

# 新拔型 SBD 鋼 について

小柴定雄\* 九重常男\*\*

## Study on "SBD" the New Punching Die Steel

By Sadao Koshiha and Tsuneo Kuno  
Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The SBD steel, newly developed by the writers, owes its birth to their long laborious study on the components of punching die steels which has led to the determination of the most proper composition of the steel for punching die use. In this article, various methods of heat treatment and mechanical properties of the hot steel in respect to the SBD steel are published.

### [I] 緒 言

日立製作所安来工場に於ては抜型材として CRD 鋼の他、或種の目的に対して青紙二号、SAI を推奨して居たが更に高性能の抜型鋼を得んと、種々基礎実験を行いこの結果<sup>(1)</sup>より適当な成分を決定して SBD 鋼を得た。この SBD 鋼について抜型材として必要な二、三の適性試験を行った。

### [II] 試料及びその加工方法

試料は砂鉄系原料鉄 100% を用い、之にフェロアロイを加えて 5 屯エルー式塩基性電気炉にて 750 kg 及び 400 kg インゴットを吹製した。これを 15 mm 角並びに 50 mm 丸に鍛造して試料として用いた。試料の化学成分を第 1 表に示す。尚軟化焼鈍実験のみ A 及び B 試料を用い他の実験は総て No. 1 の試料を用いた。

### [III] 実験結果

#### (1) 変 態 点

試料は 15mm 角棒より 7mm 丸に仕上げ、本多式熱膨脹試験機にて炉冷及び空冷に於ける変態生起温度を測定した。尚この場合炉冷は 1 分 5°C の冷却速度に、又空冷の最高保持温度は 950°C とした。第 2 表に変態生起温度を示す。第 2 表の如く加熱の場合 A<sub>1</sub> 変態は 744~776°C で開始終了し、空冷の場合 Ar'' 点は 75°C で著しく低温で生ずる。

#### (2) 軟 化 焼 鈍

\* \*\* 日立製作所安来工場

第 1 表 試 料 の 化 学 成 分  
Table 1. Chemical Composition of Specimen

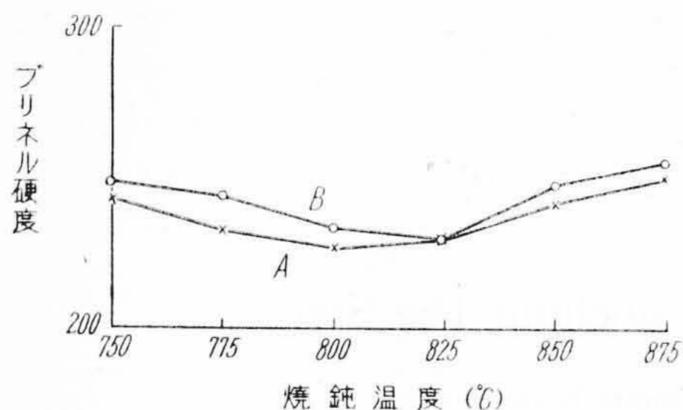
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W
No. 1	1.29	0.17	1.04	0.023	0.008	0.07	1.17	1.38
A	1.21	0.17	1.03	0.020	0.008	Nil	1.13	1.35
B	1.30	0.25	1.19	0.017	0.010	Nil	1.21	1.61

第 2 表 変 態 点

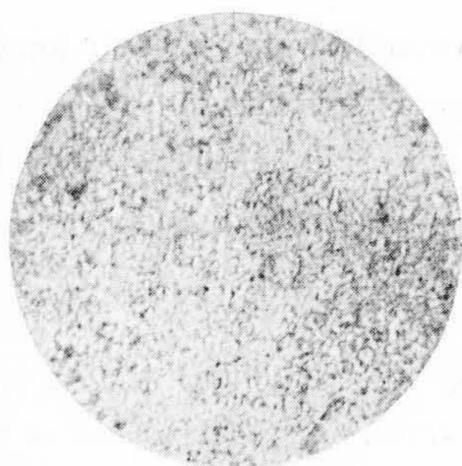
Table 2. Transformation Point

加 熱		冷 却		
開 始	終 了	炉 冷		空 冷
		開 始	終 了	開 始
744	776	668	644	73

焼鈍硬度の低いことは加工を容易にする点に於いて望ましく、複雑な型の彫刻には出来るだけ硬度の低いことが望まれる。C, Cr, Mn 及び W の含有量の増すに従つて焼鈍硬度は高くなり、SBD 鋼の規格中前記元素の含有量の上限及び下限で焼鈍硬度が異なり、各組成に適当な焼鈍温度の決定が必要である。そこで A 及び B の二種の試料を用い、750~875°C の焼鈍温度に於ける硬度の変化を調べた。これを第 1 図に示す。猶試料は 50φ×20 mm の寸度で各温度に於ける保持時間は 2 時間とした。又 B 試料は A 試料に比し C, Mn, Cr 及び W は何れも高い。図の如く A 試料は 800°C で最低硬度を示し、B 試料は 825°C で最低硬度を示し此の間に 25°C のず



第 1 図 焼鈍温度と硬度との関係  
 Fig. 1. Relation between Annealing Temperature and Brinell Hardness



第 2 図 焼 鈍 組 織  
 Fig. 2. Annealing Structure ×400

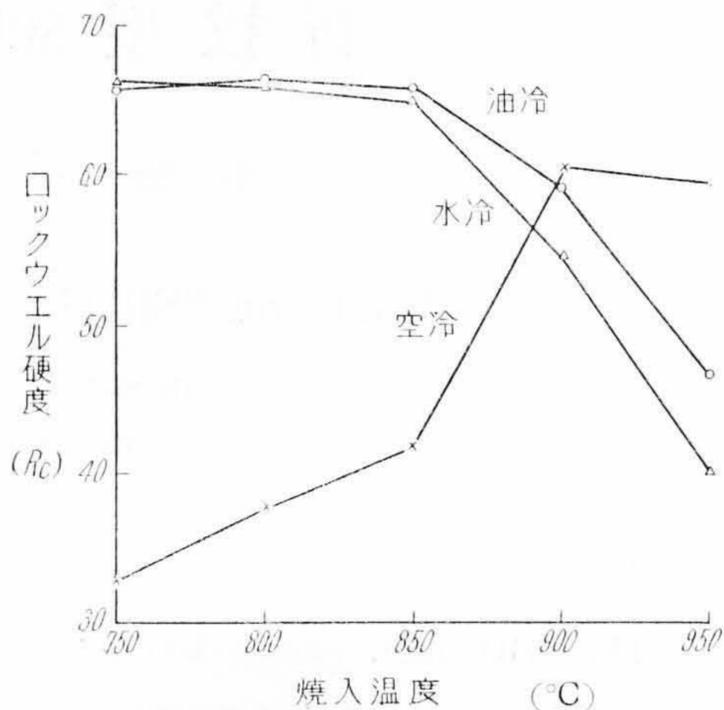
れがあり、規格上限の試料は焼鈍温度を高くする必要がある。次に焼鈍時間を 1~5 時間に変化し硬度を測定したが、A, B 何れの試料も焼鈍時間の長くなるに従って硬度は低くなる。第 2 図に B 試料を 825°C にて 2 時間焼鈍した組織を示す。図の如く炭化物は細く球状化し良好な焼鈍組織を示す。以上より SBD 鋼の軟化焼鈍には特に A<sub>1</sub> 変態点直上、直下の繰返し焼鈍等を行う必要はないものと考えられる。

(3) 焼入温度と硬度との関係

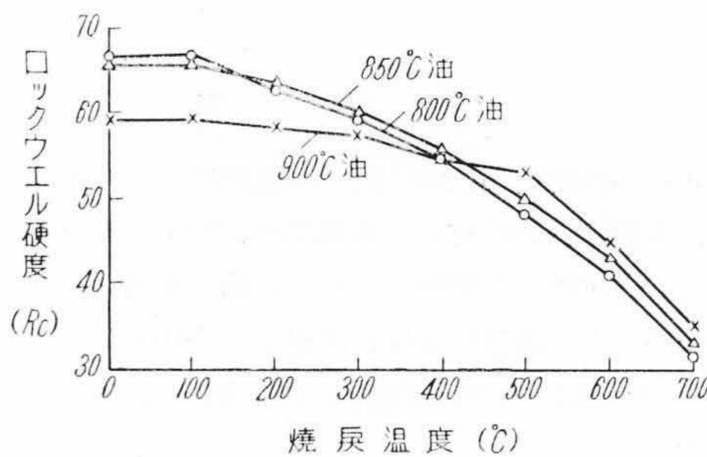
試料は 15×15×15 mm を用い、750~950°C に夫々 10 分保持後水、油及び空冷の三種の焼入を行い硬度を測定した。その結果を第 3 図に示す。第 3 図の如く水焼入の場合は 750°C で最高硬度を示し、油冷の場合は 800°C で最高硬度を示す。空冷の場合は 900°C 迄温度の高くなるに従って硬度は高くなり、900°C で最高硬度を示し 950°C では僅かに低くなる。以上より SBD 鋼は油冷の場合は 775~825°C の焼入温度が適当である。水冷は焼割れの生ずる恐れのある為使用しない事が望ましいが、然し大物の試料の場合は水、油の二段焼入を行う事も時に必要であるので、この場合は 750~800°C の焼入温度が適当である。

(4) 焼戻温度と硬度との関係

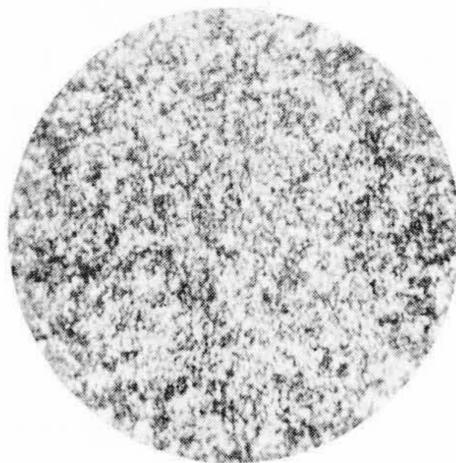
800, 850 及び 900°C の三種に油焼入した試料を 100



第 3 図 焼入温度と硬度との関係  
 Fig. 3. Relation between Quenching Temperature and Rockwell Hardness



第 4 図 焼戻温度と硬度との関係  
 Fig. 4. Relation between Tempering Temperature and Rockwell Hardness



第 5 図 焼戻組織 ×400 800°C 油焼入 200°C 焼戻  
 Fig. 5. Tempering Structure ×400 800°C Oil Quench, 200°C Tempering

~700°C にそれぞれ 1 時間焼戻を行い硬度を測定した。これを第 4 図に示す。第 4 図の如く 800°C 及び 850°C 油焼入の試料は殆んど硬度に差はなく、焼戻温度の高くなるに従って硬度は次第に低くなり、500°C 附近より稍稍急激に硬度は低くなる。900°C 焼入の試料は焼戻温度

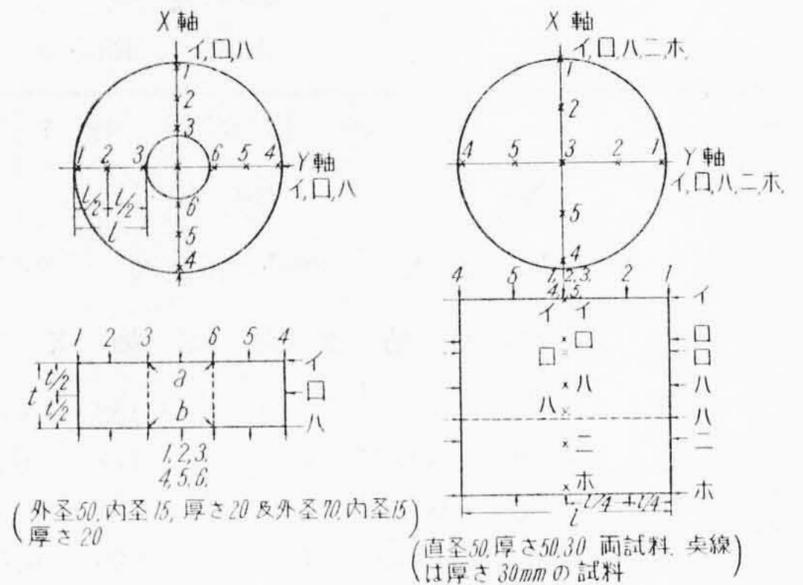
300°C 迄前二者に比し可成り低い硬度を示すが、500°C より反つて高い硬度を示す。此の種抜型鋼は硬度 Rc 58 ~ 63 の範囲が最も多く使用されるので焼戻温度は 200 ~ 300°C が適当である。第 5 図に 800°C で油焼入を行い、200°C に焼戻を行つた試料の顕微鏡組織を示す。図の如く細い炭化物とマルテンサイト（一部トルスタイトを含む）よりなつて居る。

(5) 変 形 率

変形率は型鋼として重要な性質で熱処理に依る変形の小さい事が望ましい。そこで(イ)外径 50mm, 内径 15mm, 厚さ 20mm, (ロ)外径 70mm, 内径 15mm, 厚さ 20mm, (ハ)直径 50mm, 厚さ 50mm, (=)直径 50mm, 厚さ 30mm の 4 種に就いて焼入、焼戻変形率を測定した。これを第 3 表及び第 4 表に示す。尚 No. 2 の試料は直径方向に焼入を行い後は縦て厚さ方向に焼入を行つた。第 6 図に変形率測定箇所を示す。又第 7 図に焼戻を行つた試料の変形模様を示す。図の破線が焼戻後の変形で 0.12% が 1mm で表わしてある。但し内径は 0.12% を 1mm で表わした。直径方向に焼入を行つたものは非常に不規則な変形をなす。孔は殆どどの試料に於ても収縮をして居る。この変形率は CRD 鋼に比し<sup>(2)</sup>で少々大きい値を示すが、青紙二号、SAI に比べれば可成り小さい値である。

(6) 焼入性並びに質量効果

焼入性試験法に関しては既に詳細な報告<sup>(3)</sup>がなされて



第 6 図 変 形 率 測 定 個 所  
Fig. 6. The Measuring Part of the Rate of Deformation

いるが、この方法により SBD 鋼の焼入性を調べた。即ち 25φ×100 mm の一端水冷試験片を作製し実験に用いた。第 8 図及び第 9 図にそれぞれ 800°C 及び 850°C より的一端水冷試験結果を示す。図より SBD 鋼は青紙二号、特殊工具鋼二種及び SBD 鋼の焼入性<sup>(4)</sup>と比較して遙かに焼入性の良い事が知られる。又同図に h=0.6 及び 2.0 なる場合の中心硬度曲線を併記したが、茲に h は冷却液の熱伝達係数を鋼の熱伝導度で割つたもので、同一鋼種の場合は熱伝導度は一定であるから、h は冷却液の熱伝達係数に左右される値で焼入液の冷却能となる。

第 3 表 焼 入 変 形 率 (%)

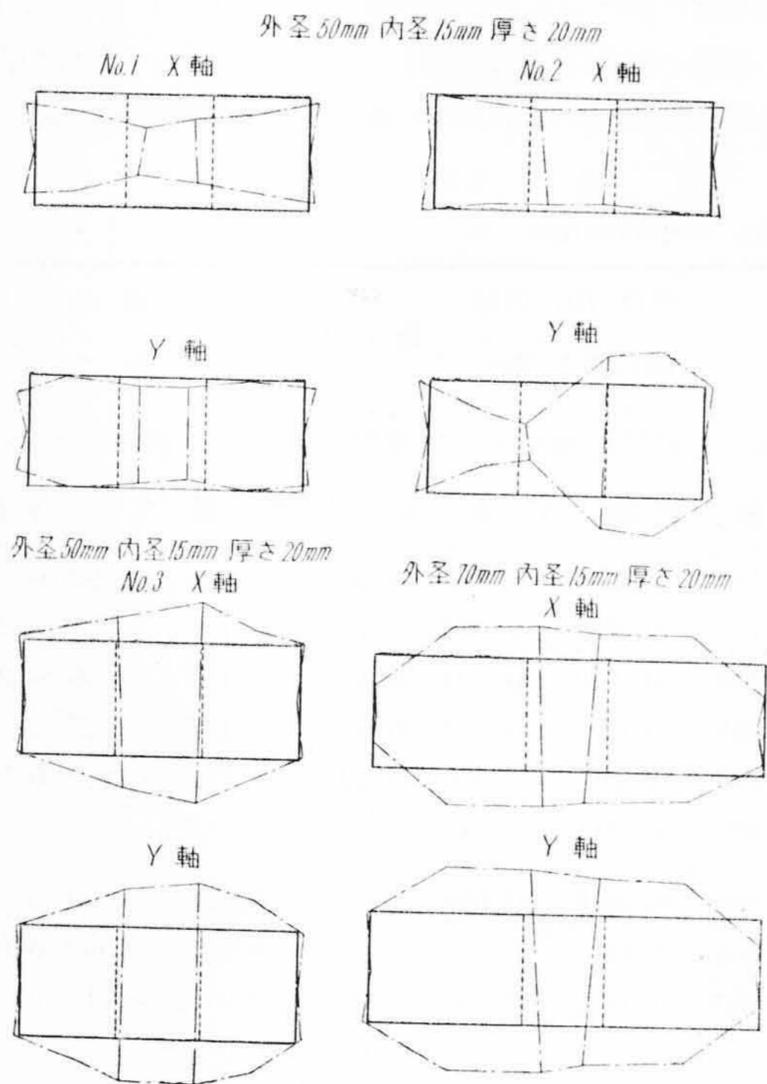
Table 3. Rate of Quenching Deformation (%)

		外径 50, 内径 15, 厚さ 20						外径 70, 内径 15, 厚さ 20		直径 50, 厚さ 50		直径 50 厚さ 30	
		No. 1		No. 2		No. 3		825°C 油焼入		825°C 油焼入		825°C 油焼入	
		800°C 油焼入		800°C 油焼入		850°C 油焼入		825°C 油焼入		825°C 油焼入		825°C 油焼入	
		X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸
厚 度	1	0	0.064	0.034	-0.039	0.155	0.156	-0.165	0.075	0.167	0.175	0.093	0.090
	2	-0.025	0.117	0.015	-0.123	0.194	0.180	0.258	0.325	0.157	0.137	0.215	0.222
	3	-0.029	0.088	0.089	0.191	0.412	0.460	0.264	0.329	0.155	0.155	0.209	0.209
	4	0.049	0.025	0.079	0.084	0.141	0.058	-0.075	-0.135	0.173	0.157	0.047	0.090
	5	0.034	0.088	0.059	0.369	0.194	0.292	0.198	0.250	0.143	0.155	0.242	0.245
	6	0.025	0.069	0.054	0.325	0.349	0.408	0.203	0.277				
直 径 (外 径)	イ	0.107	0.111	0.103	0.101	0.095	0.089	0.061	0.024	0.084	0.074	0.090	0.105
	ロ	0.070	0.089	0.069	0.085	0.062	0.058	0.007	0	0.076	0.080	0.062	0.088
	ハ	0.109	0.099	0.094	0.093	0.058	0.050	0.057	0.057	0.078	0.072	0.113	0.139
	ニ ホ									0.080	0.084		
内 径	a	-0.164	-0.055	0	0.065	-0.066	-0.132	-0.329	-0.459				
	b	-0.328	0.060	0.033	-0.033	-0.066	-0.066	-0.394	-0.525				

第 4 表 焼 戻 変 形 (%)

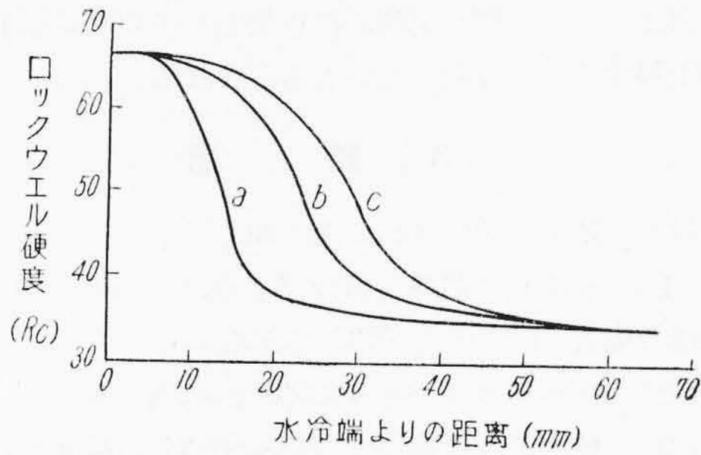
Table 4. Rate of Tempering Deformations (%)

		外径 50, 内径 15, 厚さ 20						外径 70, 内径 15, 厚さ 20		直径 50, 厚さ 50		直径 50, 厚さ 30	
		No. 1		No. 2		No. 3		X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸
		800°C 油焼入		800°C 油焼入		850°C 油焼入							
		X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸	X 軸	Y 軸
厚 さ	1	-0.088	-0.137	0.005	-0.152	0.048	0.029	-0.208	0.071	0.141	0.165	割 れ 発 生 の 為 測 定 不 能	
	2	-0.129	-0.005	-0.054	-0.172	0.126	0.131	0.208	0.325	0.137	0.121		
	3	-0.240	-0.059	-0.074	-0.294	0.189	0.286	0.213	0.320	0.132	0.132		
	4	-0.059	-0.049	-0.015	0.029	-0.053	-0.039	-0.105	-0.200	0.147	0.142		
	5	-0.123	-0.006	-0.019	0.246	0.107	0.199	0.179	0.235	0.123	0.137		
	6	-0.162	-0.078	-0.054	0.226	0.325	0.345	0.191	0.256				
直 径 (外 径)	イ	0.046	-0.046	0.057	0.049	0.016	0.019	-0.014	-0.022	0.068	0.050		
	ロ	0	0.012	0.028	0.024	0.006	0.006	-0.021	-0.035	0.064	0.054		
	ハ	0.024	0.034	0.057	0.055	0.008	0.016	0	0.014	0.066	0.056		
	ニ ホ									0.060	0.048		
内 径	a	-0.361	-0.361	-0.164	0	0	-0.099	-0.362	-0.123				
	b	-0.328	-0.394	-0.262	-0.164	-0.197	-0.066	-0.526	-0.508				



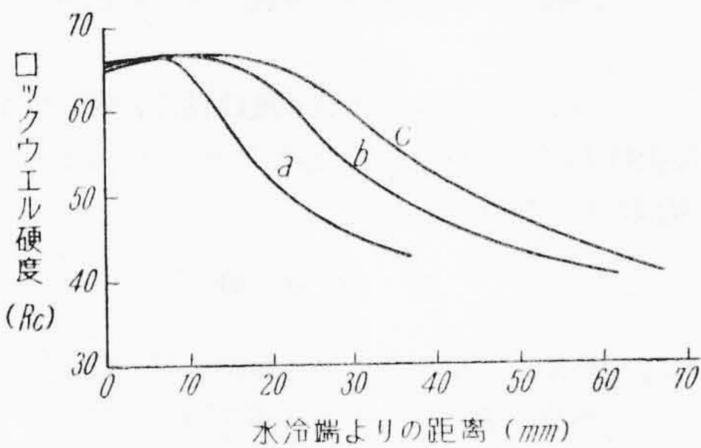
第 7 図 焼 戻 試 験 の 変 形 模 様  
Fig. 7. Deformation Figure of Tempering Specimen

h=0.6 は新しい種油と古い種油の約半々に混つた場合で、h=2.0 は緩やかな水冷の場合と仮定した。第 8 図及び第 9 図の b, c 両曲線は Grossmann-Asimow<sup>(5)</sup>に依つて作られた円鑪の冷却線図より、円鑪の焼入に於ける冷却能、半冷時間及び半径の関係を求め、これと一端水冷試験結果より導いた中心硬度曲線で b 曲線は h=0.6, c 曲線は h=2.0 なる場合の中心硬度曲線である。この中心硬度曲線より SBD 鋼の焼入に依り中心硬度 Rc 60 以上の得られる大きさの限界を求めることが出来る。即ち Rc 60 の点より横軸に平行線を引き b 及び c 曲線との交点を求め、この交点の横座標を求めれば良い。第 9 図から 800°C より焼入を行つた場合は、b 及び c 曲線との交点の横座標は夫々 17 及び 22 mm となる。故に h=0.6 即ち中古焼入油の場合は直径 34 mm 以下 h=2.0 の場合は直径 44mm 以下の材料であれば中心硬度は Rc 60 以上となる。同様にして 850°C 焼入の場合は第 9 図より中古油の場合は直径 46 mm 以下、水であれば直径 58mm 以下の材料は総て中心硬度 Rc 60 以上となることがわかる。又 h=3.6 即ち普通水焼入の場合の中心硬度曲線を求め、焼入硬度 Rc 60 以上となる材料の大きさの限界を求めると、800°C で直径 48 mm, 850°C で直径 62 mm 以下となる。今実際使用される型の硬度を Rc 63~58 の範囲とすると、焼入硬度は 200°C の焼戻で Rc で約 2.0 下るから、焼入硬度 Rc 60 が丁



第 8 図 800°C より的一端水冷試験結果 (a) 及び  $h=0.6$  (b) 及び  $h=2.0$  (c) なる場合の中心硬度曲線

Fig. 8. Testing Results of One End Water Cooling from 800°C and Curve of Centering Hardness in the Case of  $h=0.6$  and 2.0

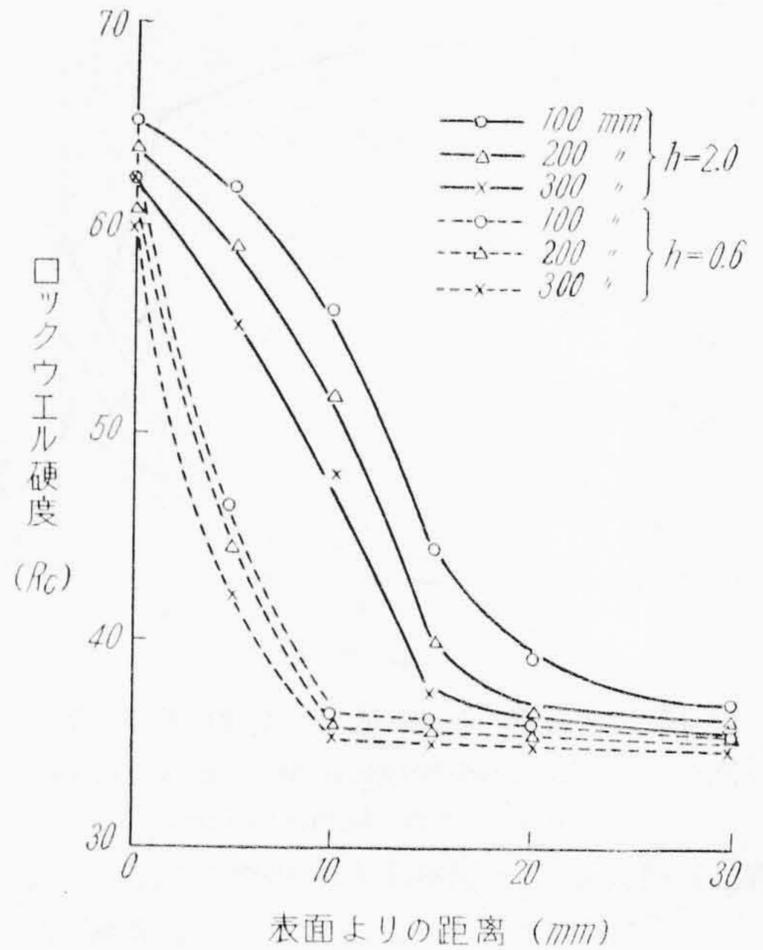


第 9 図 850°C より的一端水冷試験結果 (a) 及び  $h=0.6$  (b) 及び  $h=2.0$  (c) なる場合の中心硬度曲線

Fig. 9. Testing Results of One End Water Cooling from 850°C and Curve of Centering Hardness in the Case of  $h=0.6$  and 2.0

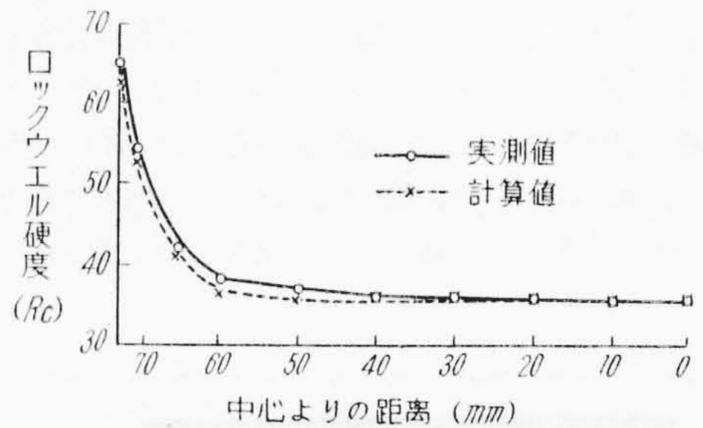
度使用型材の下限硬度となる。故に上記の焼入により Rc 60 以上の得られる限界直径は直ちに型の使用限界寸度となる。

次に第 8 図及び第 9 図の焼入特性曲線より任意の寸度及び焼入法を行つたものの鋼材の断面硬度分布を求めて見る。今鋼材寸度を 100, 200 及び 300 mmφ (但し長さは直径の倍以上の寸度とする) とし、焼入液を  $h=0.6$  及び 2.0 の二様に変えたとする。この場合の断面硬度分布を Grossmann-Asimow 線図より求めると第 10 図の如くなる。図より水冷の場合 100mmφ の材料は表面より約 6mm まで Rc 60 以上の硬度が得られ、200 mmφ の材料では 4mm, 300mmφ では殆んど表面のみが Rc 60 以上の硬度となる。又  $h=0.6$  即ち中古油の場合は 100mmφ 以上の材料では殆んど表面のみ Rc 60 以上となることがわかる。次に 145φ×300mm の材料を 800°C より油焼入し、高さの中央に於ける断面硬度を測定した。これを第 11 図に示す。尙材料は硬度測定に便



第 10 図 Grossmann-Asimow 曲線による SBD 鋼の断面硬度分布曲線

Fig. 10. Distribution Curve of Hardness at Transverse Section



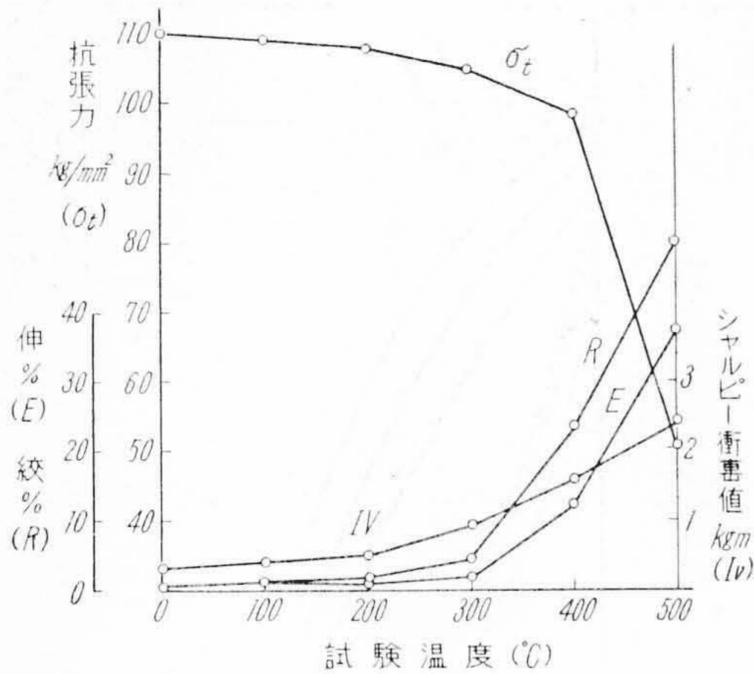
第 11 図 油焼入せる 145φ 機の断面硬度分布

Fig. 11. Distribution Curve at Transverse Section for 145φ Oil-Quenched Specimen

なる様予め割り型とし上下をボルト 4 本にて締めつけ焼入を行つた。又同図に前述と同様 Grossmann-Asimow 線図より油の冷却能を 0.6 と仮定した場合の断面硬度の計算値を示した。図より実測値は計算値より少々高い硬度を示すが、実用には殆んど差支えない程度で、先に焼入特性曲線より導いた任意寸度の材料の断面硬度分布曲線も実用には殆んど支障ないものと考えられる。

(7) 熱間に於ける機械的性質

試料は 15 mm 角棒より平行部 7 mmφ の熱間抗張試験片並びにシャルピー衝撃試験片を作製し、引張り試験はアムスラー引張り試験機、衝撃試験はシャルピー衝撃試験機にて 0~500°C の温度で実験を行つた。この結果を



第 12 図 温度と機械的性質との関係  
Fig. 12. Relation between Mechanical Properties and Testing Temperature

第 12 図に示す。尚試験料は予め 800°C に油焼入し、200°C に 2 時間焼戻を行つたものを用い、各試験温度に於ける保持時間は 30 分間とした。図の如く試験温度 300°C 迄は抗張力、伸、絞、衝撃値共大差なく、試験温度 400°C より抗張力は著しく低下し伸、絞及び衝撃値は逆に高くなる。以上の結果より SBD 鋼は 300°C 迄の温度に対しては常温と機械的性質は略々同じ値を示すことより、型としての諸性質即ち強さ、耐摩耗性等も 300°C 迄は常温と大差ないものと考えられる。而して型の温度が 400°C 以上となる場合は抗張力の著しく低下する点、並びに伸、絞、衝撃値の甚だしく増大する点より推察して、型として必要な諸性質も著しく害されるもの

と考えられる。然し実際に打抜型として 300°C 以上温度の上昇することは殆どないと考えられる。

[IV] 結 言

以上の結果を要約すれば次の如くである。

- (1) 変態点は加熱の場合 A<sub>1</sub> 点は 744°C で生起し、空冷の場合 Ar'' 点は 73°C で起る。
- (2) 焼鈍温度は 800~825°C が適当である。
- (3) 焼入温度は油冷で 775~825°C が最適であり、焼戻温度は使用硬度により 200~300°C が適当である。
- (4) 変形率は青紙二号、SAI に比べると可成り小さく良好である。
- (5) 焼入性は青紙二号、SAI に比し可成り大きく、質量効果は小さく大物の抜型鋼にも使用し得る。
- (6) 熱間に於ける機械的性質は 300°C 迄常温と大差ない。
- (7) 以上の結果より焼鈍硬度は低く、焼入性が良く焼戻抵抗も高く変形率、質量効果の小さい点より本鋼は抜型鋼として優秀である。

参 考 文 献

- (1) 小柴、九重 安来研報第 553 昭 25. 12.
- (2) 小柴、永島 安来研報第 461 昭 24. 6.
- (3) 芥川、原田 日立評論 26, 166 昭 18. 3.
- (4) 田村、原田 安来研報第 541 昭 25. 4.
- (5) Grossmann Asimow  
Hardenability of Alloy Steel 124 1938.



堅 牢 で 優 美 な

「日立評論」綴込カバー発売

(特製綴込紐付) 特價 1 組 ￥ 100. (郵送料共)

先年愛読者各位の御熱望に応じて作成発売致して居りました「日立評論」の綴込カバーは非常に好評を博し、売切中でしたが、今回写真の様なスマートなものを作成致しまして御希望の向きに御願ち致すことになりました。

御希望の方は至急日立評論社へ御申込下さい。

発売所 日 立 評 論 社 東京都品川区大井坂下町 2717 振替口座 東京 71824 番