

合金工具鋼のじん性に及ぼす熱処理の影響

Effect of Heat Treatment on the Toughness of Alloy Tool Steel

新持喜一郎* 田中和夫** 加藤照雄**
Kiichirô Shinji Kazuo Tanaka Teruo Katô

内 容 梗 概

合金工具鋼のうち、主として切削工具に用いられる CWA, SAI, SAV および YHA, ヤスリ鋼 YSA, ゲージ, 抜型などに用いられる SGT, SAD について、じん性に及ぼす熱処理の影響を抗折試験により調べた。各鋼種ともに焼入温度が高くなると、じん性を低下するが、水焼入したものはその傾向がやや著しい。また各鋼種をそれぞれ適当な温度で焼入し、200℃に焼戻した場合のじん性はヤスリ鋼 YSA がかなり低い値を示すも、その他は大差がない。また普通焼入焼戻とサブゼロ処理およびマルクエンチ処理を比較して、サブゼロ処理はじん性を低下し、マルクエンチ処理は大差がない。

1. 緒 言

切削用その他の工具に対して、要求される性質はそれぞれの用途によって多少こととなるが、じん性はすべての工具に共通して重要視される。この報告は合金工具鋼のうち、主として切削用鋼について、じん性におよぼす熱処理の影響を調べ、かつ鋼種間の比較を行なったもので、これらの工具として熱処理される場合の参考に供した。

2. 試料および実験方法

合金工具鋼のうち、切削用鋼は比較的C量が高く、これに Cr, W を添和したものが多く、本実験に用いた鋼種はバイト、冷間ダイスなどに用いられる CWA, タップ、ドリル、チェーザなどの SAI, SAV, ハクソー用 YHA, ヤスリ鋼として YSA, またゲージその他の精密仕上工具として、Mn~Cr~W 鋼の SGT, SAD の7種で第1表はおもな化学成分を示す。

試験片は6.0φ引抜材を750℃×2時間焼鈍後、5.0φにセンターレス仕上げし、5.0φ×70lに切断した。しかる後各鋼種ごとにそれぞれ適当な温度に焼入し、100~200℃に焼戻した。なお焼入に際しては600℃に15分間予熱後焼入温度に5分間保持し、油焼入または水焼入した。焼戻時間は1時間保持した。またマルクエンチ処理は各鋼種とも200℃の油中に急冷し、10分間保持後空冷した。サブゼロ処理はそれぞれの焼入温度から油冷または水冷直後-80℃に2時間処理した。なおこれらマルクエンチ、サブゼロ処理したものはすべて200℃1時間の焼戻を行なった。

熱処理した試験片は10tアムスラー試験機を用い、支持金具の径20mm、支点間距離50mm、おさえ金具の半径10mmにて曲げ試験を行ない、試験片破断の際の最大荷重を測定するとともに、試験機に1/100mmのダイヤルゲージを装置し、たわみを測定した。なお試験片はそれぞれ5本ずつを1組とし、その平均値で示されている。

3. 実 験 結 果

3.1 焼入温度とじん性の関係

この種の切削工具鋼は一般に830~880℃付近から油焼入されるものが多く、水焼入は焼割れ、変形などの点から一部の鋼種を除いてほとんど行なわれない。したがって本実験の焼入温度としては CWA, SAI, SAD および YHA は800~900℃, SGT に対しては775~875℃の範囲から油焼入し、200℃焼戻後破断荷重およびたわみを測定した。一方 SAV および YSA はその組成から水焼入鋼であるため、これらに対しては775~850℃から水焼入したが、SAV

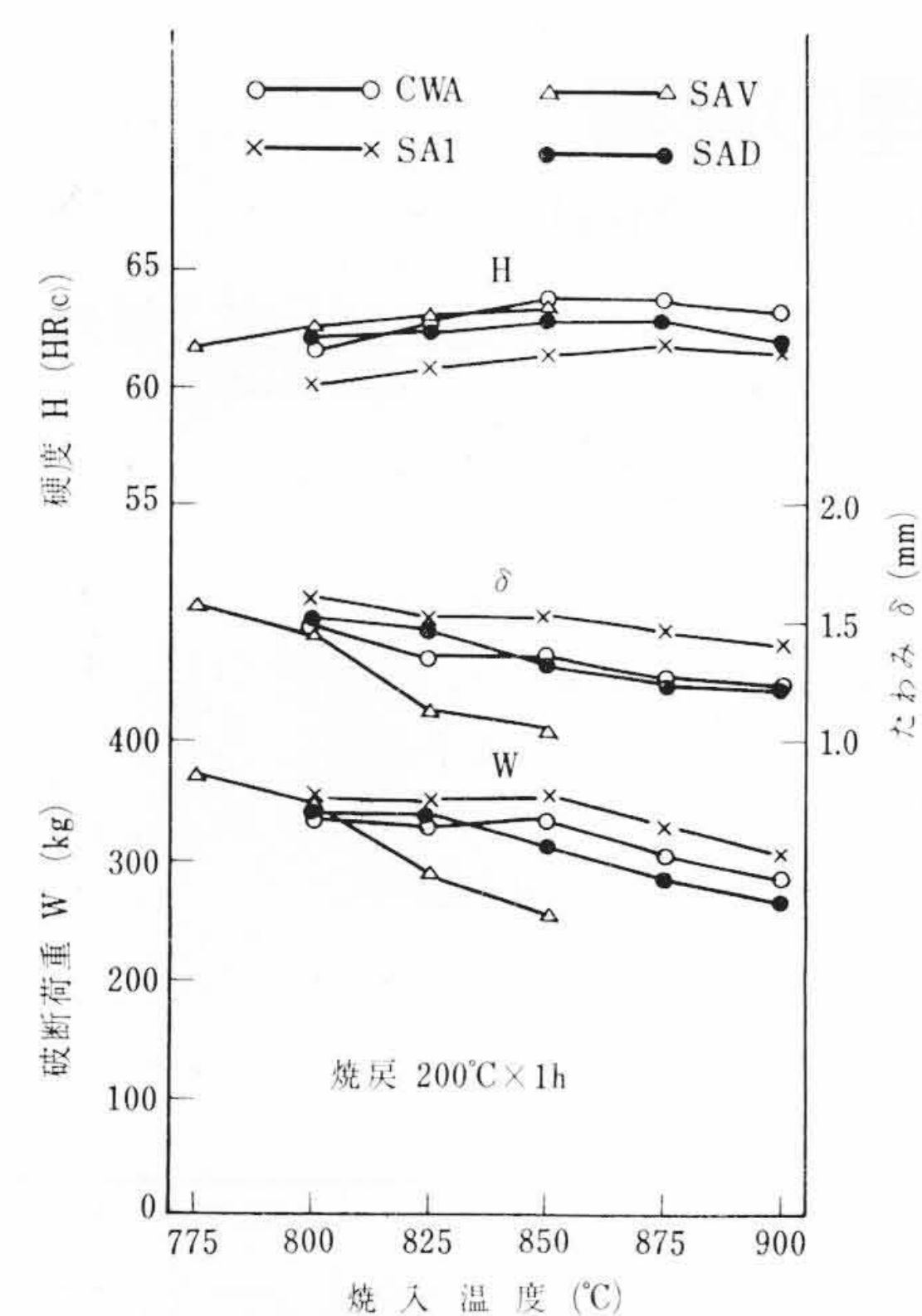
第1表 試料の化学成分 (%)

鋼 種	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V
CWA	1.36	0.34	0.42	0.79	4.65	—	—
SAI	1.01	0.22	0.60	0.74	1.31	—	—
SAD	1.10	0.32	0.83	0.70	1.22	—	—
SAV	1.12	0.20	0.21	0.19	1.44	0.16	0.12
YHA	1.16	0.31	0.40	0.32	2.12	—	—
SGT	0.95	0.26	1.02	0.79	0.72	—	—
YSA	1.50	0.33	0.40	0.34	—	—	—

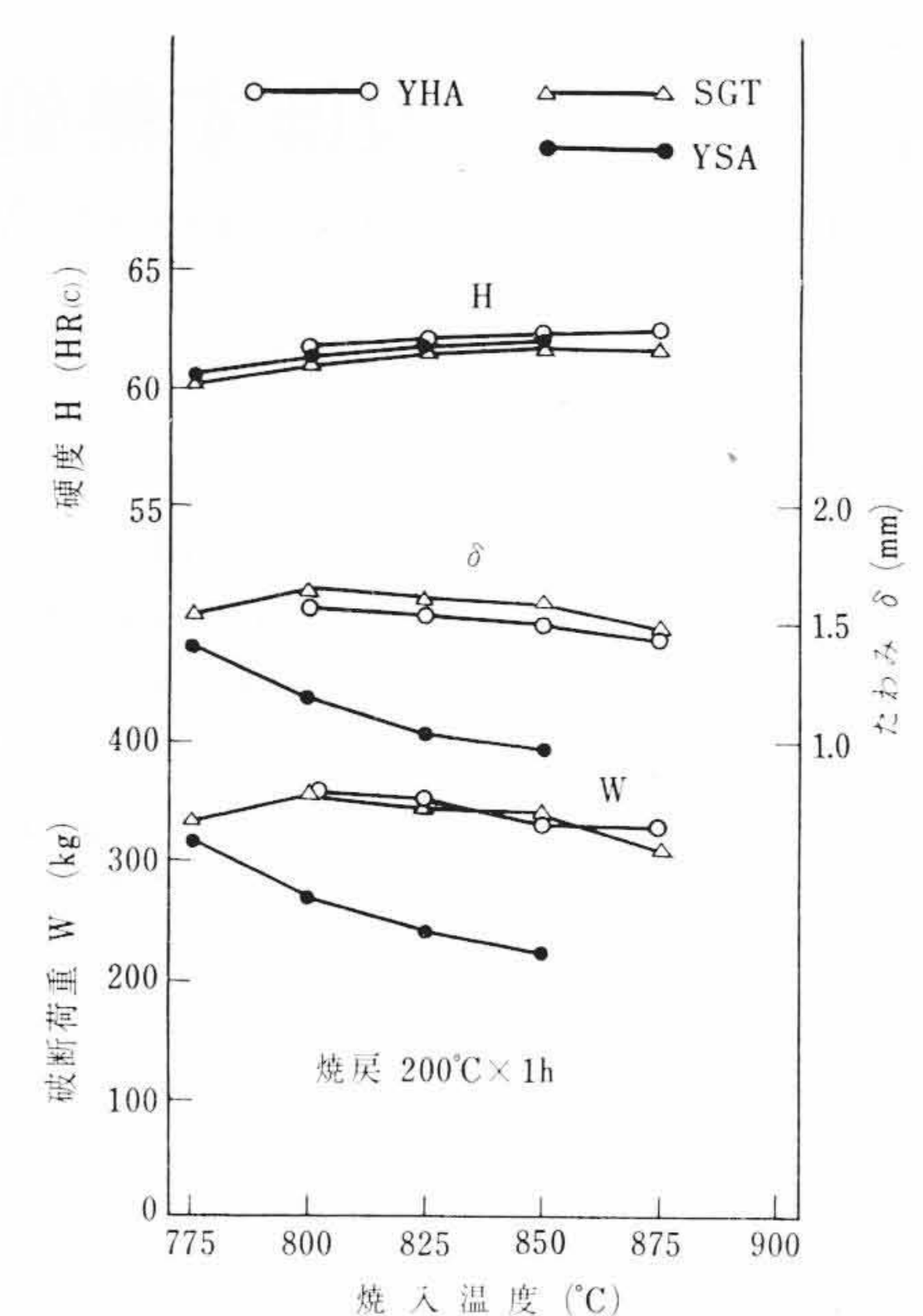
の細物材については油焼入が行なわれているので、830~850℃油焼入についても測定した。第1~3図は各鋼種の焼入温度とじん性の関係を示す。第1図をみるに CWA, SAI, SAV および SAD とも硬度は焼入温度の上昇にしたがい高くなり、850~875℃で最高となる。900℃では残留オーステナイトを増すためかえて低下し、ことに Mn の高い SAD がやや大きい傾向を示す。これらを比較すると硬度は CWA が最も高く、SAI が低い。破断荷重およびたわみは焼入温度の上昇により低下する。すなわちじん性を低下するが、CWA, SAI は850℃まではほとんど変わりなく、それ以上で低下する。また水焼入した SAV は775℃の低温側で高いじん性を示すが、これより温度が上昇するとやや急激に低下する。これは後述の結果から水焼入の影響と考えられる。またこれらの鋼種を比較して800~825℃焼入の場合、じん性値はそれほど差がないが、850℃以上では SAI が最も高く、CWA, SAD, SAV の順に低くなっている。なお CWA はCおよびW量ともに高く、他の鋼種に比べて炭化物もやや大きいものが点在するが、じん性値はかなり高く、これは焼入保持時間が短く基地に固溶する炭化物量が適当であったためと思われる。じん性は一般に炭化物の形状、分布状態、焼入による結晶粒の成長および炭化物の固溶量などに影響することは従来⁽¹⁾の結果からも明らかで、この点工具の熱処理に際しては、必要硬度を得る範囲で低温焼入、短時間加熱を行なうべきだと思う。第2図は YHA, SGT および YSA について示す。前者と同様の傾向を示し、YHA および SGT は SAI と同程度のじん性値であるが、YSA はこれらに比べかなり低い値を示している。これはC量が非常に高いことと、W鋼の複炭化物に対し、本鋼はセメンタイトとして比較的基地に固溶する量も多く、かつ水焼入の影響もあり、じん性を低下させるものと考えられる。つぎに第3図は SAV の油焼入について示した。830 および 840℃焼入では破断荷重およびたわみともほとんど差はなく、850℃でやや低下する。しかしこれを水焼入のものと比較するとはるかに高い。この点油焼入に対し、水焼入のじん性値が低いのは残留応力または残留オーステナイトの影響ではないかと思われるが、じん性に対しては油焼入の有利なことが明らかである。

上述の結果から各鋼種の適当な焼入温度として、CWA, SAI, SAD

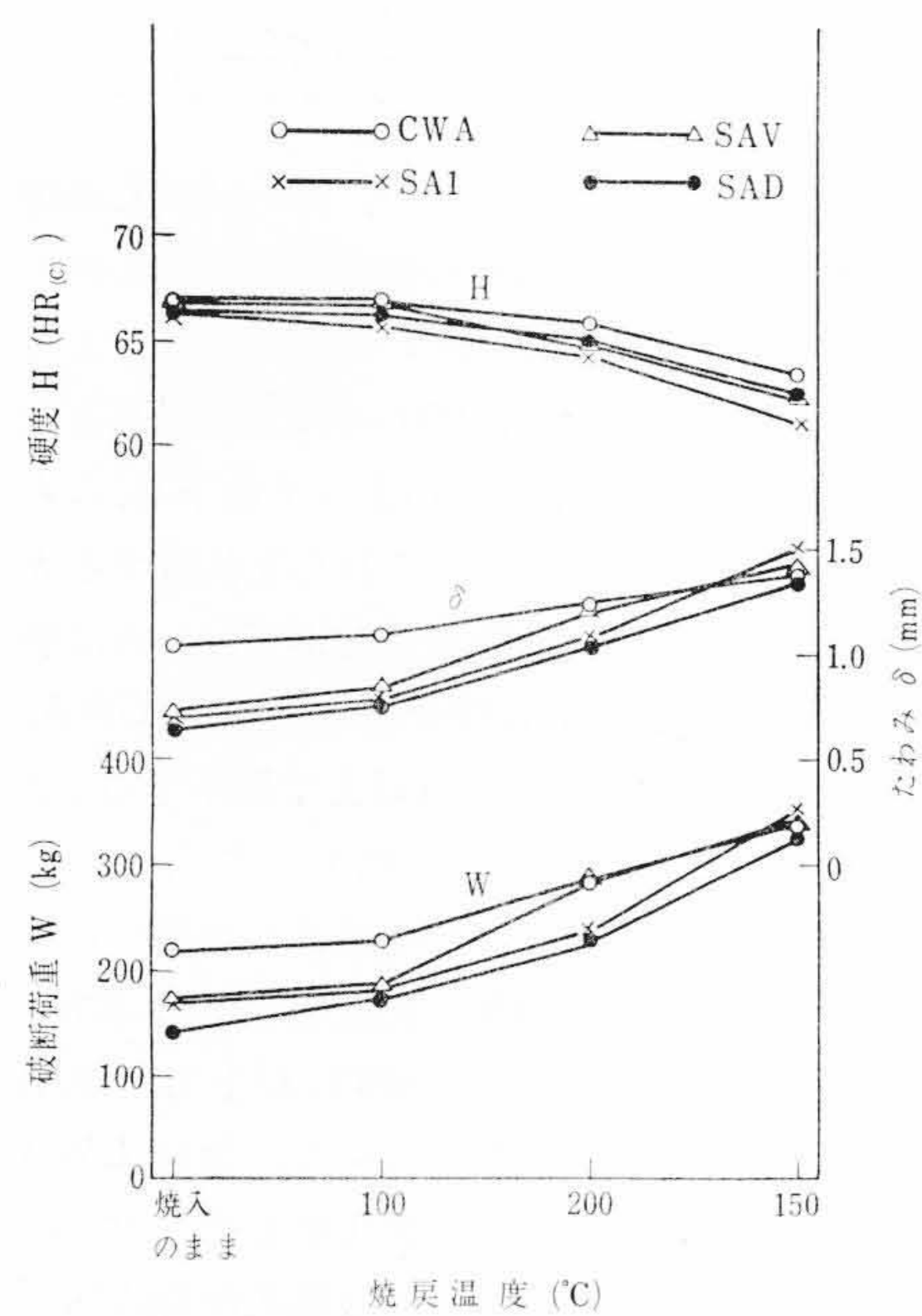
* 日立金属工業株式会社安来工場 工博
** 日立金属工業株式会社安来工場



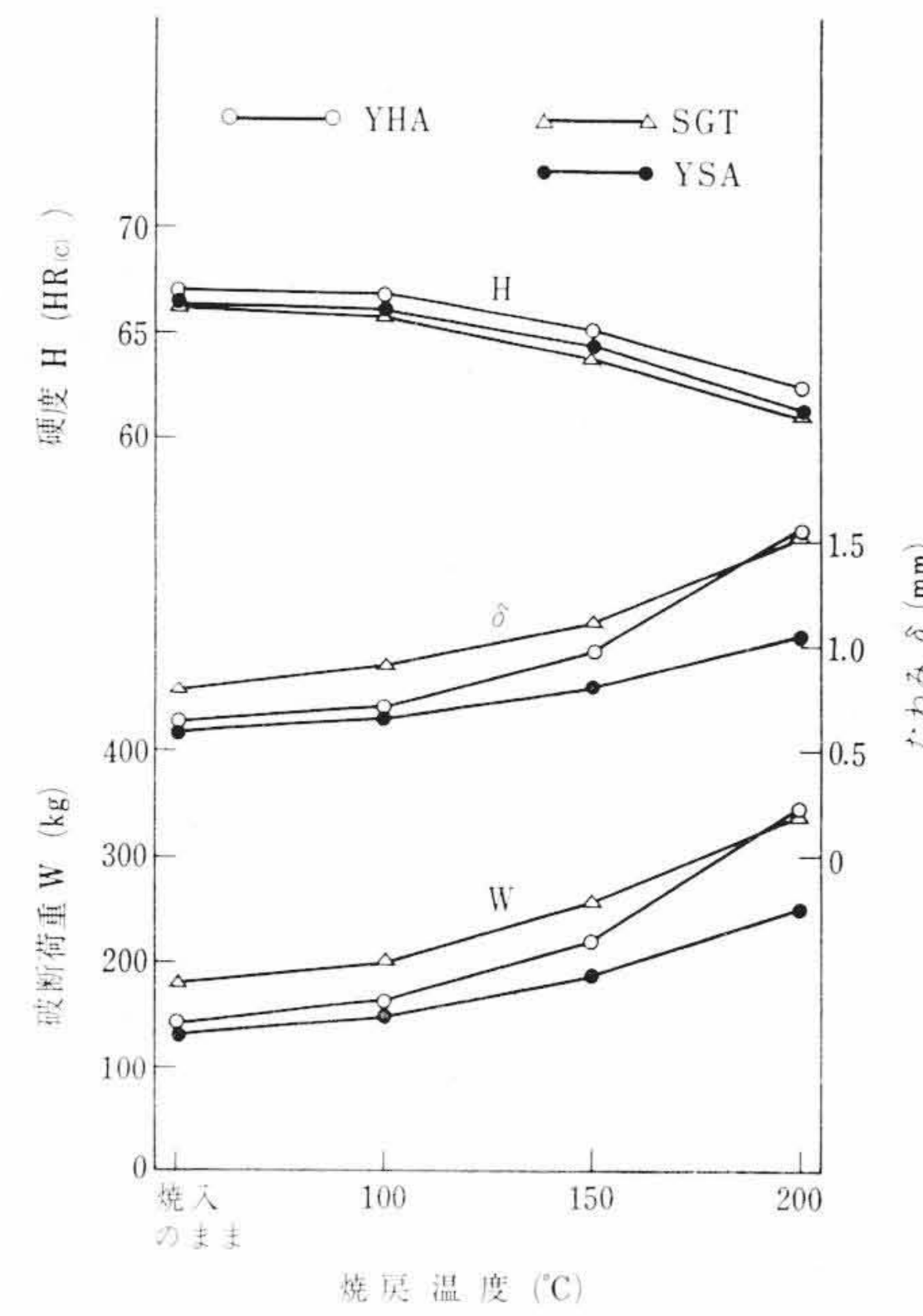
第 1 図 CWA, SAI, SAV および SAD の焼入温度とじん性の関係



第 2 図 YHA, SGT および YSA の焼入温度とじん性の関係



第 4 図 CWA, SAI, SAV および SAD の焼戻温度とじん性の関係



第 5 図 YHA, SGT および YSA の焼戻温度とじん性の関係

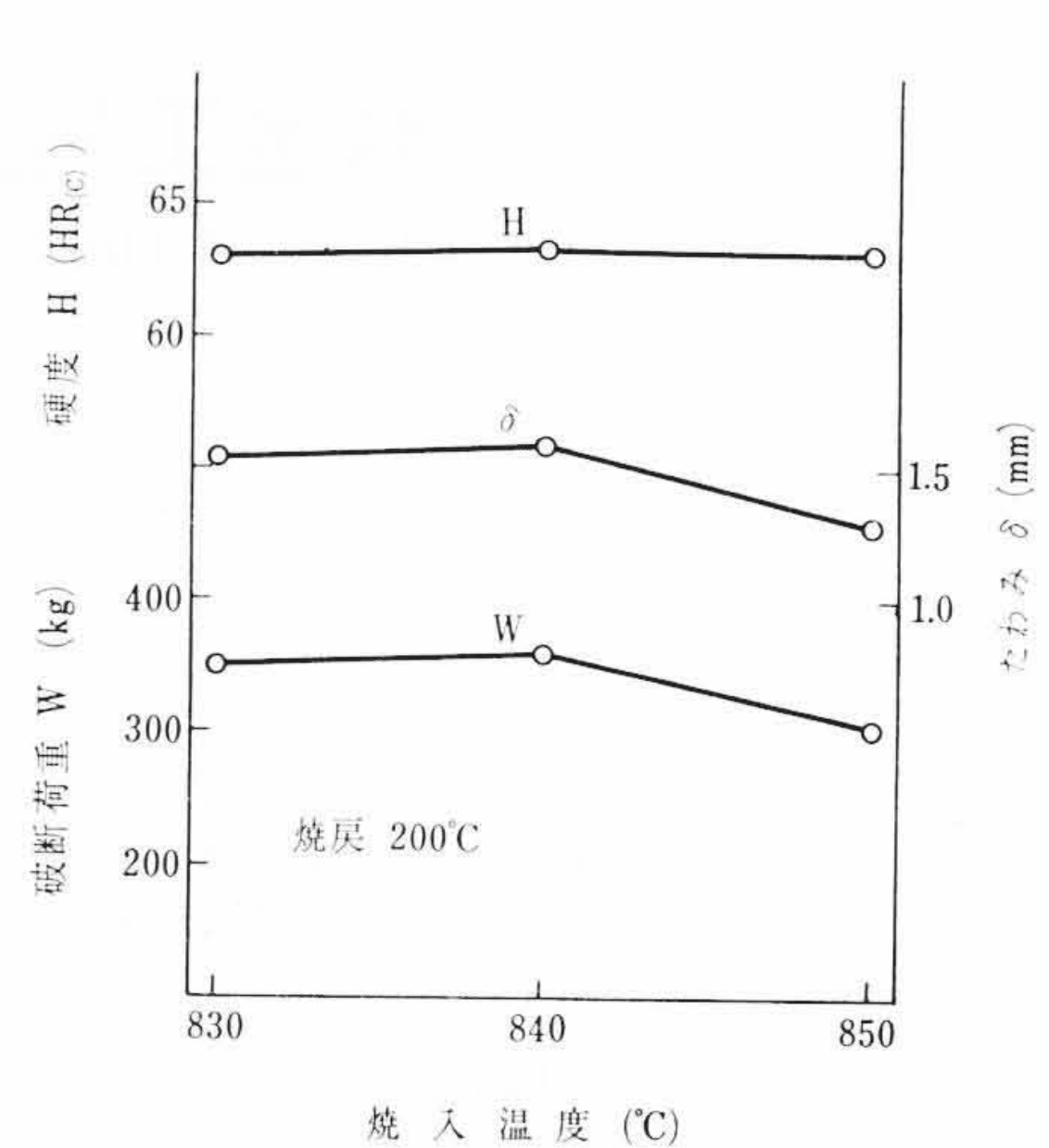
および YHA は 830～850℃、ただし SAD は Mn 量がやや高いので低めがよい、SGT は 800～850℃、SAV は水焼入の場合 770～800℃、油焼入では 830～850℃、また YSA は 780～800℃ がよいと思われる。

3.2 焼戻温度とじん性の関係

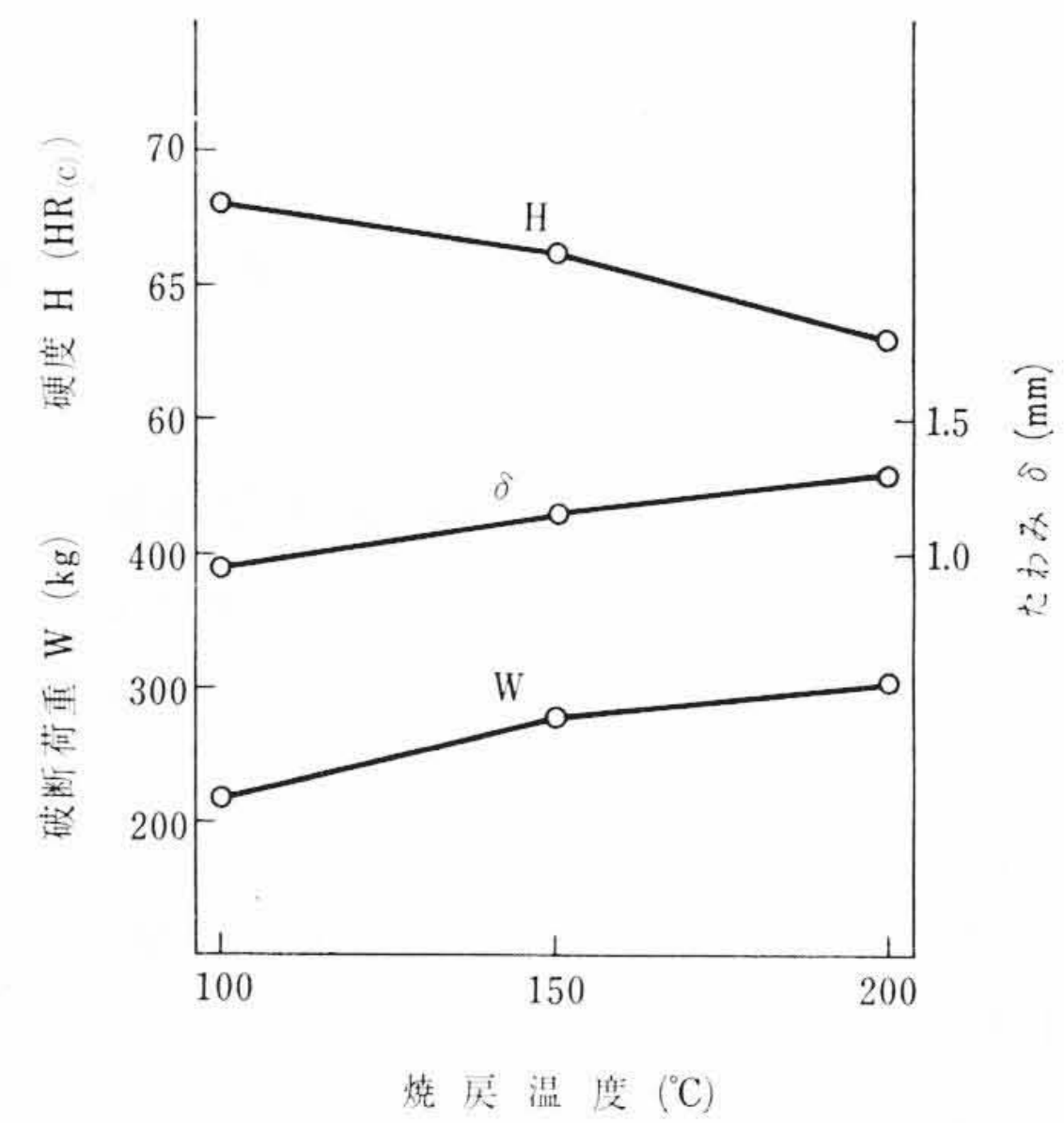
第 4 図 および 第 5 図 は各鋼種を、第 2 表 に示す温度で焼入し、100～200℃ に焼戻したものの比較を示す。第 4 図において硬度は

第 2 表 各 鋼 種 の 焼 入 温 度

鋼 種	焼 入 温 度	鋼 種	焼 入 温 度
CWA	850℃ 油	YHA	850℃ 油
SAI	850℃ 油	SGT	825℃ 油
SAV	800℃ 水	YSA	800℃ 水
SAD	850℃ 油		



第 3 図 SAV の焼入温度とじん性の関係 (油焼入)



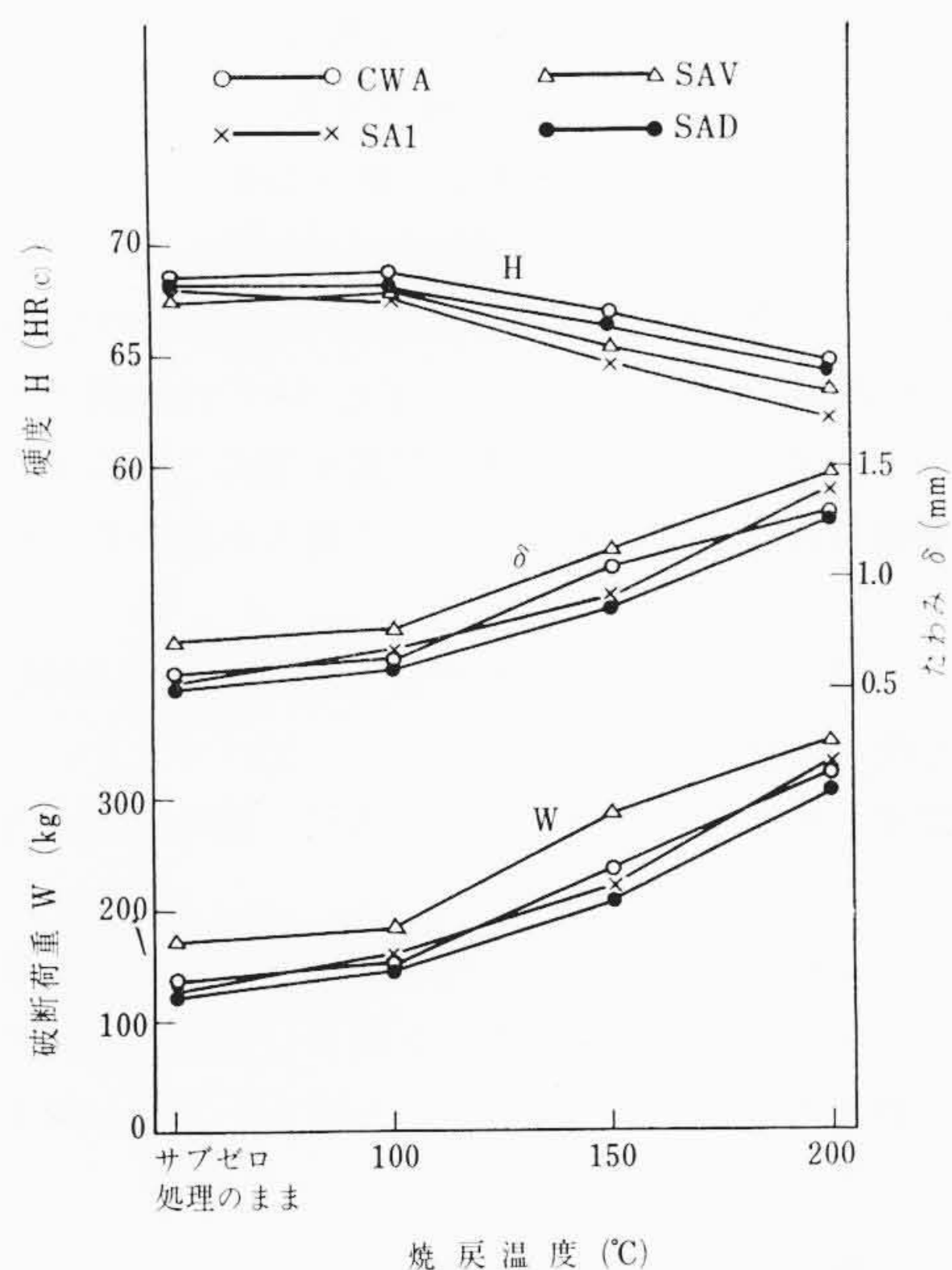
第 6 図 SAV, 850℃ 油焼入したものの焼戻温度とじん性の関係

100℃焼戻では焼入のままと大差なく、150℃以上で逐次低下するが、CWA が最も高い。破断荷重およびたわみは焼戻温度を上昇することにより増加し、じん性を増すが、100℃ 付近の焼戻はじん性の向上に対し大きな効果がない。したがって用途により 150℃ 以上の焼戻を必要とする。一般に大部分のものは 180～200℃ で焼戻されるのが現状であり、本結

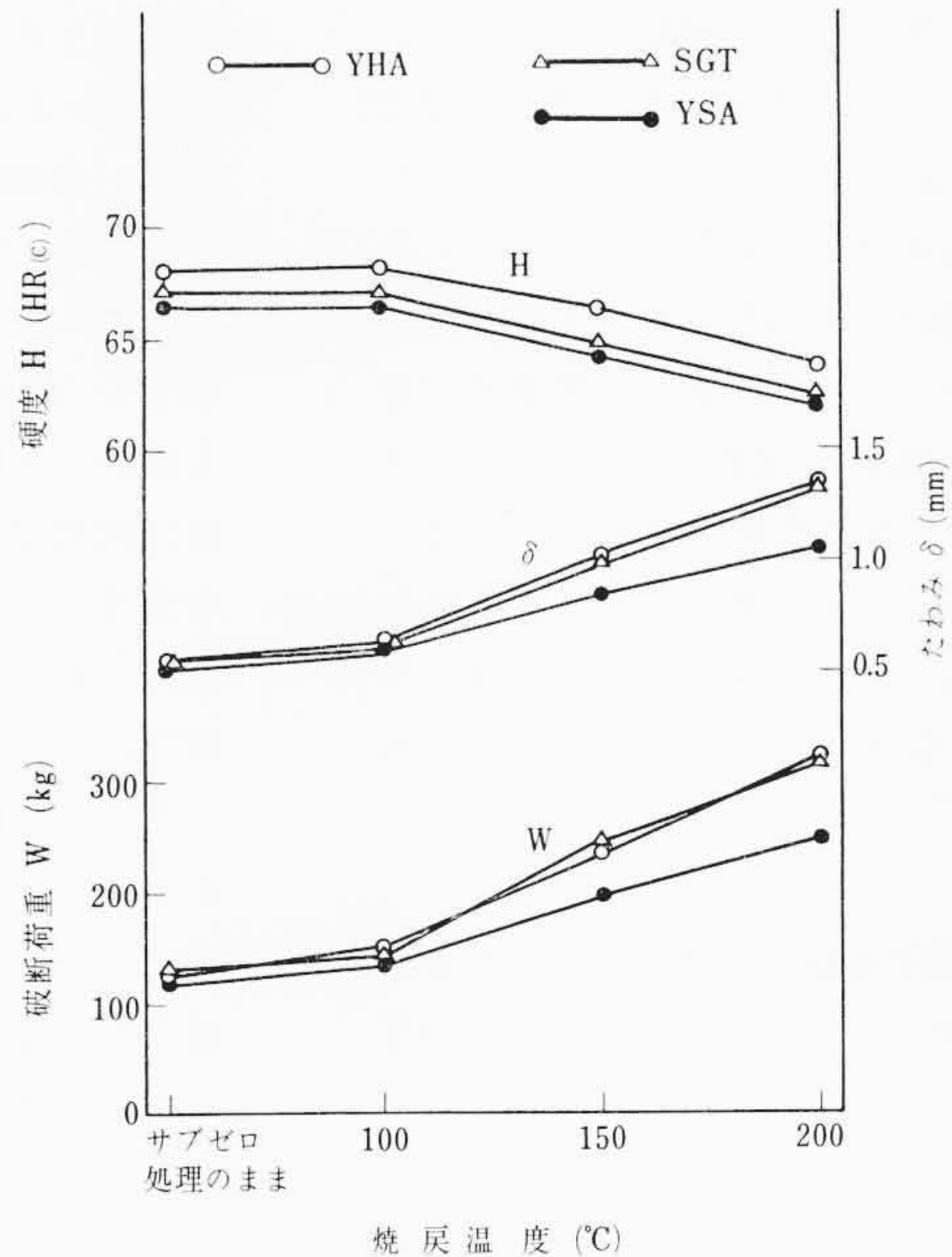
果からみると適当な焼戻温度といえる。一方各鋼種を比較するに 150℃ 以下の焼戻では CWA が比較的高いじん性を示すが、200℃ に焼戻した場合は他のものと大差がない。また第 5 図において 150℃ 以下では YHA より SGT がやや高いじん性値を示すが、200℃ ではほとんど変わらない。すなわち焼戻温度が高くなると鋼種間の差はあまり明りょうでない。ただし YSA は 200℃ でもかなり低く、他に比してじん性が劣る。なお本鋼はヤスリ用として、硬度は通常 $H_R(C)$ 65 以上を必要とし、そのため焼戻も 100～130℃ 付近で行なわれる場合が多く、きわめて低いじん性で使用されている。また第 6 図は SAV の油焼入のものの焼戻温度の影響を示す。

3.3 サブゼロ処理とじん性の関係

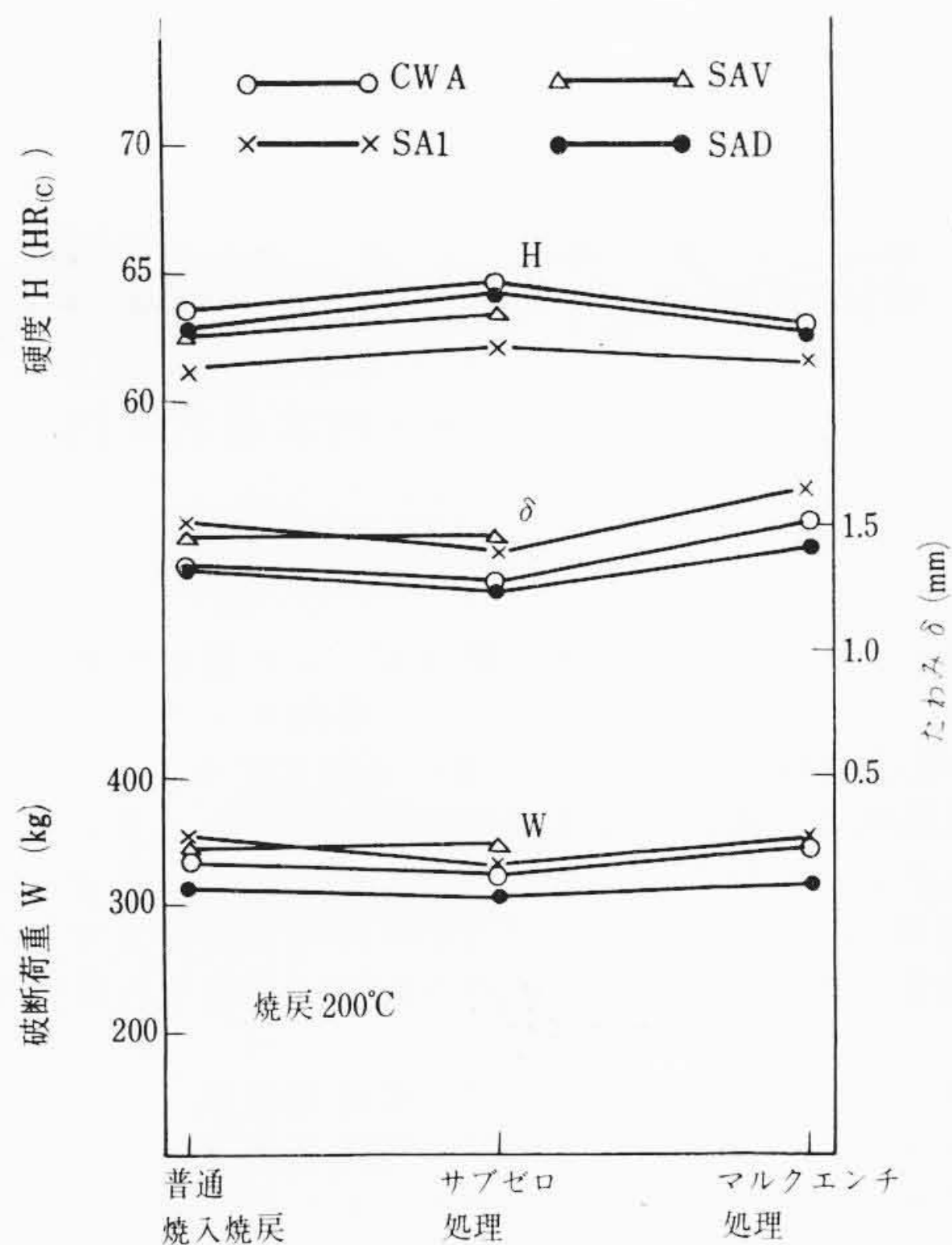
それぞれの焼入温度から油冷または水冷後、直ちにサブゼロ処理し、100～200℃焼戻を行なって破断荷重およびたわみを測定した。第 7 図および第 8 図はその結果を示す。硬度は一般にサブゼロ処理



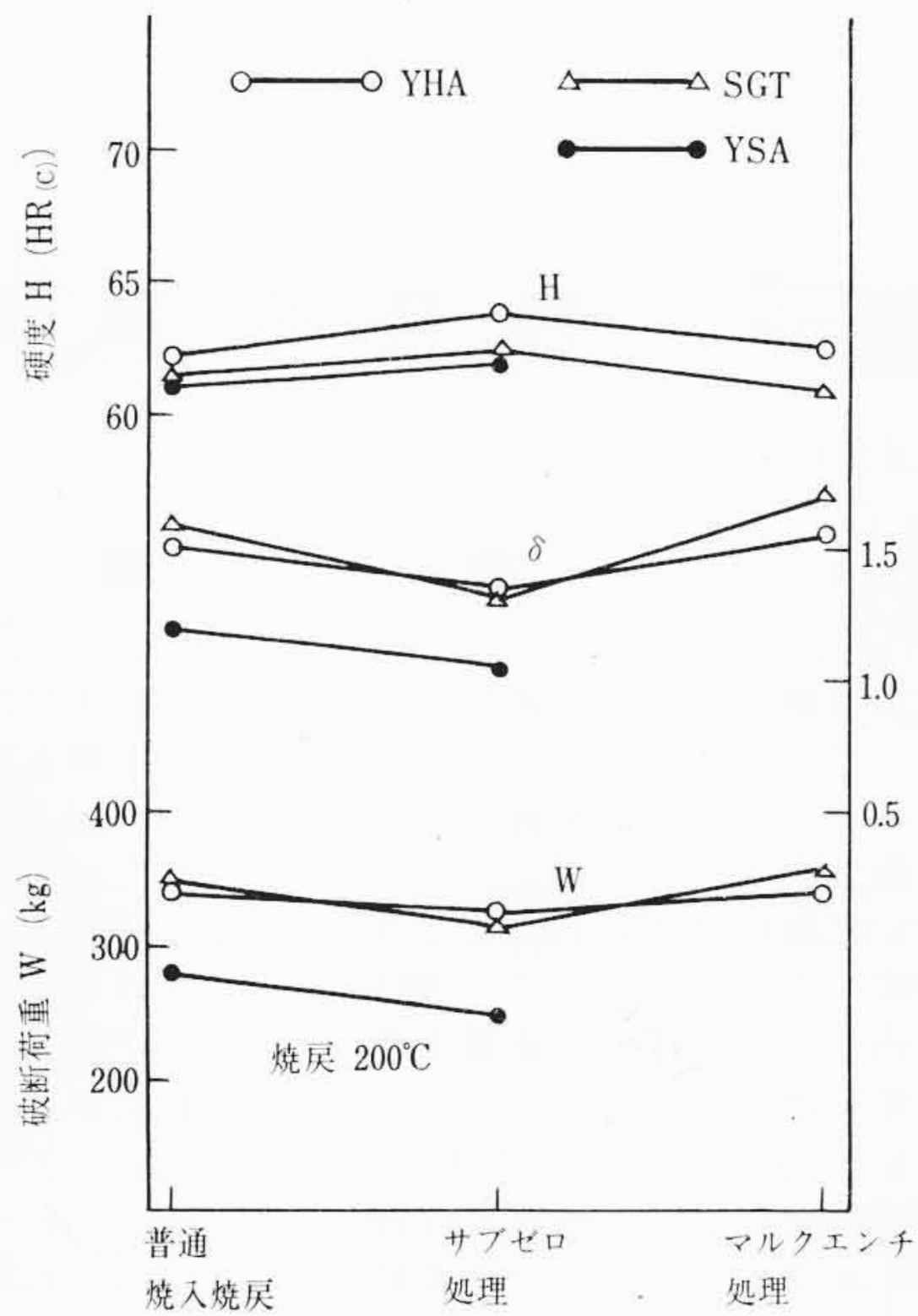
第7図 サブゼロ処理したものの焼戻温度とじん性の関係



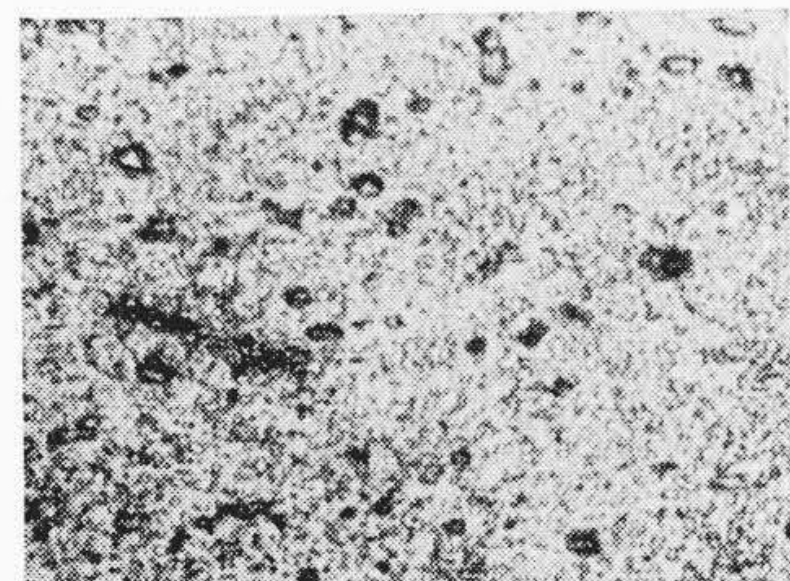
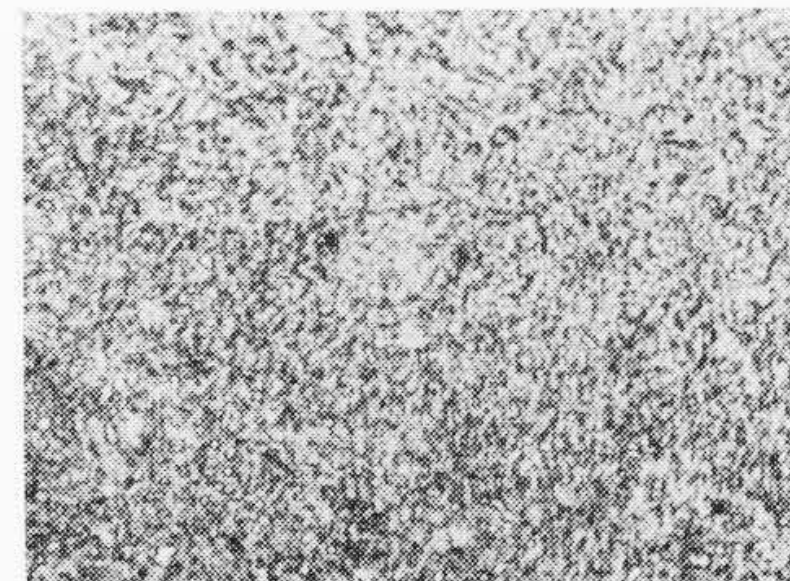
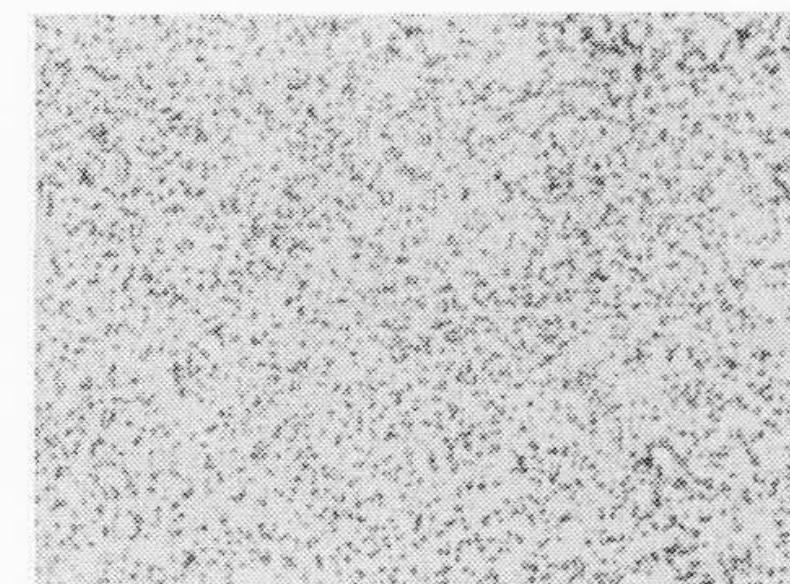
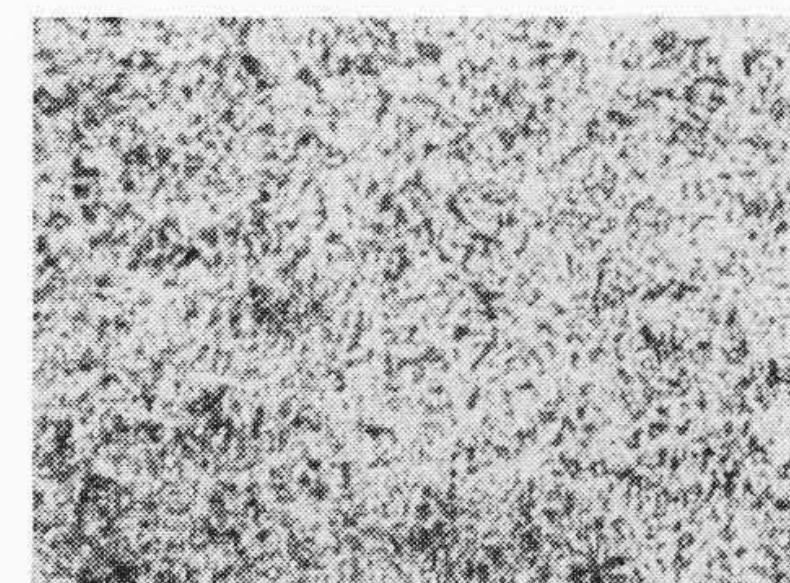
第8図 サブゼロ処理したものの焼戻温度とじん性の関係



第9図 CWA, SAI, SAV および SAD の熱処理方法とじん性の関係



第10図 YHA, SGT および YSA の熱処理方法とじん性の関係

第11図 CWA ×400
(850°C OQ, 200°C ①)第12図 SAV ×400
(800°C WQ, 200°C ①)第13図 SAI ×400
(850°C OQ, 200°C ①)第14図 SGT ×400
(825°C OQ, 200°C ①)第15図 YSA ×400
(800°C WQ, 200°C ①)

によって増加し、この場合油焼入した鋼種は $H_R(C)$ 約 1.0~1.3 程度増加しているが、水焼入した SAV および YSA は約 0.5 程度の増加である。すなわち水焼入のものは残留オーステナイトが少ないためである。一方破断荷重およびたわみは第7図において SAV が全般的に高い値を示し、CWA, SAI および SAD は大差がない。これを普通処理(第4図)と比較するに、サブゼロ処理したものはじん性が低い、しかし水焼入した SAV はサブゼロ処理してもほとんど変わらない。また第8図においても同様の傾向を示し、油焼入したものに比し、水焼入のものはサブゼロ処理してもじん性の低下が少ない。このようにサブゼロ処理は特に油焼入したものについて、硬度を高めることに有効であるが、その反面じん性を低下することが明らかであり、この種合金鋼に対しては、その用途によって利用を考慮す

べきである。

3.4 熱処理方法とじん性の関係

第9図および第10図は前述の普通処理、サブゼロ処理およびマルクエンチ処理したものの比較を示す。マルクエンチ処理は周知のように鋼を焼入する際に主としてひずみの発生と焼割れを防ぐ目的で、 M_s 点の直上またはそれよりやや高い温度に保持した恒温浴中に焼入し、各部が一様にその温度になるまで保持した後空冷する操作であり、厳密には各鋼種の M_s 点を測定し、それぞれの温度を選ぶべきであるが、この実験では従来の S-曲線⁽²⁾から判断し、各鋼種とも 200°C の油槽に焼入した。なお SAV および YSA はマルクエンチ処理では Ar' 変態を生起し、硬度が $H_R(C)$ 60 以下に低下するので省略した。

図をみるに硬度はサブゼロ処理したものが各鋼種とも高く、マルクエンチと普通処理のものはほとんど差がない。破断荷重およびたわみは逆にサブゼロ処理のものが低く、マルクエンチと普通処理では前者がやや高い傾向にあるも大差は認められない。したがってじん性の向上について、マルクエンチ処理は特に効果的とは思われないが、ひずみ、焼割防止の点で有効であり、その形状から肉厚不同などの工具には利用することが望ましい。なおこの場合に考慮すべきことは、本鋼種のように比較的合金鋼はS-曲線において、ノーズが左側すなわち変態開始線が短時間側にあるため太物材の利用は、その冷却速度によっては、これにかかることも考えられ、硬度むらの原因ともなるのでこれらの場合は適当でない。むしろ太物材については、普通の油焼入後200℃前後の温度で引き上げ空冷する方が適切である。

3.5 顕微鏡組織

第11～15図は代表的鋼種の焼入、焼戻組織を示す。CWAおよびYSAはその組成から炭化物のやや大きいものが認められるも、SAV SAIおよびSGTは非常に微細な組織である。

4. 結 言

抗折試験により切削用鋼のじん性に及ぼす焼処理の影響を明らかにした。以上の実験結果を要約すると次のとおりである。

(1) 各鋼種とも焼入温度の上昇により、じん性を低下するが、水焼入したSAVおよびYSAは油焼入したCWA, SAI, SAD, YHAおよびSGTに比し、やや急傾斜に低下する。

(2) 各鋼種を比較するに焼入温度850℃、焼戻温度200℃の場合CWA, SAI, YHAおよびSGTは同程度のじん性を示し、ついでSAD, SAVおよびYSAの順に低くなるが、水焼入のSAVおよびYSAは低温の焼入で高い値を示し、またSAVは油焼入でも高いじん性を示す。すなわち適当な焼入温度を選ぶことによりほぼ同程度の値が得られる。また水焼入より油焼入が高いじん性を示す。

(3) 焼戻温度の上昇により、じん性を増加するが、100～200℃焼戻におけるじん性の変化は、焼入温度のそれに比べて大きい。したがって焼戻温度はかたさを考慮して、なるべく高めを選ぶ方がよい。

(4) サブゼロ処理は硬度を高め、じん性を逆に低下するが、水焼入したものはサブゼロ処理してもほとんど低下しない。またマルクエンチ処理は普通処理のものに比し、じん性をいくぶん向上する傾向にあるも大差はない。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 菊田, 守谷: 日立評論 別冊 33, 37 (昭34-12)
- (2) 小柴: 工具材料 (上)



特許第312481号(特公昭38-6824)

特 許 の 紹 介



永 田 穰・阿部善右エ門

増 幅 回 路

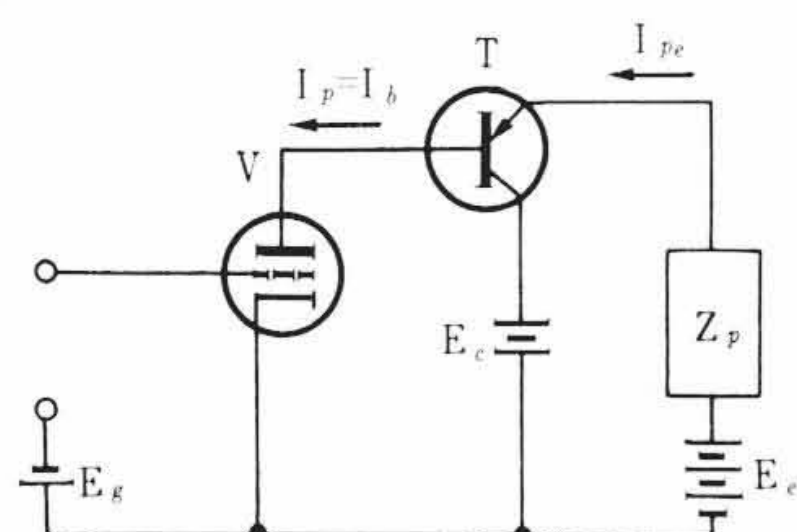
トランジスタは低電圧、低電流で動作し電流増幅率が比較的大きい利点があるが電子管に比し入力インピーダンスが低く、入力電流を必要とする欠点を有する。一方電子管はグリッド電流を極度に小さくして微小電流の測定に適するように設計すると、トランジスタとは反対の得失を有する。本発明は両者を直接結合することによりそれぞれの欠点を除去した増幅回路を提案するものであって、第1図および第2図に示すように電子管の入力インピーダンスを極力高めるため低電圧、低電流で動作せしめる電子管の陽極にトランジスタのベースを直接結合し、他の電極エミッタ(あるいはコレクタ)を出力端子としコレクタ(またはエミッタ)を適当な電位に固定した構成を有するもので、第1図においてはトランジスタ幅はコレクタ接地回路を形成しており、トランジスタ幅のエミッタ電流 $I_{pe} = \alpha_{eb} \cdot I_b$ となるので等価的な相互コンダクタンス $g'_m \doteq g_m \alpha_{eb}$ となり、出力イ

ンピーダンスがきわめて低くなる。第2図はエミッタ接地回路を形成する場合であり、 $\alpha_{cb} \gg 1$, $z_c \gg r_p$ であるから等価コンダクタンス $g'_m = g_m \alpha_{cb}$ 、等価電圧増幅率 $\mu' = z_c / r_p$ は著しく増大する。

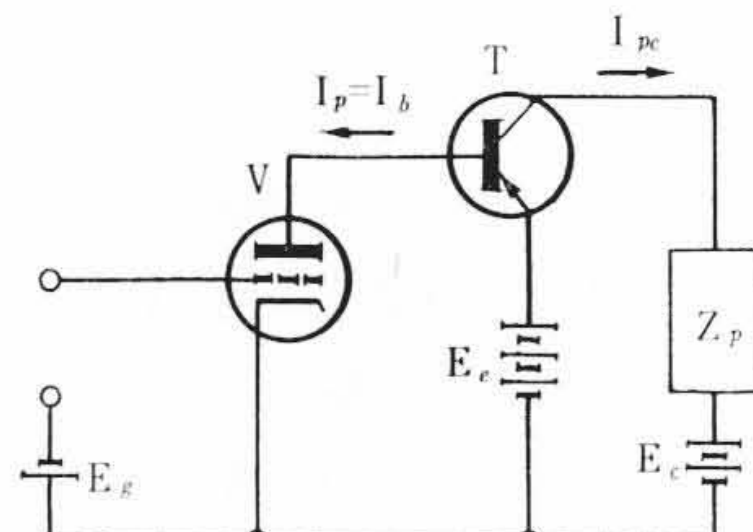
上述のように本発明は低電圧、低電流において動作し、きわめて高い入力インピーダンスを持ち、しかも等価コンダクタンス g'_m および等価電圧増幅率 μ' の一方または両方をきわめて大きくできるなど実用的効果顕著である。ただし上述の各記号はそれぞれ次のものを示す。

- α_{eb} : トランジスタのベースエミッタ間の電流増幅率
- α_{cb} : トランジスタのベースコレクタ間の電流増幅率
- z_c : トランジスタのエミッタ接地出力インピーダンス
- r_p : 真空管の内部抵抗

(佐々木)



第1図



第2図