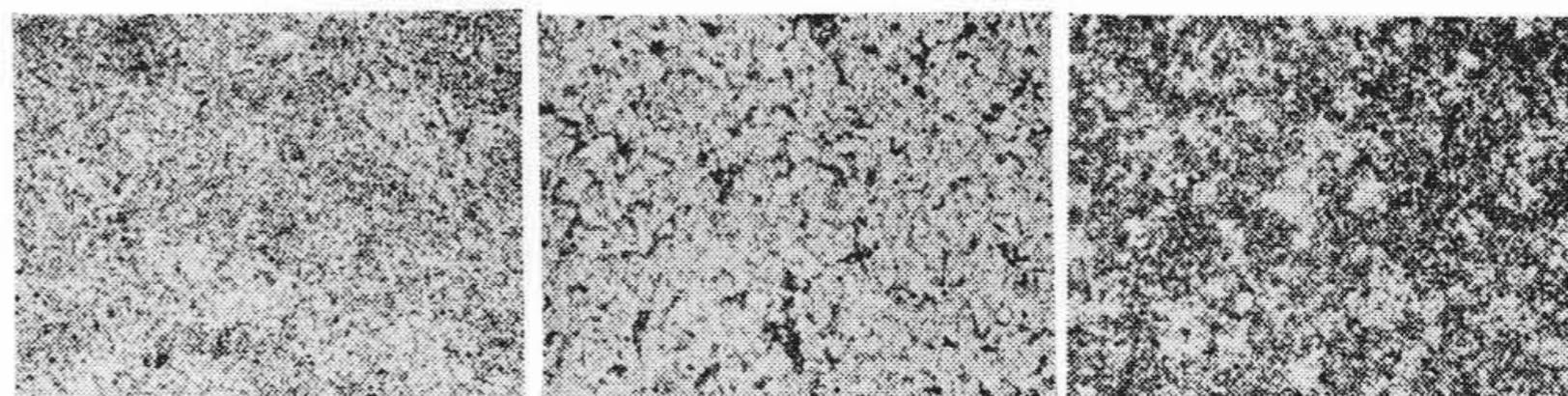
第 7 図は前述の焼入硬度試料を 100~700°C に各 1 時間焼戻した場合の焼戻温度と硬度の関係を示す。800~850°C より焼入せるものは焼戻温度が高くなるにつれて硬度が低下する。一方 875~900°C より焼入したものにおいては焼戻温度 250~500°C における硬度低



第 8 図 焼戻温度と残留オーステナイトの関係



第 9 図 半冷時間と硬度の関係



第 10 図 半冷時間 32 分のものの組織  
第 11 図 半冷時間 74 分のものの組織  
第 12 図 半冷時間 168 分のものの組織

下は少なく、600°C 以上の焼戻においては他の焼入温度の場合に比較して高硬度を示し、焼戻軟化抵抗が大きい。

次に第 8 図は 800~900°C より空冷したものを 100~400°C の各温度に 1 時間加熱し焼戻した場合の残留オーステナイト量の推定結果を示す。800~825°C より焼入したものは 250°C、850~900°C より焼入したものは 300°C の焼戻により残留オーステナイトが消失し、焼入温度の高いものほど分解しがたい傾向を示している。

以上の諸結果より本鋼の熱処理は焼入温度 820~870°C、焼戻は 160~250°C の範囲内において用途により所要の硬度の得られる温度にて行なうことが望ましい。

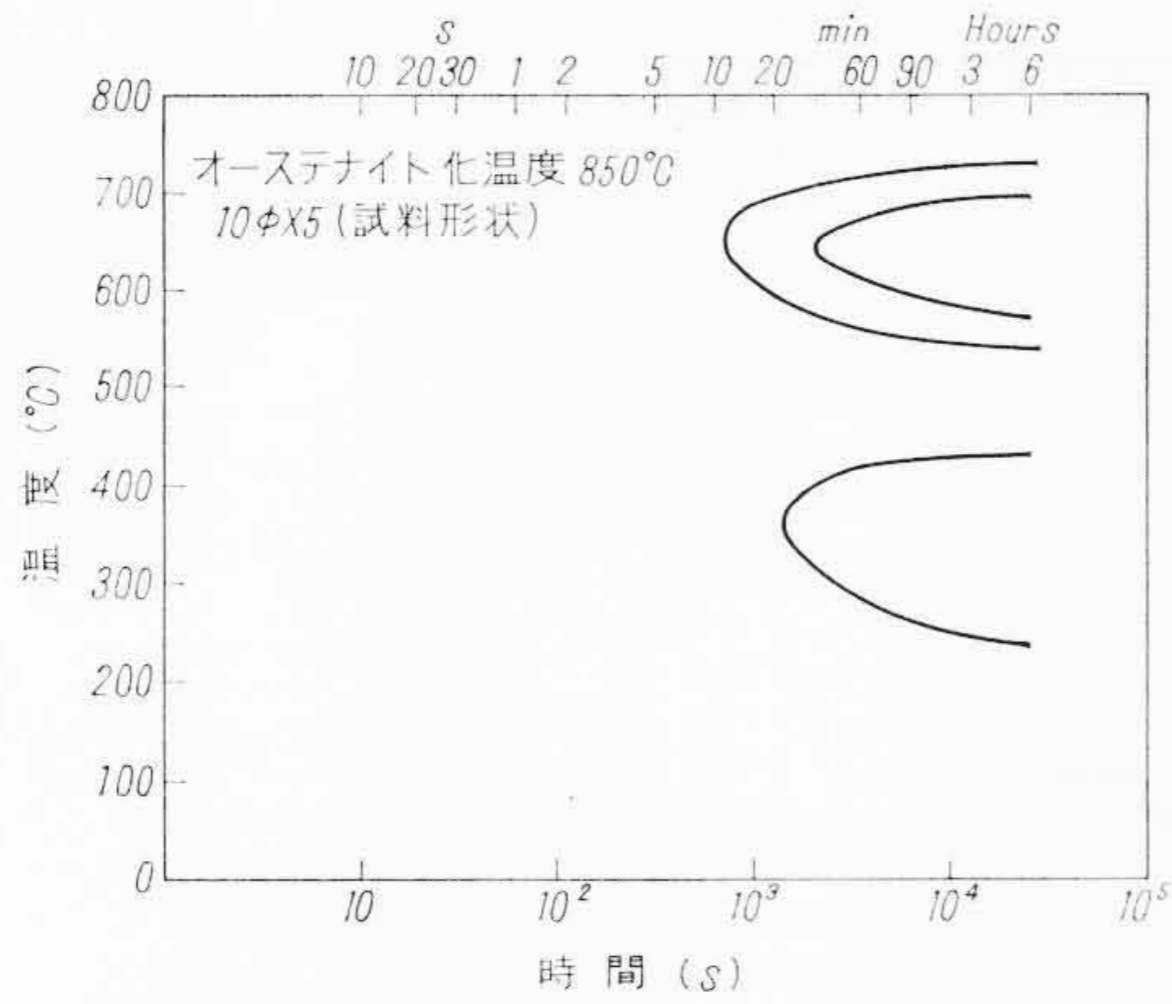
### 2.5 焼入性

14φ×15 mm の試料を用い 850°C にて 15 分間加熱後空冷、アスベスト中冷却、イソライト煉瓦中冷却、炉中冷却などにより種々の冷却速度を与え、その半冷時間と硬度の関係を求めて焼入性を調べた。

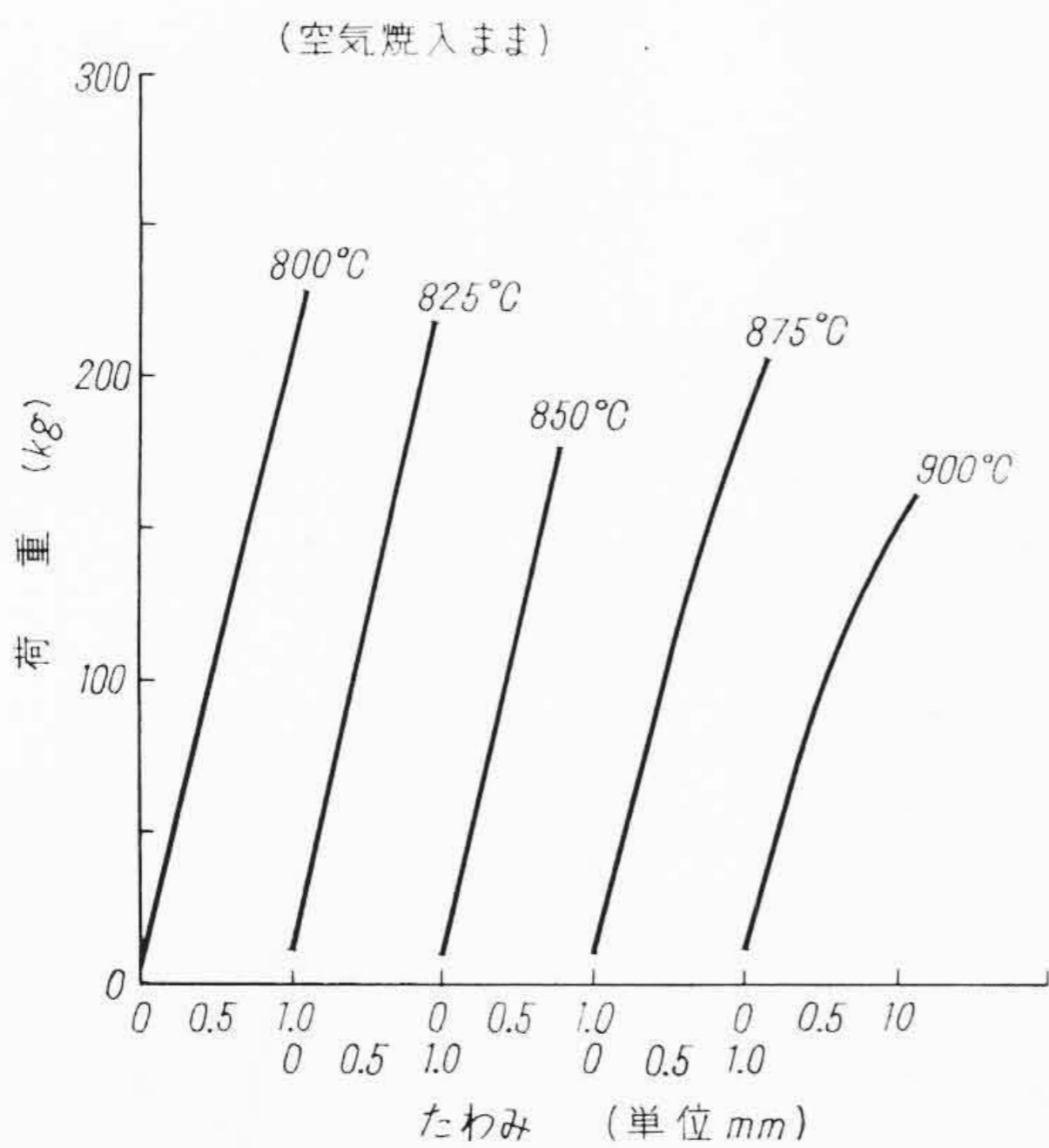
半冷時間の測定は試料中央に 3φ×5 mm の穴をあけその中に熱電対をそう入し、冷却時、焼入温度と室温の差の 1/2 の温度まで冷却するに要する時間を測った。

第 9 図に測定結果を示す。比較のため SBD、SLD の測定結果も併記した。HMD の焼入性は良好で SBD はもちろん SLD に比較し





第13図 恒温変態図

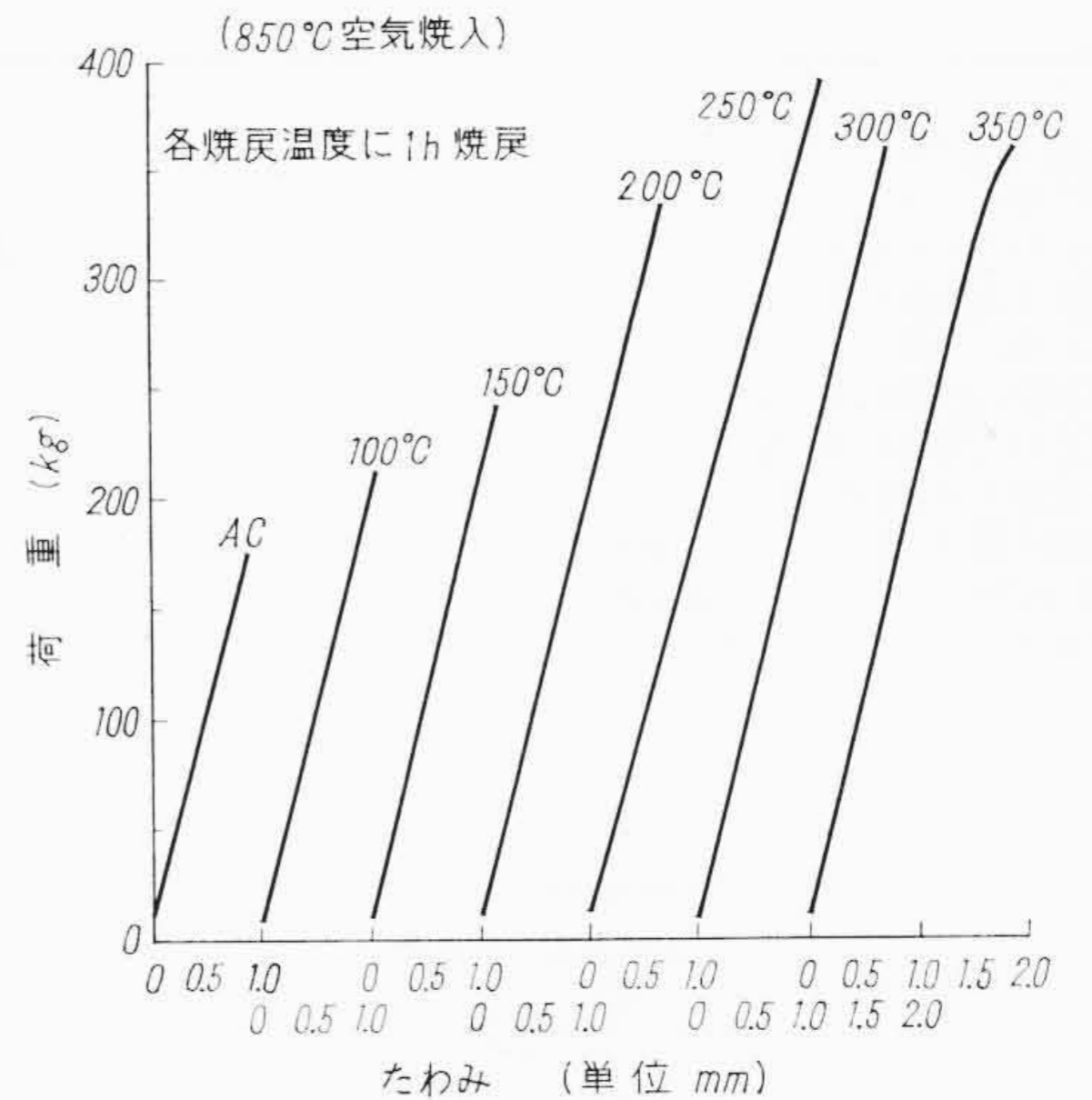


第14図 焼入温度と荷重たわみ曲線の関係

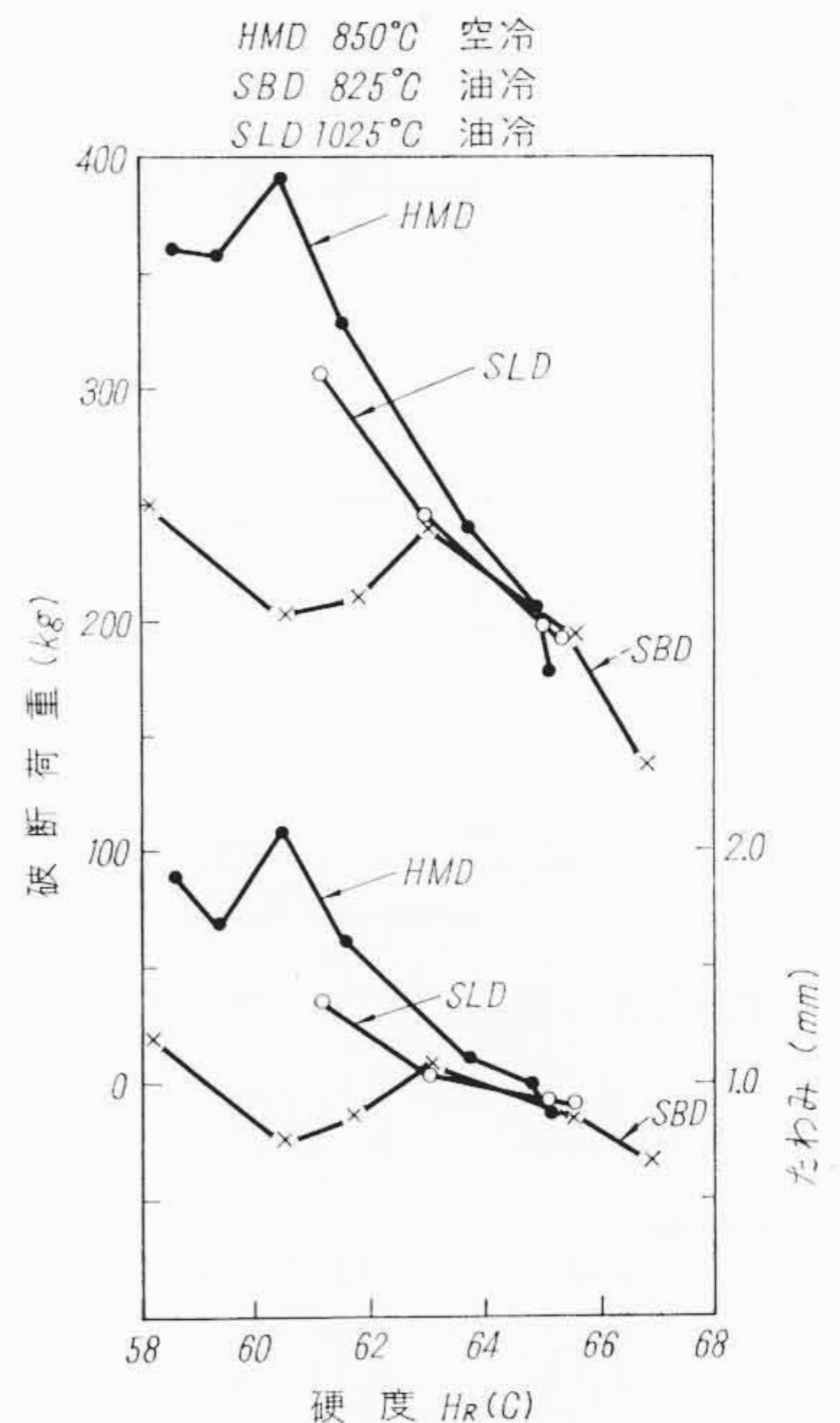
てもよく、半冷時間32分でも硬度低下少なく硬度は $H_R(C)$  62.6を示した。それと同一硬度を示すSBDやSLDの半冷時間はそれぞれ1分および15分でHMDの焼入性が非常によいことがわかる。次にこれらHMDの各試料について組織を調べた。第10~12図にその組織を示す。半冷時間32分の試料は、冷却速度の速い空冷したものと同様に微細なマルテンサイトの組織を示す。半冷時間74分の試料は冷却中にパーライト変態が生じ、わずかながら一次トールスタイトが析出している。半冷時間168分のものにおいては変態はかなり進行し一次トールスタイトおよびパーライトの析出量はかなり多い。以上の結果から本鋼の焼入時における冷却速度は半冷時間で約32分以下にする必要がある。一方すでに明らかにされているところによれば<sup>(1)</sup> 約110mmφ材を空冷した場合に中心の半冷時間は約32分である。したがって本鋼は110φ以下であれば中心まで等硬度に焼入可能である。

2.6 恒温変態図

10φ×5mmの試料を用いオーステナイト化温度を850°Cとし8分間加熱後200~750°Cの各恒温浴中に急冷し、その温度に10秒~6時間保持後水冷したものについて硬度および組織を調べ恒温変態図を作製した。第13図はその結果を示す。パーライト変態の開始線はSLDのノーズが700°C、5分の点にあるのに対し、660°C、10分の点にあって、かなり長時間側にあることがわかる。430~540°Cの温度範囲でオーステナイトは準安定である。ベイナイト変態は約360°Cにノーズを示し、その変態開始は約20分でSLDの約60分に比較すると短い。



第15図 焼戻温度と荷重たわみ曲線の関係



第16図 硬度と靱性の関係

2.7 靱性

5φ×70mmの試料を800~900°Cの各温度に加熱後空気焼入したものについて支点間距離50mmで曲げ試験を行なった結果を第14図に示す。800~850°Cにて焼入したものは焼入温度の高いものほど硬度を高めるとともに破断荷重、破断時のたわみ量は減少する。また荷重たわみ曲線は破断に至るまで直線で弾性変形をなしていることがわかる。次に875~900°C焼入したものの荷重-たわみ線図は曲線化し、弾性限界が下がって塑性変形量を増していることがわかる。

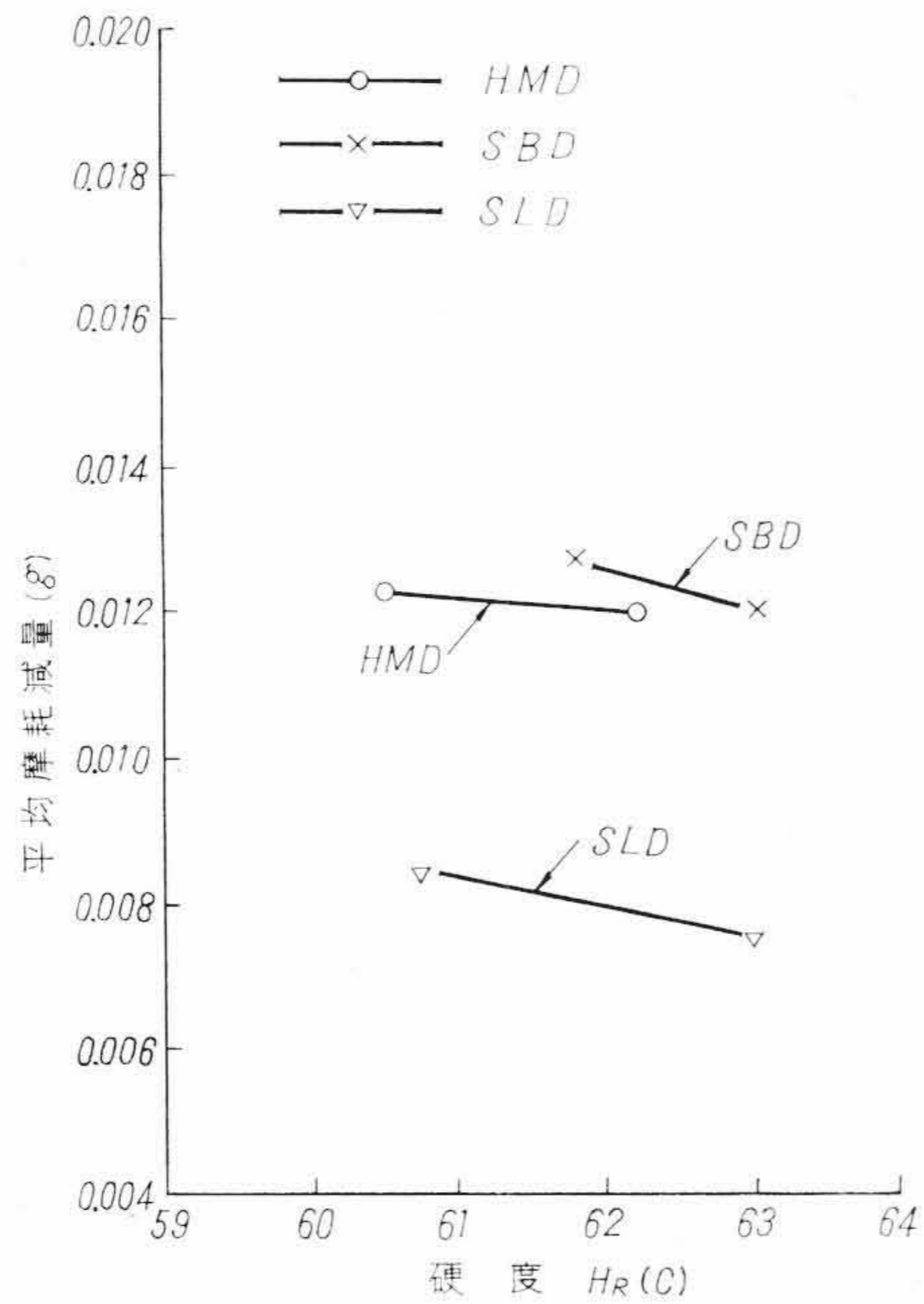
第15、16図に850°Cより空気焼入したものを100~350°Cの各温度に1時間加熱焼戻したものについて同様に曲げ試験を行なった結果を示す。100~250°Cにて焼戻したものは焼戻温度の高いほど硬度は下がるが、荷重-たわみ線図は直線的で弾性変形を示し破断荷重、たわみともに増加して靱性を向上している。300~350°Cにて焼戻したものにおいては250°C焼戻のものにくらべて硬度は低いにもかかわらず、300°C焼戻の場合靱性が低下している。原因はこの付近の温度で残留オーステナイトが分解してベイナイト様の組織となること、この温度付近でセメントタイトの析出が進むこと<sup>(2)</sup>、などが影響しているものと考えられる。また350°C焼戻の場合300kg以上の荷重では塑性変形が著しい。

以上のことより焼戻温度としては低温焼戻脆性(ぜいせい)の生じ

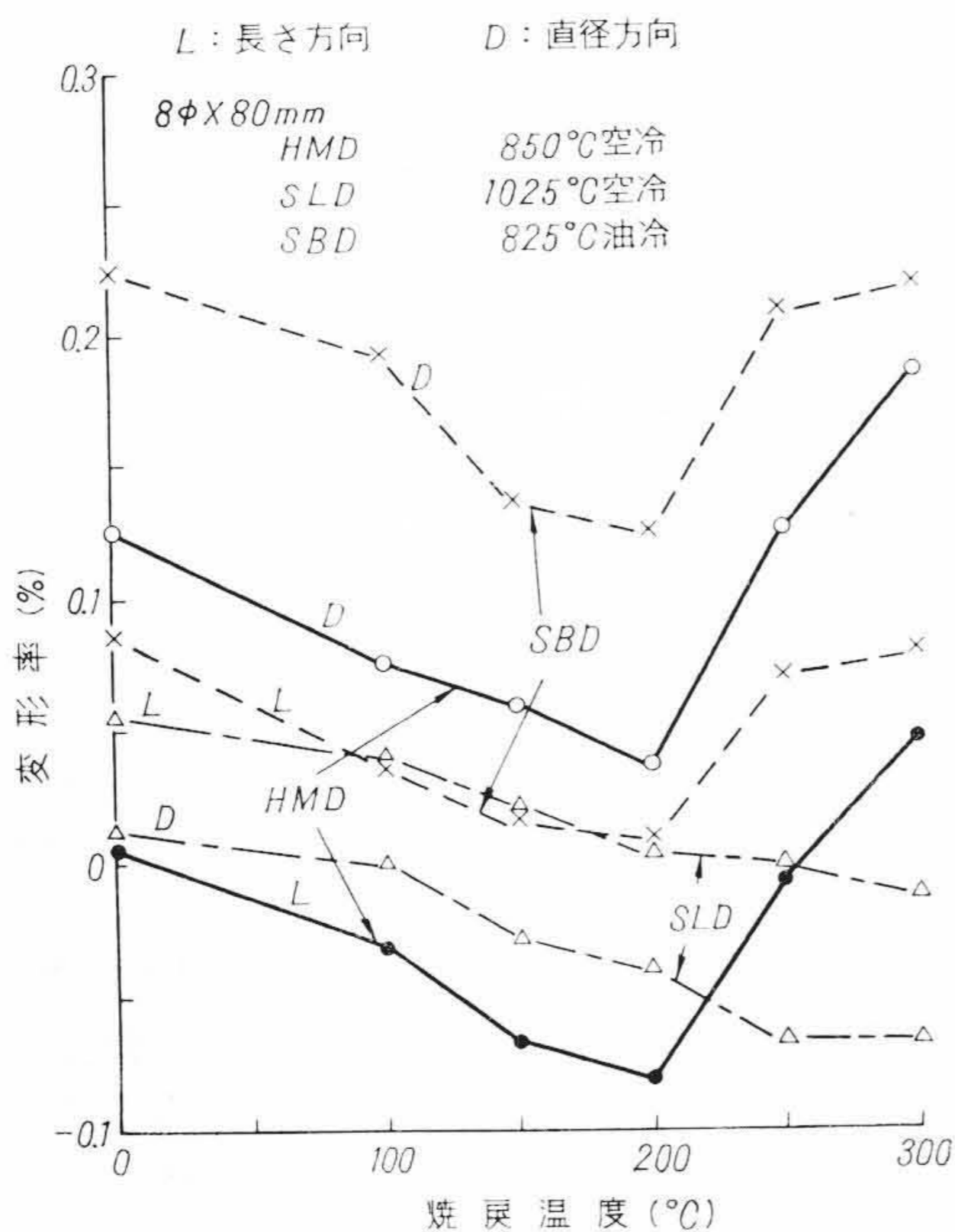


第 3 表 摩耗試験条件

- 荷 重 30 kg
- 最大圧縮応力 30.25 kg/mm<sup>2</sup>
- 潤滑油 なし
- 最初, 7×10<sup>4</sup> 回転摩さつしたものの重量を基準に後 2×10<sup>4</sup> 回ごとの摩さつ, 摩耗による重量の減少量を計った。
- 熱 処 理  
 HMD: 850°C 空気焼入 150~250°C の各温度に 1h 焼戻  
 SBD: 825°C 油 焼 入 200~250°C の各温度に 1h 焼戻  
 SLD: 1,025°C 油焼入 150~250°C の各温度に 1h 焼戻
- 上方試験片速度 640 rpm  
 下方試験片速度 800 rpm  
 上下試験片すべり率 20%



第 17 図 硬 度 と 摩 耗 量



第 18 図 各焼戻温度における変形率

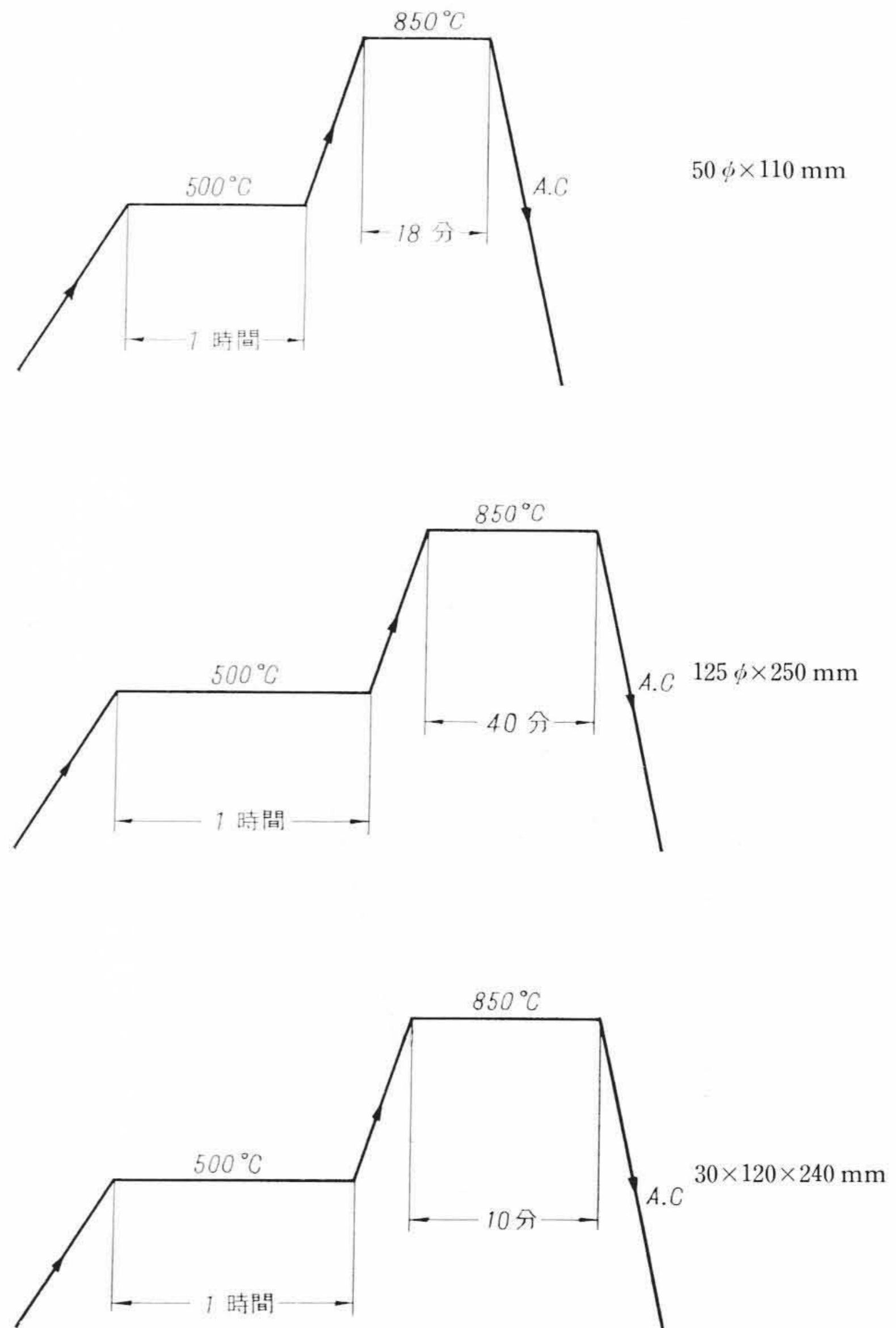
ていない約 250°C 以下の温度を選ぶのがよい。第 16 図に靱性と硬度の関係を示す。SLD, SBD と比較併記する。H<sub>R</sub>(c) 65 以下での等硬度における靱性は HMD が SBD, SLD よりよい。

2.8 耐 摩 耗 性

外径 30 mmφ, 内径 16 mmφ, 厚さ 8 mm のリング状試験片を用い、西原式摩耗試験機により第 3 表に示す条件で摩耗試験を行なった。

第 4 表 試料の化学成分

試 料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
A	0.98	0.34	2.30	0.019	0.008	0.03	1.37	1.50	0.27	0.08
B	0.92	0.33	2.15	0.016	0.009	0.03	1.44	1.77	0.28	0.07



第 19 図 各種焼入試料の焼入線図

第 17 図はその結果を示す。HMD, SBD とも, 上方, 下方試験片同一鋼種どうしの共ずりを行なった。この結果から HMD の耐摩耗性は SBD に劣らないことがわかる。

2.9 変 形 率

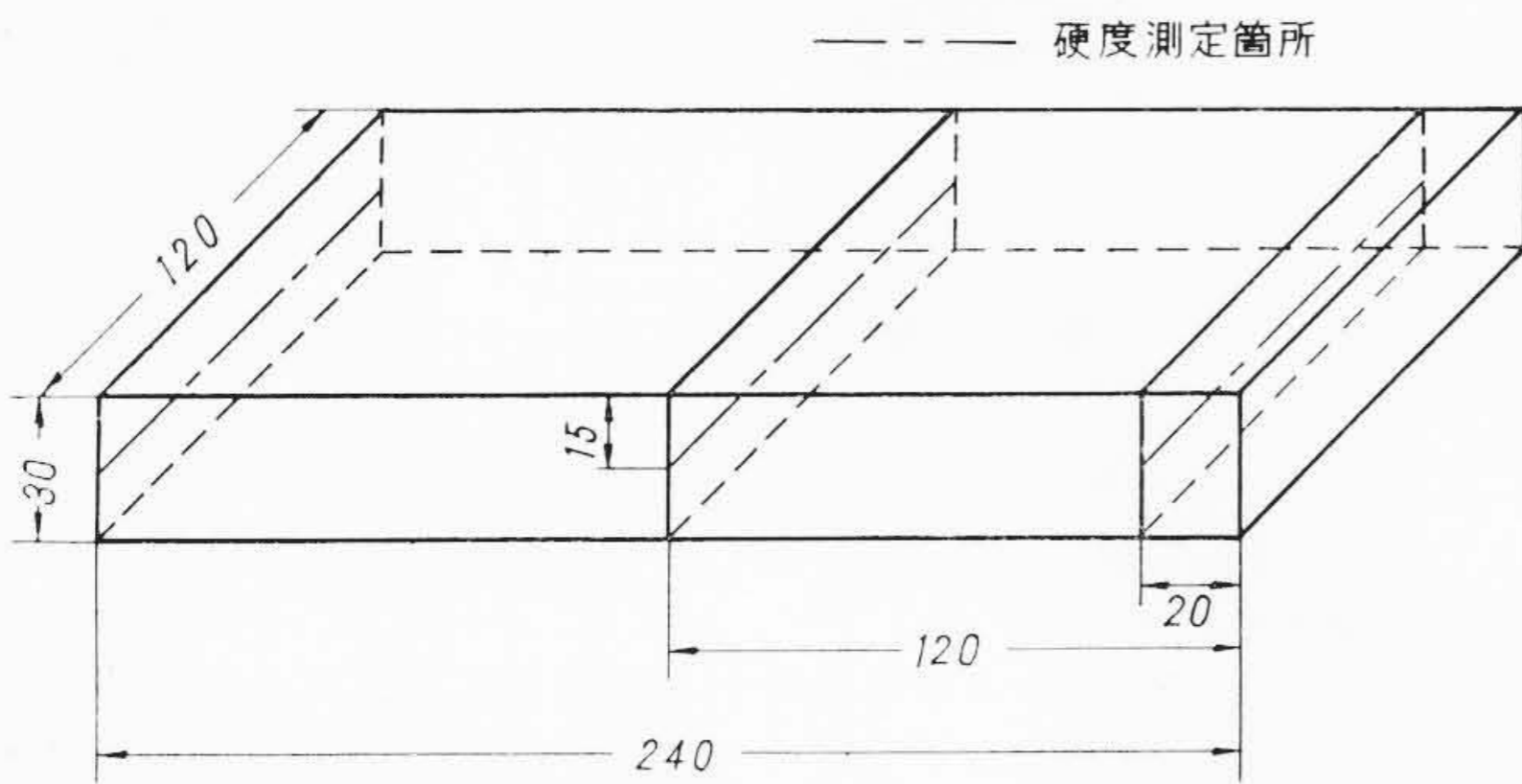
本鋼種の特長である焼入時の変形率が小さいという点について検討するため, 8φ×80 mm の試料を用いて実験を行なった。HMD は 850°C 空冷, SBD は 825°C 油冷, SLD は 1,025°C 空冷後, 100~300°C で 1 時間焼戻を行なった場合の変形量を焼鈍状態の寸法を基準にして測定した。その結果を第 18 図に示す。200°C までは焼戻温度の高くなるほど変形率が減少し, 200~300°C では焼戻温度が高くなるほど変形率は増加している。これはさきに明らかにしたように 850°C 焼入した HMD の残留オーステナイトが 250°C 付近の焼戻により分解する, その影響と考えられる。なお SBD においても同一理由と考えられる。また各焼戻温度における変形率は SLD ほど小さくないが SBD より HMD のほうが小さい。

2.10 質 量 効 果

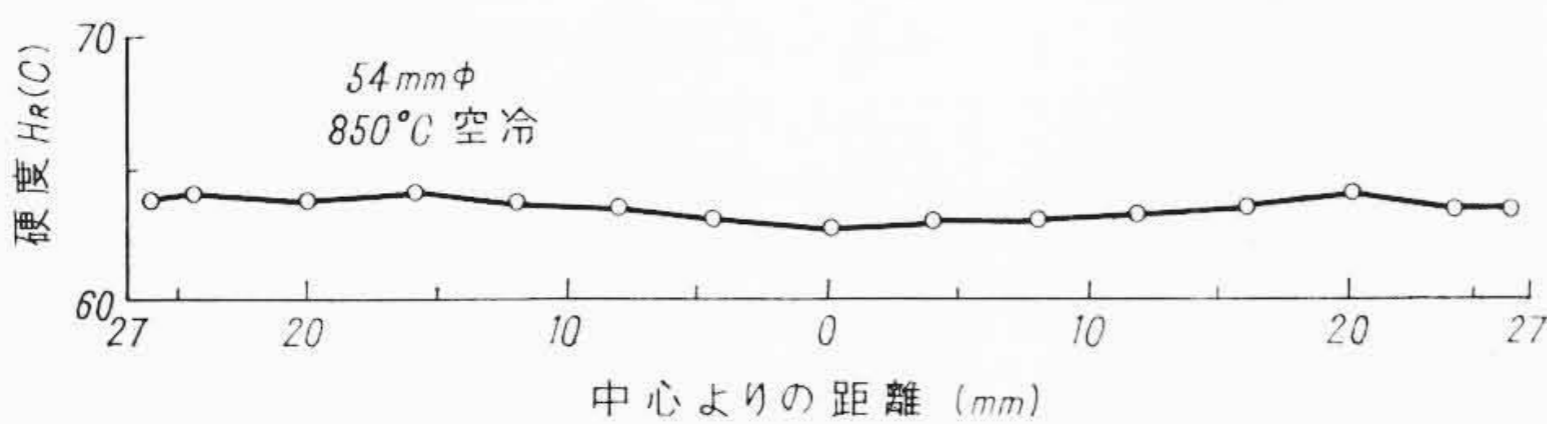
さきに述べたように本鋼種の焼入性は良好であったが, 実際太物材を焼入し質量効果について検討した。

試料は第 1 表に示した化学成分のものを 60 角に鍛伸し 780°C にて焼鈍後 54 mmφ×110 mm に仕上げたもの, 第 4 表の A の化学成分のものを 125φ×250 mm に仕上げたもの, 同じく第 4 表の B より 30×120×240 mm に仕上げたものを用い, エレバス炉にて第 19 図に

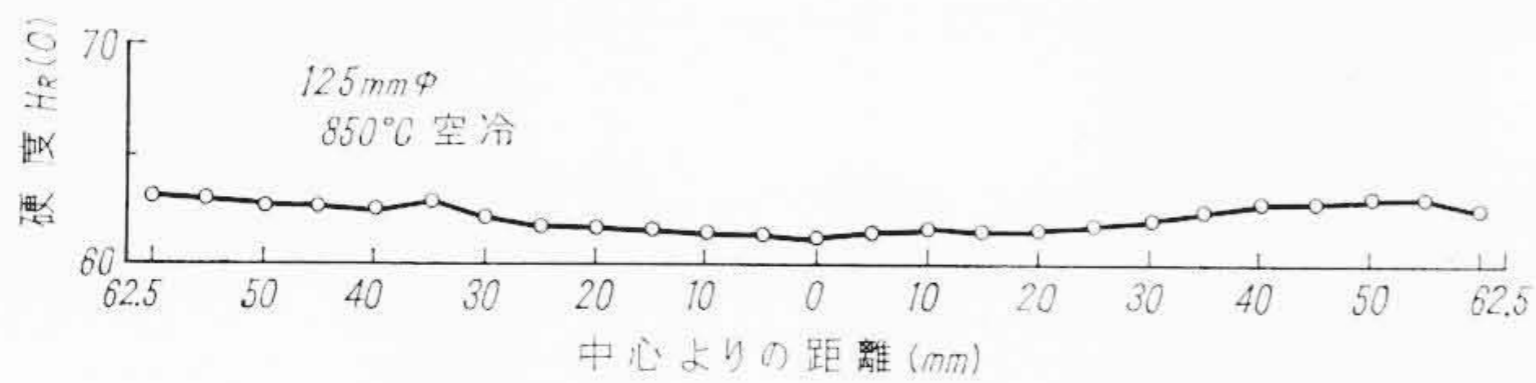




第20図 硬度測定場所



第21図 断面硬度分布



第22図 断面硬度分布

示す方法によって焼入した。ついで丸棒試料については  $\frac{1}{2}l$  の断面の硬度、平形試料については第20図に示す場所の断面硬度を測定し、第21~23図に各試料の断面硬度の測定結果を示す。いずれも外側部と中心部における硬度差はほとんどなく、その質量効果は小さい。

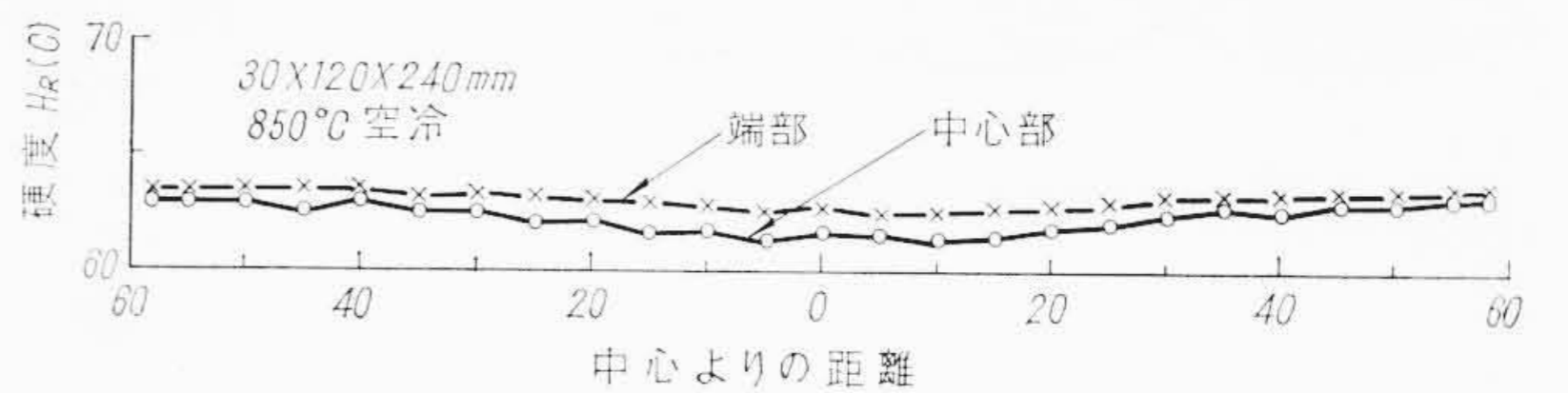
### 2.11 サブゼロ処理

サブゼロ処理は打抜型などの工具類においてはかたさの増加と性能向上に役立ち、またゲージや軸受などの精密機械部品では組織が安定化されて寸法形状の経年変化を防止するうえに非常に有効であるなどの点により広く適用されている<sup>(3)</sup>。

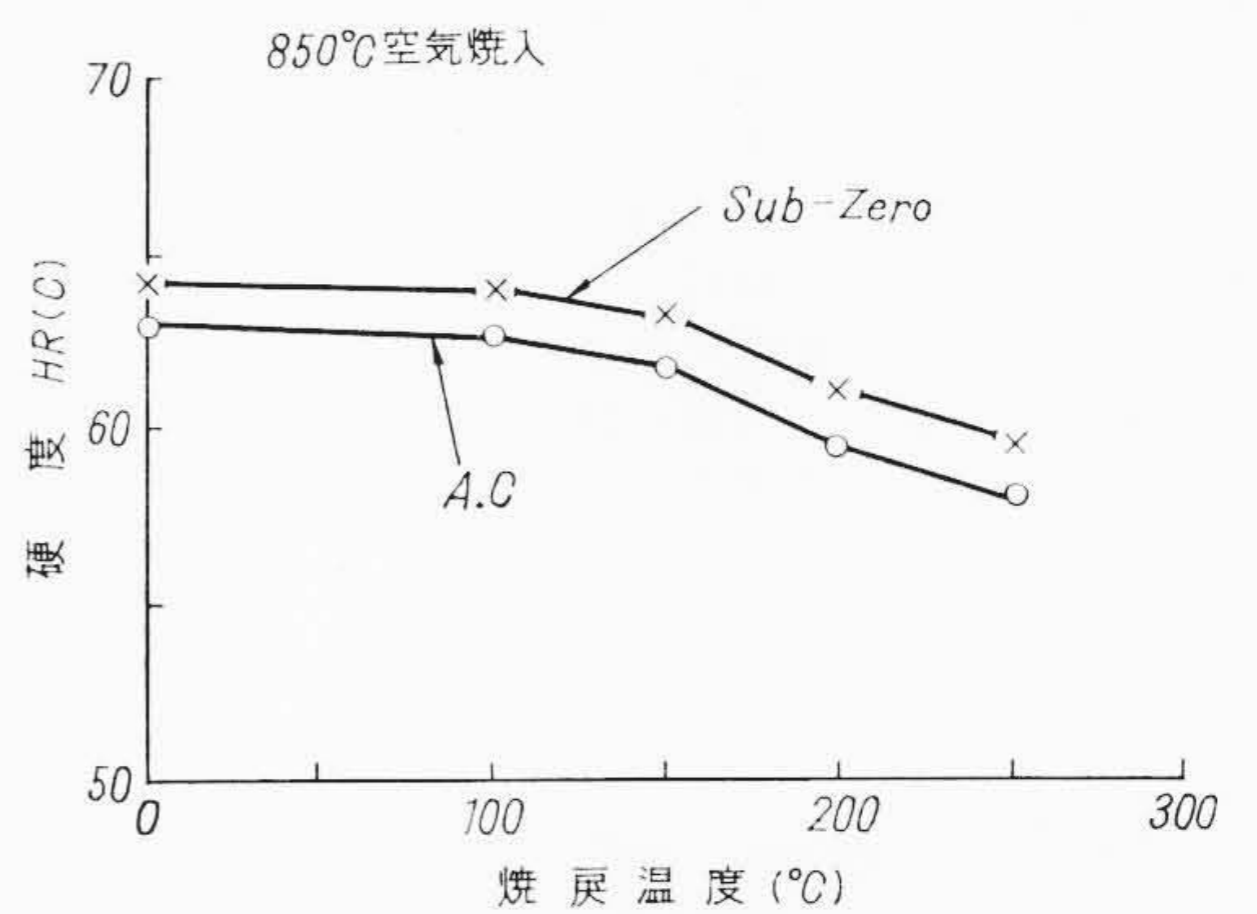
第24図は  $30\phi \times 60$  mm の試料を  $850^\circ\text{C}$  より空冷後、ただちにサブゼロ処理 ( $-30^\circ\text{C} \times 30$  min,  $-60^\circ\text{C} \times 2$  h,  $-80^\circ\text{C} \times 2$  h) を行ない  $100 \sim 250^\circ\text{C}$  で焼戻を行なった場合の硬度を示したものである。ゲージ類としては耐摩耗性を重視するために  $H_R(c)$  63以上が必要とされるが、このような目的に対しては、サブゼロ処理後  $150^\circ\text{C}$  以下で焼戻すことが必要である。

## 3. 結 言

以上 HMD について研究した結果を要約するとつぎのとおりである。



第23図 断面硬度分布



第24図 サブゼロ処理したものの焼戻温度と硬度の関係

(1)  $850^\circ\text{C}$  付近の焼入により最高硬度が得られる。これ以上の温度では残留オーステナイト量が増し、硬度は低下する。 $850^\circ\text{C}$  以下の温度より焼入したものは焼戻軟化抵抗を減ずる。残留オーステナイトは  $250 \sim 300^\circ\text{C}$  の焼戻により分解する。また靱性試験の結果より、 $300^\circ\text{C}$  焼戻により脆性を生ずる。

以上の結果より焼入温度は  $820 \sim 870^\circ\text{C}$ 、焼戻温度は用途により適なかたさが得られるよう  $160 \sim 250^\circ\text{C}$  の範囲にて行なう。

(2) 焼入性はきわめて大きく半冷時間32分でもパーライト変態は起こらず、S曲線の変態開始時間は、かなりの長時間側にある。したがって  $120\phi$  あるいは  $30 \times 120 \times 240$  mm の大きさのものを空気焼入しても質量効果による硬度の低下は小さい。

(3) 焼入による変形量は SBD に比較して小さく、SLD より大きい。また等硬度における靱性は SBD, SLD よりよく、耐摩耗性は SBD に劣らない。

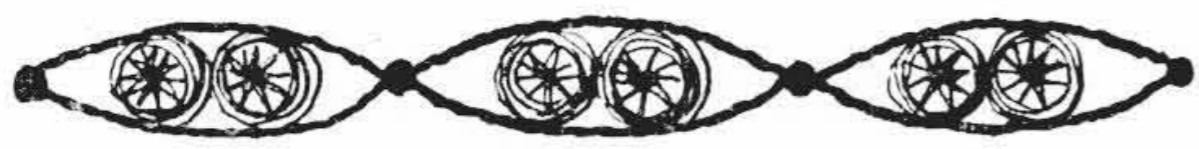
(4) ゲージ用としてサブゼロ処理をした場合、硬度は高くなりゲージに必要なかたさ  $H_R(c)$  63.0 以上の硬度を  $150^\circ\text{C}$  焼戻により得られる。

終りにのぞみ本研究の遂行にあたりご指導いただいた松垣工場長 広田冶金研究所副所長ならびに新持研究部長に厚く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 小柴, 清永: 「鉄と鋼」 44, 487 (昭33-4)
- (2) 佐藤: 特殊鋼 9 (1960-9) 46
- (3) 金属熱処理技術便覧 305 (昭36-9 日刊工業)





特許第406150号

和田隆司

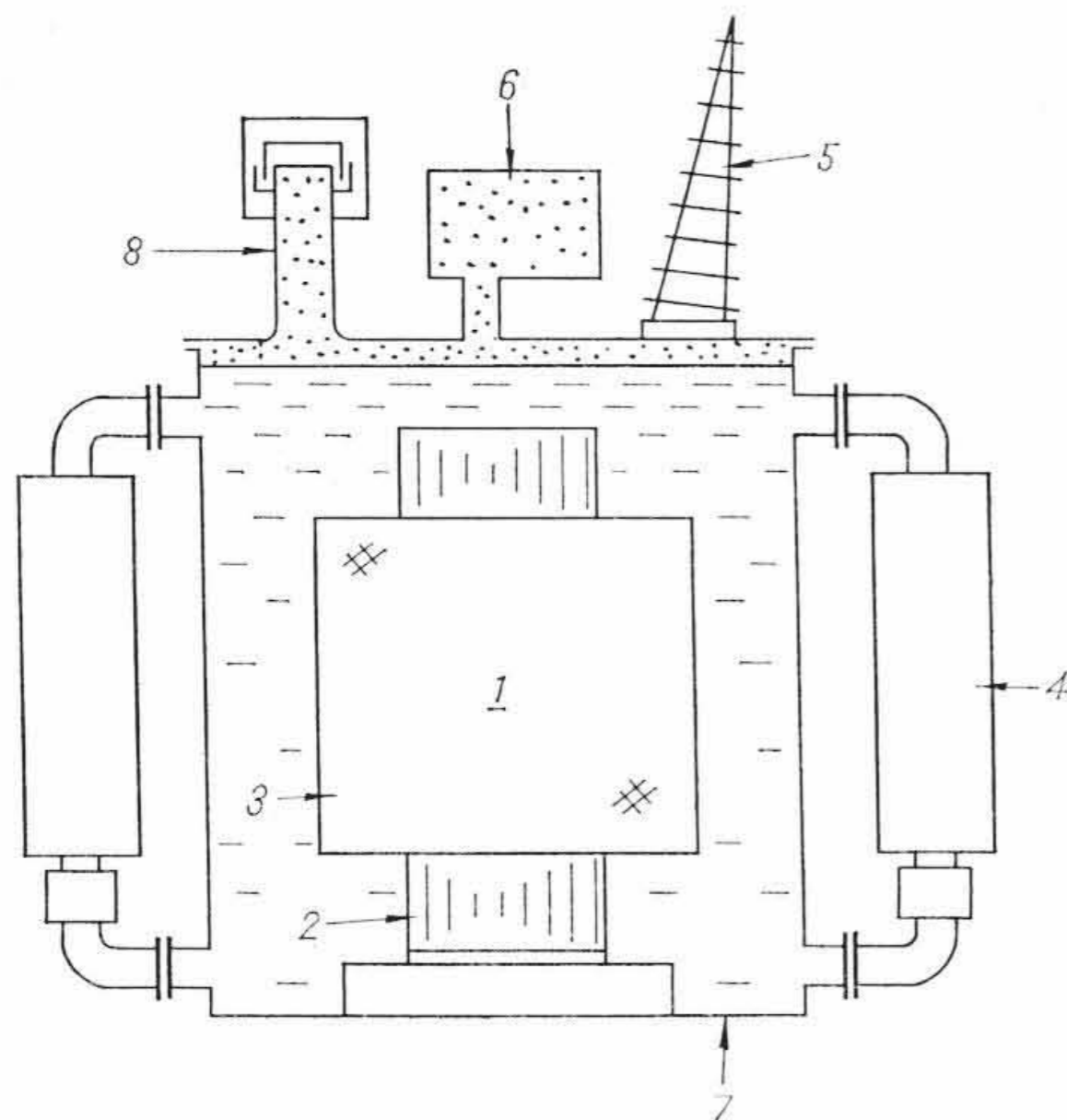
油入電気機器用放圧装置

変圧器、リアクトル、遮断器等の油入電気機器油槽に取り付けられる放圧装置は、定常状態では膜板によって閉鎖するようにしているが、異常圧力発生時にこの膜板を破壊して放出するように構成されているため、作動後も機器油槽内の油は外気と接触し、吸湿、酸化するし、膜板は油槽内の内部圧力変化による膨縮応力を繰り返して受けるから、長期間の使用により疲労破壊する不都合が起こる。このため従来は放圧装置の放圧口付近へ弁体を配設し、異常圧力発生時には弁体を開放作動して放出するようにし、定常状態に戻ると同時に自動的に弁体を閉鎖して外気が機器油槽内に浸入しないようにした装置があるが、構造が複雑化する難点があった。

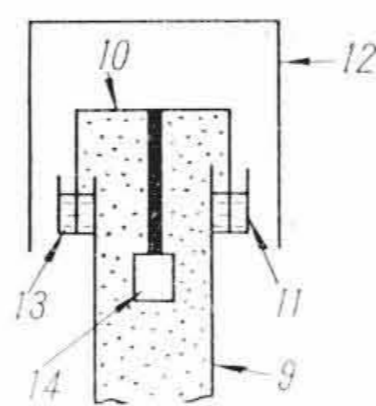
この発明は、上記の点を改良し、新規な構成の放圧装置を提供するもので、第1図に示すように鉄心2及び巻線3よりなる変圧器本体1を収納し、クーラー4、ブッシング5、コンサベータ6を取り付けた油槽7に設けられる放圧装置8を第2図に示すように、油槽上部より突設した導管9とこの開口を包囲する蓋体10及びこの密閉を行うポケット11より構成している。これらは外気より保護するカバー12に覆われ、ポケット11内には油等の封塞液13を封入し、蓋体10には定常状態において変化する油槽7の内部圧力変動によって上方へ変化しないように、適当な重量の重錘14を取付けている。

油槽7内に異常圧力が発生した場合には、蓋体10は重錘の重力に抗して押し上げられ、圧力がなおも急激な場合には蓋体10は端部がポケット11の封塞液13より抜け出、第3図に示すように形成された間隔より外部へ放出されるが、油槽7内が定常状態近くになれば、蓋体10は重錘14によって自動的に下降してポケット11に入り、外気と遮断する。重錘14の代りに第4図に示すものではバネ15によって同様の働きをさせている。

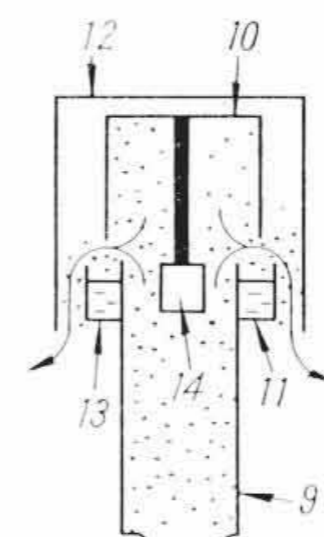
この発明によれば、簡単な構成で油槽内の異常圧力を放出でき、圧力放出後も自動的に閉鎖できるから外気が浸入し、油を劣化させることがない。  
(白土)



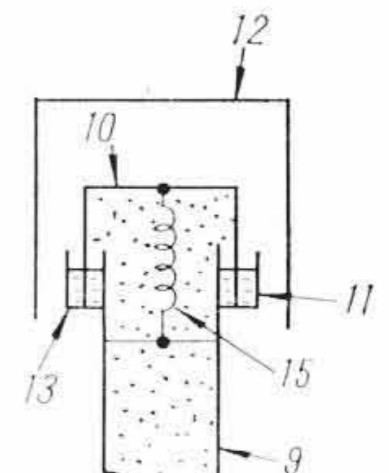
第1図



第2図



第3図



第4図

特許第400615号

桑山正俊

空気遮断器

この発明は内部断路形空気遮断器に関するもので絶縁台1上に支持されて空気溜を兼用した高圧遮断室1内にブッシング2および3に固定された固定接触子4および5と、それらを橋絡する可動子6とを配置し、遮断室の上方には空気の可動子6を駆動するシリンダ装置16を設けたものである。図示の閉路状態では駆動シリンダ16のピストン15上室は制御弁20を通して遮断室1と同じ高圧空気で充気されており、矢印方向の差働力により接触圧力を与えている。遮断動作は駆動シリンダ16の圧気を排出することにより行われ、ピストン15が上方に動くとき弁口11をふさいでいた弁板13が上動するため可動子函9内の圧力が下り、可動子6は差圧力により上方に駆動されて固定接触子との接触を開く。すると接点間にはアークが発生するが可動子6のノズル7および8、弁口11、排気孔17を通して流れる高速気流によって吹き消される。可動子6が全ストローク移行すると弁板14が弁口11を下側からふさぎ断路状態とするものである。

本発明によれば空気溜と遮断室と操作機構部とが一体となって絶縁台上に支持されているため、高速度動作が可能であり、断路絶縁は高圧遮断室内の高圧空気によって与えられるため、各部の寸法を従来の外部断路形空気遮断器に比べ、著しく小さくすることができる。  
(岩田)

