

型用鋼に関する研究

武市彦四郎* 笠間 宏**

Study on the Die-Block

By Hikoshirō Takeichi, Hiroshi Kasama
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

With the sharply increased demand in these days and because of severe services, they have to render dies for die forging have become to be made with more and more high grade materials.

As the steels for die making, Ni-Cr-Mo steel, Cr-Mn steel, Cr-V steel, and the like are used, and among these Ni-Cr-Mo steel is most widely used. With emphasis placing on Ni-Cr-Mo steel, the writers made fundamental researches on die steels, and standardizing the steels for dies, they succeeded in their commercial production.

This paper deals with the test results of character tests on dies of 380 mm×330 mm×305 mm size, and the outline is as follows.

Working processes from steel making to heat treatment is first given, then cautions pertaining to each phase of work are briefly stated. Then, it was found out that the character test results revealed that few point were still left to be improved.

The character tests also showed that the materials had comparatively uniform hardness distribution and mechanical properties with small difference in each direction. When compared with other die steels, they were a little inferior to the recently imported Hardtem of U.S.A., but had properties about equal to the Witten of Germany.

The writers are doing their best in obtaining die material steels better than Hardtem of Heppenstall Co., U.S.A., which is said to be the best in the world.

[I] 緒 言

近年急速に發達した型鍛造に用いられる型用鋼の製造に関しては各所で種々な研究がなされているが、日立に於ても既に基礎的實驗を行つて標準製造法の確立をなし着々成果をおさめている。

型用鋼として具備すべき條件としては

- (1) 機械的性質特に高温に於ける摩耗抵抗の大なる事。

- (2) 熱處理が容易で焼入性の良好なること。
- (3) 硬度分布の均一であること。
- (4) 熱處理後の機械加工の容易なること。

等があげられるが、以上の諸條件を満足する鋼種として數多くのもが考えられ、日本標準規格に於ても6種のもが規定されている。これらは型用鋼の大きさ、使用條件等により選擇さるべきものであるが、從來の使用結果からすべての場合に於て、Ni-Cr-Mo 鋼が最も優秀な性質を示している。

* ** 日立製作所日立工場

著者等の研究も Ni-Cr-Mo 鋼に重點をおいて進めて

きた。本文に於ては今までの各種の基礎研究データをもとにして製造した Ni-Cr-Mo 鋼製の 15"×13"×12" の大きさの型用鋼につき、硬度分布、機械的性質等の確性試験を行つた結果について報告する。

〔II〕 製造記録

(1) 製鋼

鹽基性 10t 電氣爐にて溶解を行つた作業の概要は次の如くである。

(A) 材料配合

装入材料は特に厳選し、非金属介在物の低下と白點發生の防止を期した。装入材料の内譯は第 1 表に示す通りである。

(B) 製鋼作業経過の概要

作業概要は第 2 表に示す通りで、白點防止のため高温溶解に特に留意した。

(2) 鍛造

第 1 表 溶解材料配合

Table 1 Composition of Melting Material.

| | | |
|------------------|-------------|-----------|
| 装 入 材 料 | 鍛 鍊 屑 | 2,000 kg |
| | 低 磷 銑 | 2,000 // |
| | 鐵 板 屑 | 4,500 // |
| | 壓 延 屑 | 2,000 // |
| | ダ ラ イ 粉 | 1,000 // |
| 料 | 滿 俺 鐵 | 50 // |
| 計 | | 11,550 kg |
| 合 金 鐵 | H. C. Fe-Mn | 150 kg |
| | Fe-Si | 40 // |
| | L. C. Fe-Cr | 150 // |
| | Metalic Si | 150 // |
| | Fe-Mo | 50 // |
| 鐵 | Metalic Ni | 150 // |
| 附 加 劑 | 鐵 鑛 石 | 250 kg |
| | 螢 石 | 90 // |
| | 燒 石 灰 | 520 // |
| | コ ー ク ス 粉 | 25 // |

使用鋼塊は菊型八角形の 2t 鋼塊で、鑄込後 3 時間にしてケースより抜取り、赤材のまま約 800°C に保温中の鍛造加熱爐に装入する。

鍛造作業経過は第 1 圖に示した通りであるが、据込鍛造比を極力大にし据込と鍛延の比をほぼ同じにしたこと六面鍛造を十分に實施し、内部まで鍛造効果をきかせる

第 1 圖 (右 圖) 鍛 造 作 業 概 要

Fig. 1 (Right) Forging Method of Die Block.

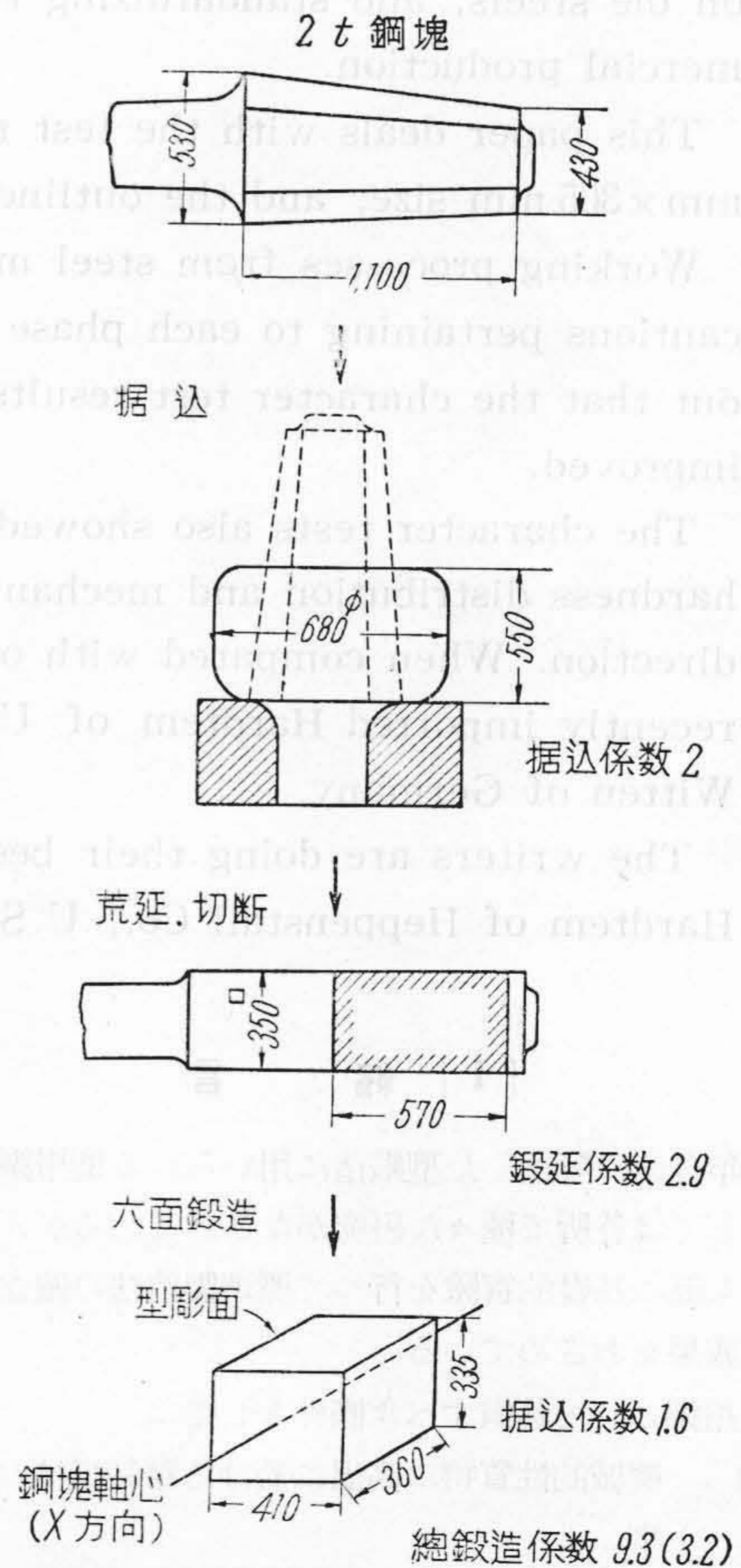
第 2 表 製 鋼 作 業 概 要 並 に 分 析 値

Table 2 Outline of Melting Process and Ladle Analysis.

| 時 間 | | 爐 中 分 析 | | | | |
|--------|------|---------|------|-------|------|------|
| | | C | Mn | P | Ni | Cr |
| 0°-00' | 送 電 | | | | | |
| 3°-00' | 溶 落 | 1.08 | 0.35 | 0.041 | | 0.05 |
| 3°-20' | 一次除滓 | | | | | |
| 4°-00' | 二次除滓 | 0.33 | 0.30 | 0.021 | 1.72 | |
| 4°-20' | 三次除滓 | 0.26 | 0.36 | 0.015 | | |
| 5°-15' | 還元初期 | 0.37 | 0.45 | | | |
| 6°-20' | 還元後期 | 0.47 | 0.52 | | | |
| 6°-30' | 出 鋼 | | | | | |

取 鍋 分 析 値 (溶解番號 D-1470)

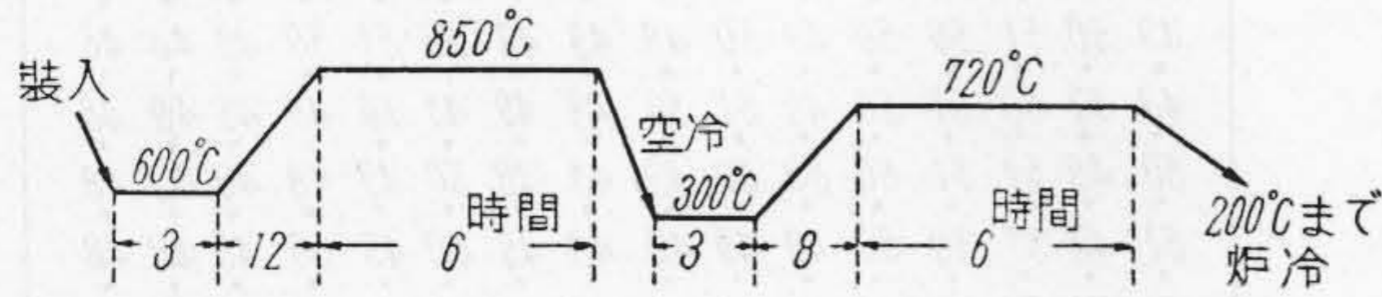
| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | Cu |
|--------|---------|-----------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|------|
| 標準成分 | 0.5/0.6 | 0.15/0.35 | 0.5/0.8 | <0.035 | <0.035 | 1.3/1.7 | 0.7/0.9 | 0.2/0.3 | <0.3 |
| D-1470 | 0.54 | 0.28 | 0.57 | 0.026 | 0.014 | 1.40 | 1.05 | 0.34 | 0.36 |



ことを眼目とした。作業はすべて 4,000 t 水圧プレスを使用した。

(3) 焼鈍

鍛造完成すれば冷却することなく直ちに 600°C に保温中の電気熱処理爐に装入し、第 2 圖に示す要領で焼準及び球状化焼鈍を行つた。



第 2 圖 焼鈍曲線

Fig. 2 Time-Temperature Curve of Annealing.

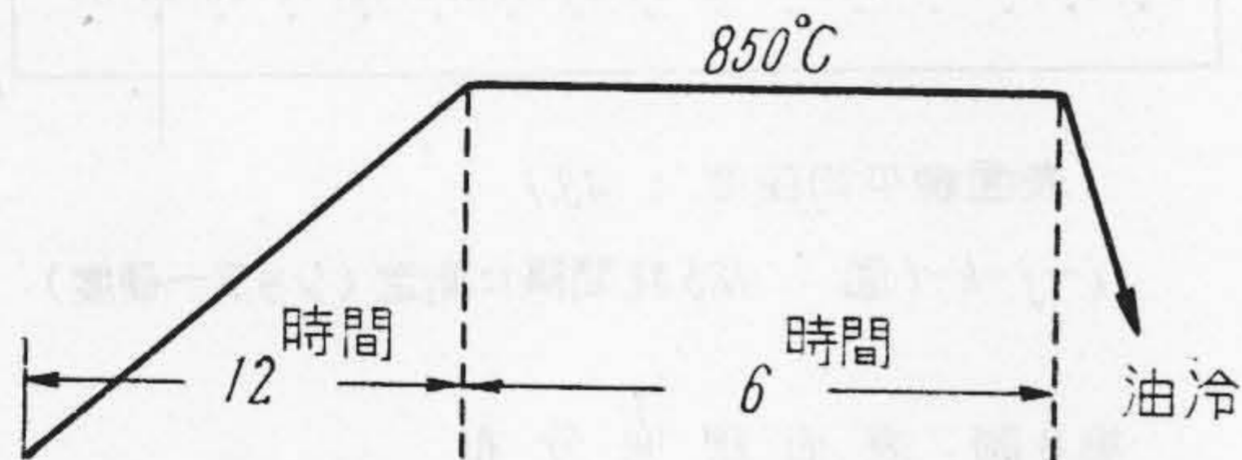
(4) 荒削

焼鈍後平削盤にて各面を荒削し、380 mm × 330 mm × 305 mm の立方體に仕上げる。

(5) 熱処理

(A) 焼入

温度-時間曲線を第 3 圖に示す。この場合の注意事項としては、昇温が急激にならないこと、保持温度を均一にすること、油温を 40°~60°C とすること、油の循環をよくすること等があげられる。



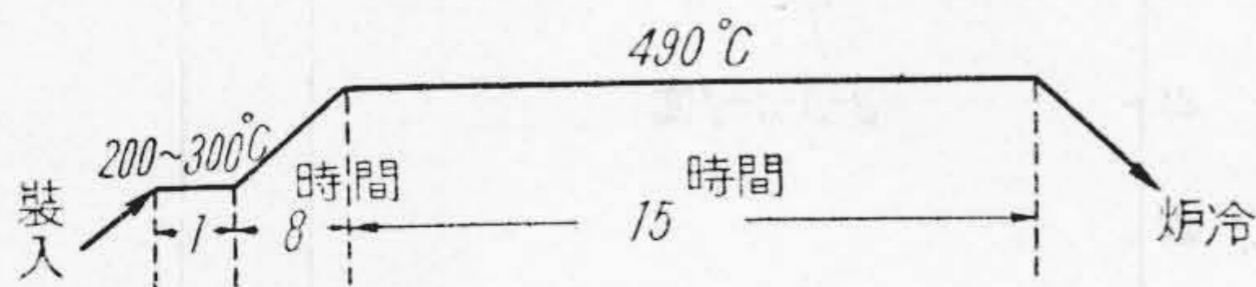
第 3 圖 焼入曲線 (油温 40°~60°C)

Fig. 3 Time-Temperature Curve of Quenching. (Oil Temp. 40°~60°C)

(B) 焼戻

焼入硬度を測定して直ちに第 4 圖に示した焼戻を行う。この場合焼戻爐は 200~300°C に保温して焼戻したものを装入するとよい。

焼入、焼戻作業共電気熱処理爐で行つた。

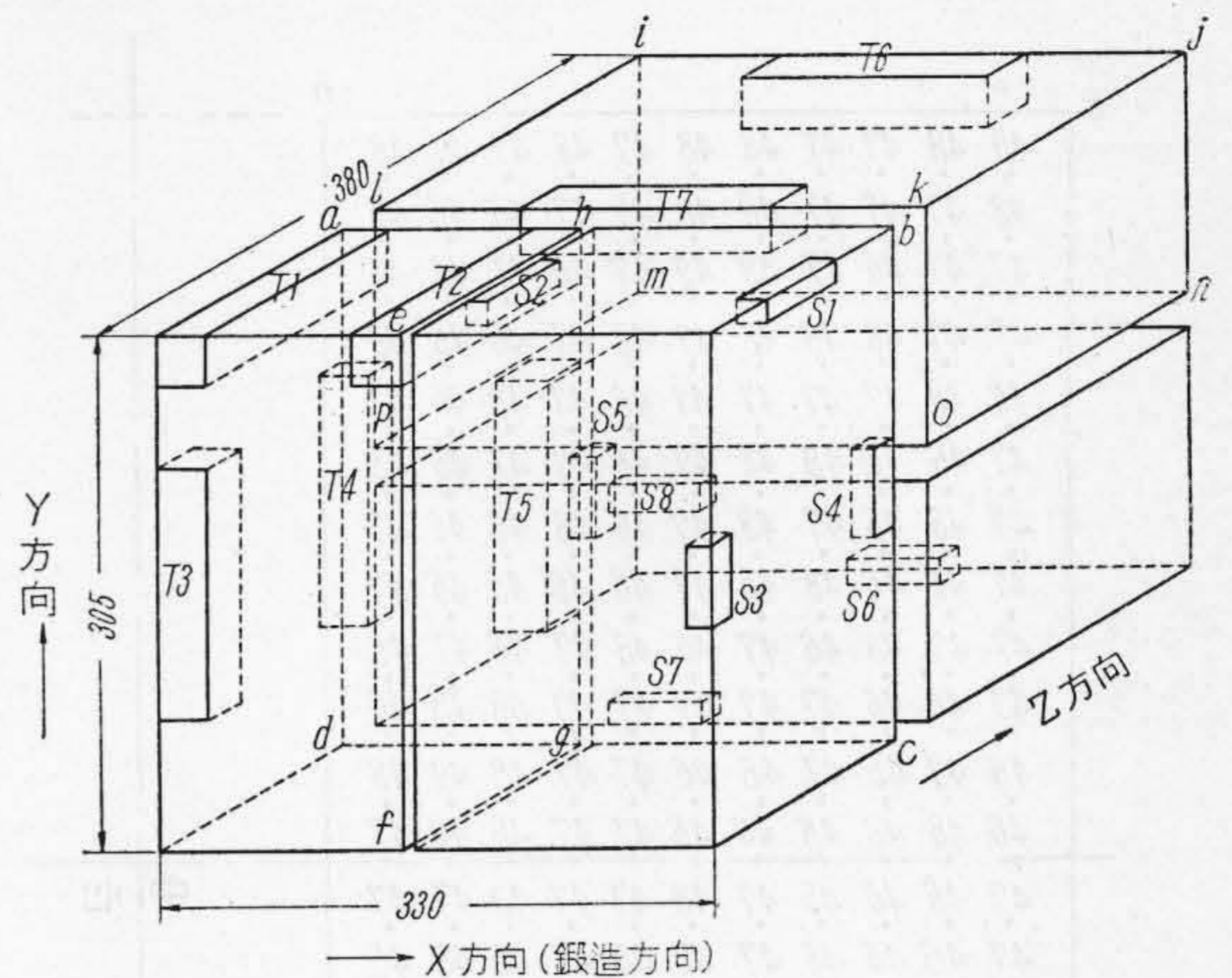


第 4 圖 焼戻曲線

Fig. 4 Time-Temperature Curve of Tempering.

[III] 確性試験結果

先づ表面及び断面の硬度分布をみるため第 5 圖の様に切断した。硬度測定後同圖に示した位置から試験片を採取して内外各部の機械的性質を調べた。



第 5 圖 切断位置並びに試験片採取位置

T—抗張試験片

S—衝撃試験片

Fig. 5 Location of Sections and Test Pieces.

(1) 硬度分布

a-b-c-d 面及び e-f-g-h 面の断面につき、シヨア-硬度計により硬度分布を測定した結果を第 6 圖及び第 7 圖に示す。m-n-o-p 面は破断方法の失敗で試料の肉厚

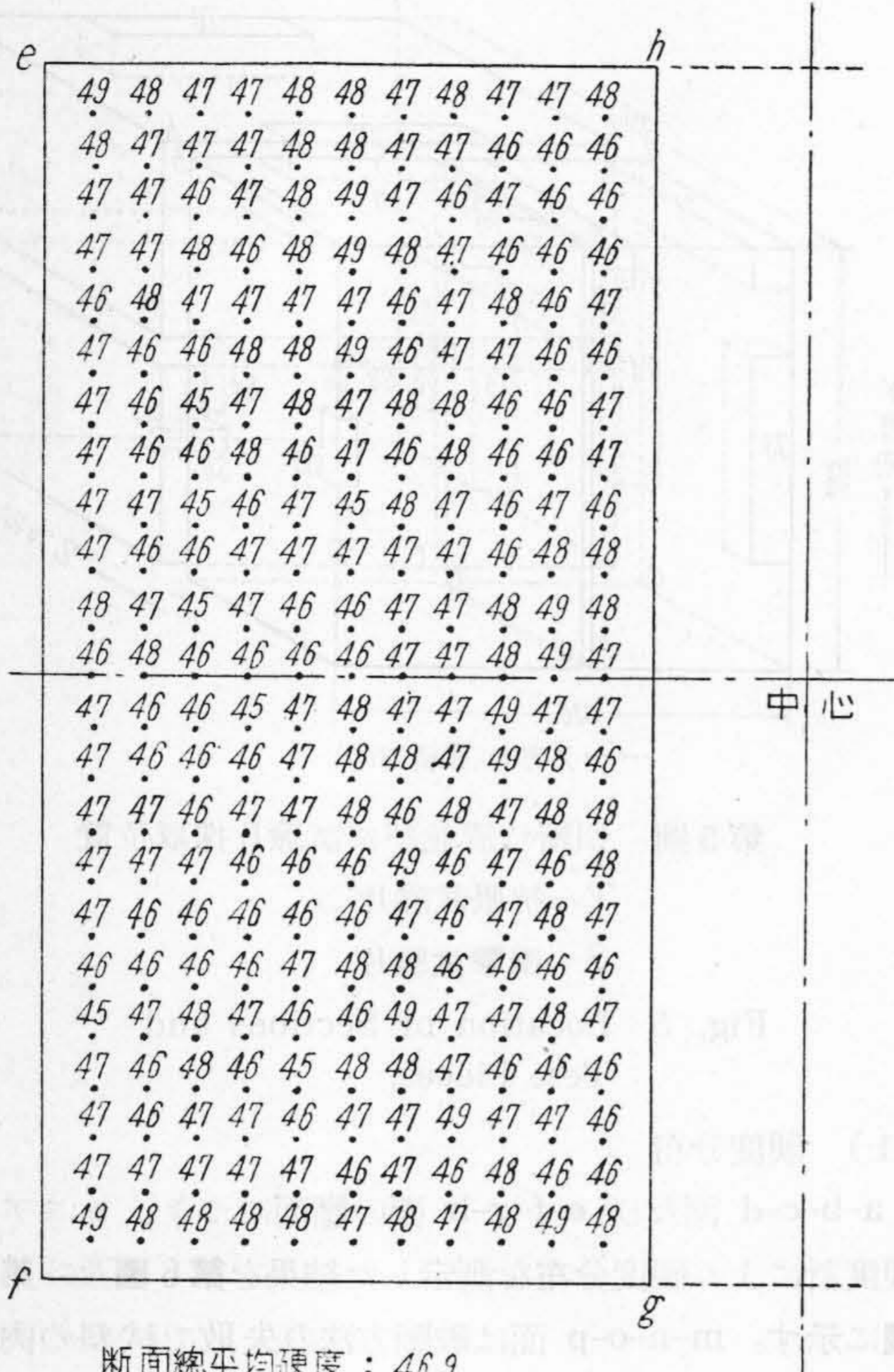


第 6 圖 断面硬度分布

Fig. 6 Hardness Distribution in Section a-b-c-d.

に差を生じたために硬度測定値にむらがあり、甚だ不正確となつたので省略した。尚表面硬度は i-j-k-l 面につき測定し、第 8 圖に示した。

これらの硬度数の平均をとり、表面から中心に至る硬度分布の状況を求めると第 9 圖の様になり、表面と内部



断面總平均硬度：46.9

e-f-g-h 面 12.5 耗間隔に測定 (シヨア-硬度)

第 7 圖 断面硬度分布

Fig. 7 Hardness Distribution in Section e-f-g-h.

ではシヨア-硬度で最大 3° の差があることが判る。

(2) 機械的性質

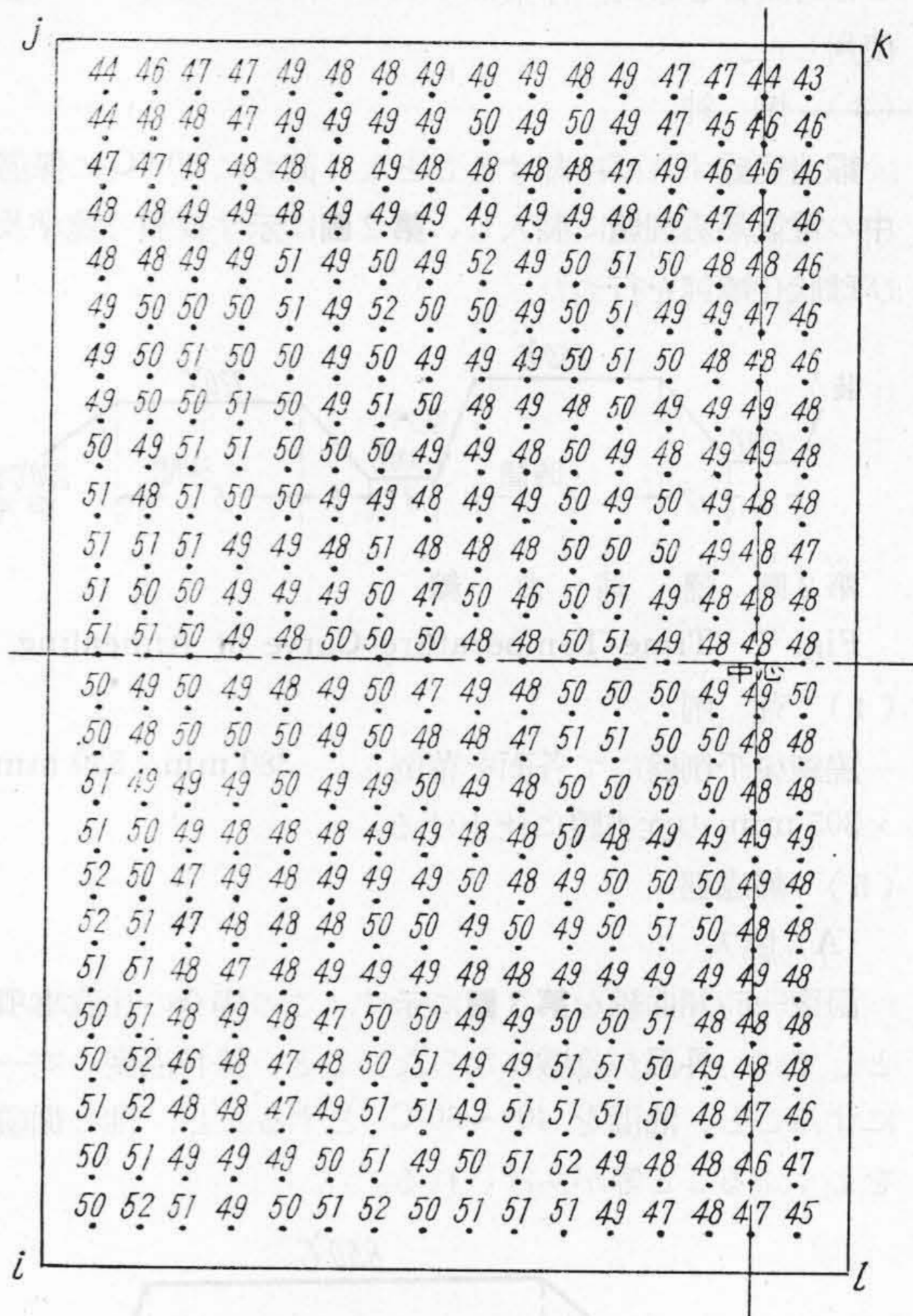
第 5 圖に示す各位置から X, Y, Z の三方向に抗張及び衝撃試験片を採取した。これらの結果を第 3 表に示す。

[IV] 結果の検討

機械的性質が X, Y, Z 三方向につき調べた所何れの方向も餘り差がなく、このことは特に鍛造方法の適確であつたことを證明している。内部が外部よりも若干韌性値の低下があり、且つ硬度に於てもシヨア-で 3° の差が表われているがこの原因として考えられることは

- (1) 中心部の材質劣下、(2) 質量効果の二點がある。

先づ中心部の材質の點であるが、鋼塊内部は外部に比較して材質の低下することは衆知の事であるが、比較のため外周部及び中心部の非金屬介在物の分布狀況を調査した所殆んど差が認められなかつた。そこでこの場合、(1)は餘り問題として取あげる必要もないと考えた。

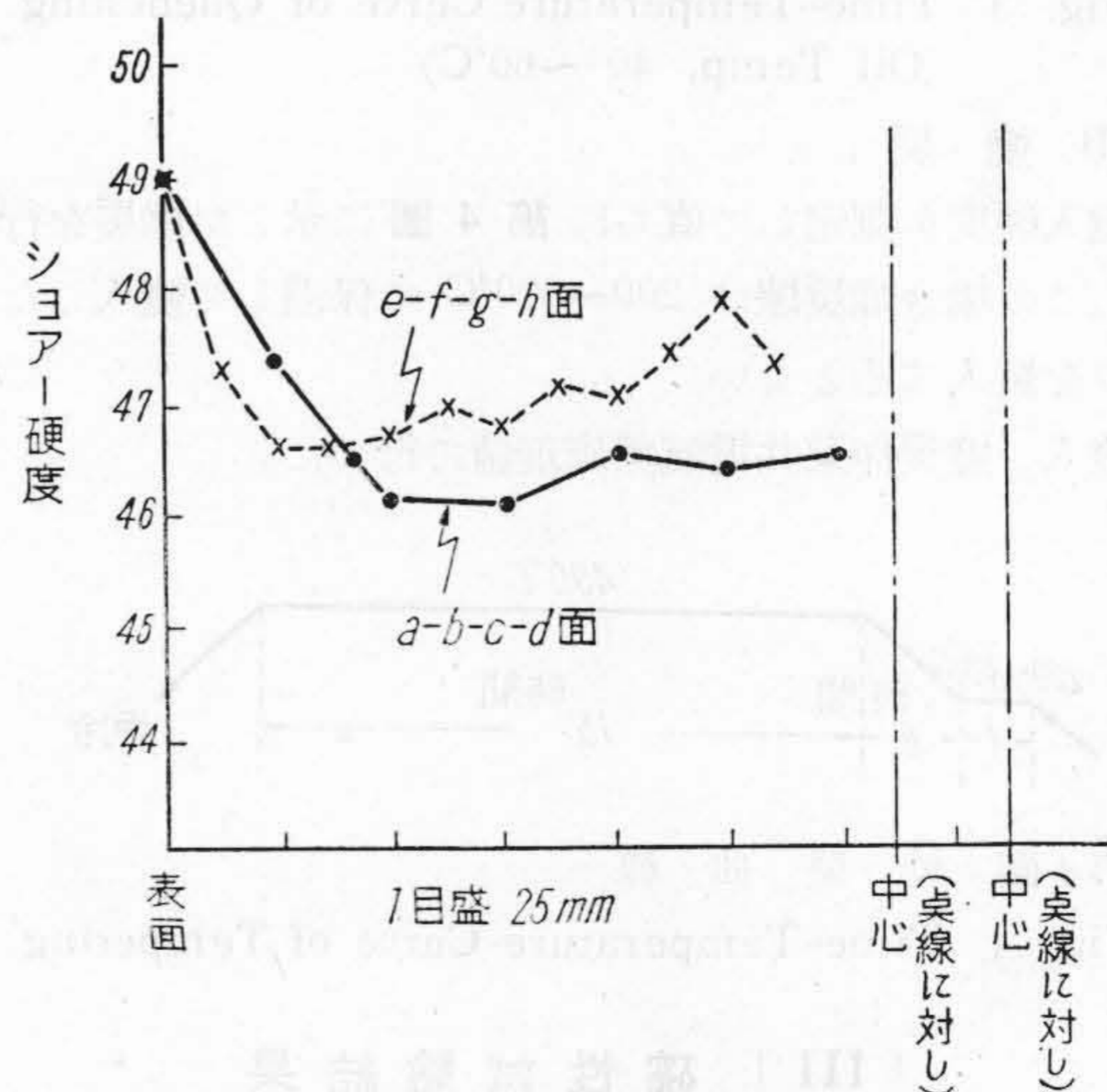


表面總平均硬度：49.1

i-j-k-l 面 12.5 耗間隔に測定 (シヨア-硬度)

第 8 圖 表面硬度分布

Fig. 8 Hardness Distribution on Surface.



第 9 圖 断面平均硬度分布 (表面硬度數 49.1° は i-j-k-l 面の總平均値を採る)

Fig. 9 Hardness Distribution. (Mean Value in Section)

第3表 内外部に於ける機械的性質

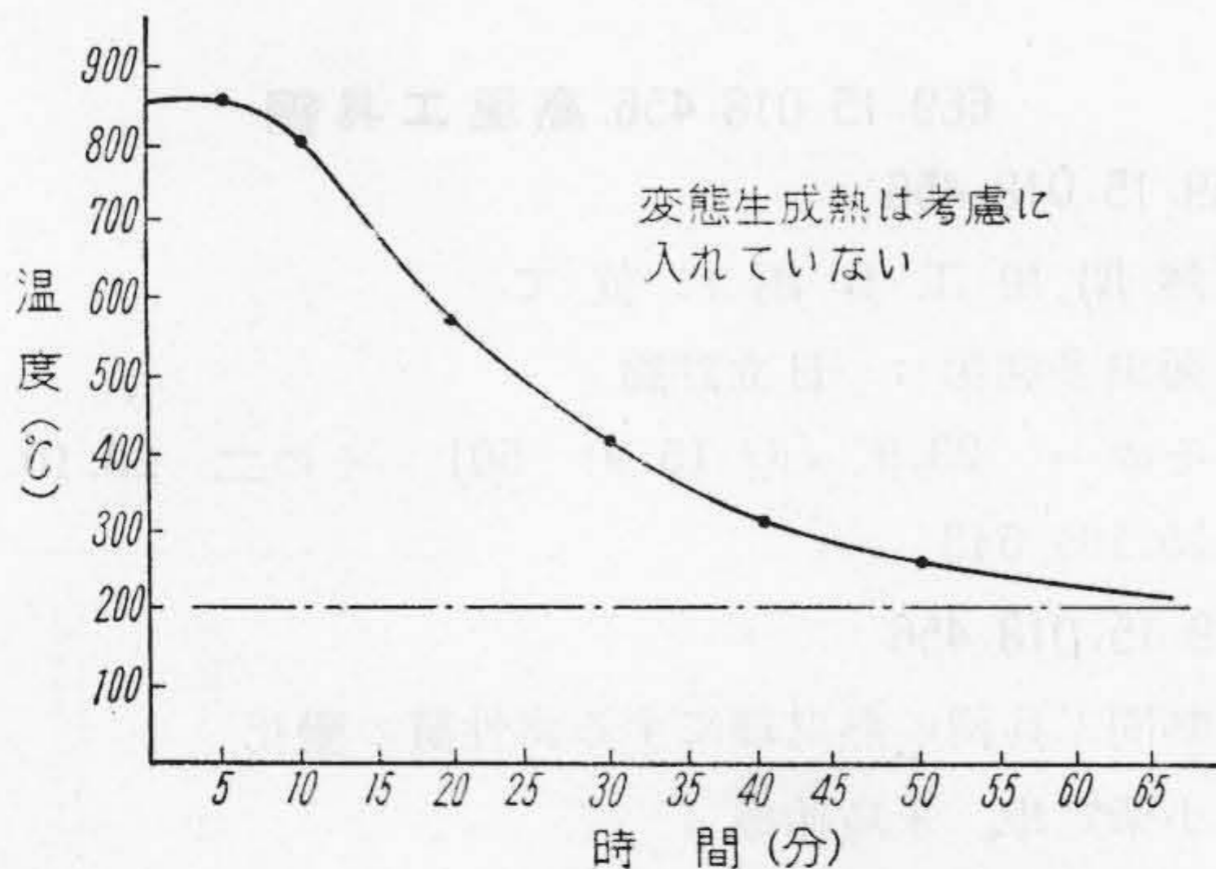
Table 3 Mechanical Properties.

| 試料 No. | 抗張力 | 降伏點 | 伸 % | 絞 % | 試料 No. | シャル ピー値 | 採取 方向 |
|-----------|--------------------|--------------------|--------|--------|-----------|----------------------|----------|
| | kg/mm ² | kg/mm ² | | | | kg-m/cm ² | |
| T-1 | 120.3 | — | 14.8 | 40.5 | S-1 | 4.40 | Z |
| T-2 | 115.3 | — | 15.4 | 39.7 | S-2 | 4.40 | Z |
| T-3 | 117.5 | — | 13.2 | 37.1 | S-3 | 3.41 | Y |
| T-4 | 118.4 | — | 12.0 | 27.8 | S-4 | 3.14 | Y |
| T-5 | 118.7 | — | 11.0 | 22.8 | S-5 | 3.27 | Y |
| T-6 | 120.8 | — | 13.2 | 34.8 | S-6 | 4.10 | X |
| T-7 | 113.5 | — | 14.0 | 32.7 | S-7 | 3.54 | X |
| | | | | | S-8 | 3.41 | X |

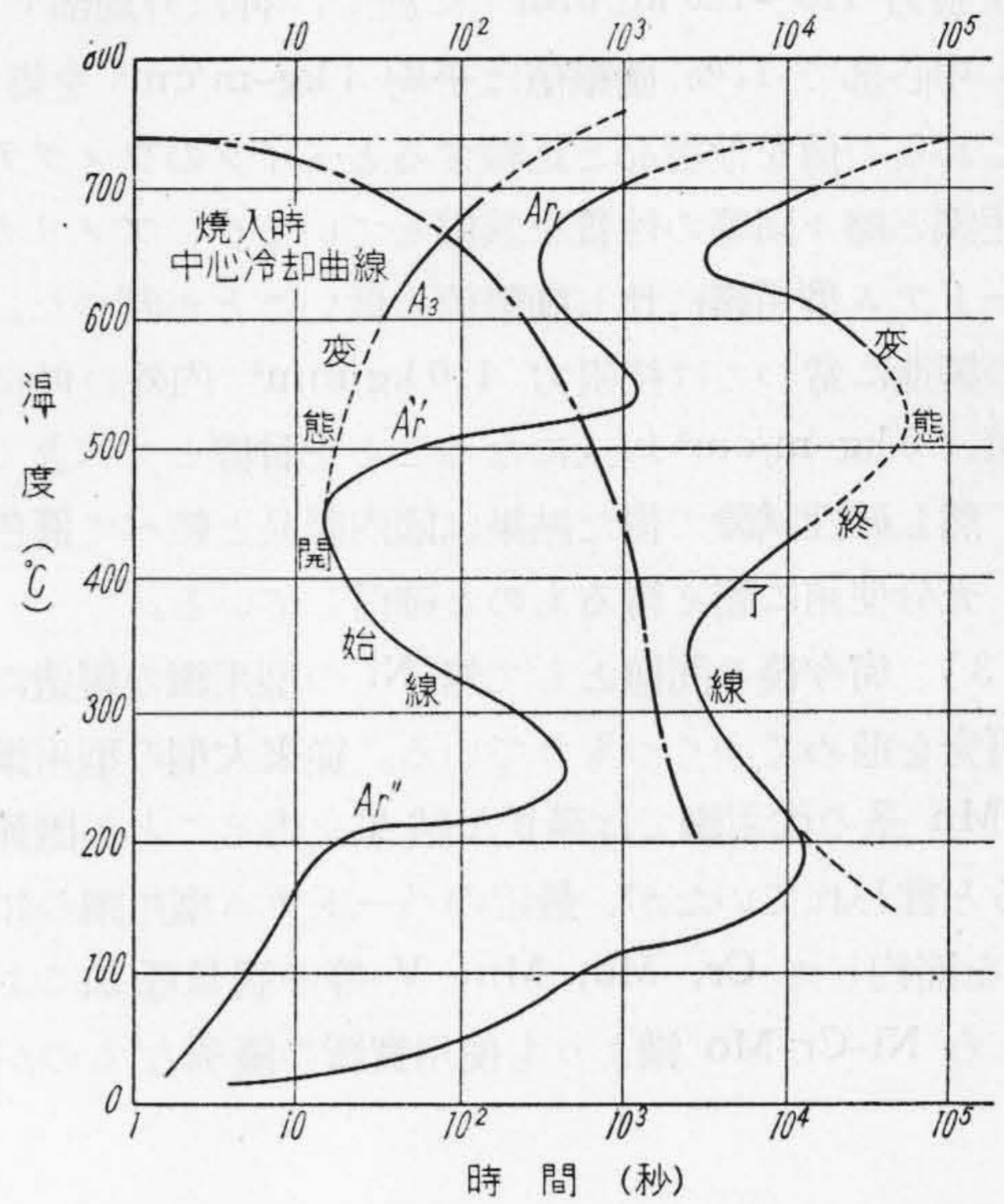
次に(2)の點であるが、この程度の大きさのものであれば當然内外の焼入効果に差が生ずるわけで、これをやゝ定量的に求めるために焼入時に於ける中心部の冷却速度を實驗及び計算より求め、恒温變態曲線を参照して内部の變態の状況を推察してみた。

著者等は先に 230 mm×230 mm×250 mm の Ni-Cr-Mo 鋼製型用鋼につき、油焼入中の中心部冷却速度を實驗により求め、一方熱傳導の計算式¹⁾によつて冷却速度を求め両者が合致する様な計算上の諸常數を求めたことがある。今回はこれらの諸常數を使つて 380 mm×330 mm×305 mm のものゝ中心部に於ける冷却速度を計算した所第10圖の結果を得た。(これらの計算では變態による生成熱は考慮外としたが、唯變態生起前後何れの場合にも出来るだけ實驗の冷却曲線と合致させる様にした。)

第10圖の冷却曲線を恒温變態曲線上にプロットすると第11圖の様になる。連続冷却變態と恒温變態とは勿論同一のものでなく、この様にS曲線を利用して連続冷



第10圖 焼入油冷時に於ける中心部冷却速度曲線
Fig. 10 Cooling Curve of Centre when Quenching.



第11圖 焼入油冷時に於ける中心部冷却曲線とS曲線との關係

Fig. 11 Relation between Cooling Curve of Centre when Quenching and S-Curve.

却變態を推定することは正確ではないが一應の目安を得るのには便利である。

第11圖から判断した所中心部に於ては冷却途中 Ar' 變態を約 75% 終了し、且つその前に A₃ 變態を若干起すためにフェライトの析出することが判る。このことは顯微鏡組織を調べた結果とよく一致している。所が表面は臨界冷却速度以上の速度で冷却をなし、フェライトの析出もなければ、Ar' 變態も起さないで、Ar'' 變態のみとなり、200°C 附近でオーステナイトはマルテンサイトに變態する。

この様に表面と中心部とでは全く冷却速度が異なるために焼入効果に差異を生じ、硬度差や機械的性質に差異を生ずるものと考えられる。従つて出来るだけ内外均質にするためには焼入油の量を充分多量にして然かも強力な循環を起させて中心部の冷却速度を大きくして焼入効果を充分大ならしめる必要がある。

[V] 結 論

以上の確性試験の結果から結論として次のことがあげられる。

- (1) 内外の硬度差がショア硬度で 3° 以内であり寸法の大きさから考えて比較的均一なものと言える。
- (2) 機械的性質は方向による差が餘りなく、鍛造方法の適切であつたものとする。

抗張力 115~120 kg/mm² に於て、伸は外周部で 15%、中心部で 11%、衝撃値は平均 4 kg-m/cm² を得た。

これらの値を他製品と比較するとドイツのウィツテン型用鋼と略々同等の性質を具備しているが、アメリカのハードテム型用鋼に比し衝撃値の低いことが判つた。今後の製造に當つては抗張力 110 kg/mm² 内外の時に衝撃値は 6 kg-m/cm² 以上になることを目標とすべきである。然し確性試験で得た結果は國內製品と較べて遜色なく、充分使用に耐え得るものと確信している。

(3) 尙今後の問題として無 Ni の型用鋼の製造に關し研究を進めてゆくつもりである。従來大型の型用鋼に Cr-Mn 系の代用鋼では満足な結果を得ることが困難であると言われていたが、最近のハードテム型用鋼の如く Ni を節約して Cr, Mo, Mn, V 等の適量添加によりむしろ Ni-Cr-Mo 鋼よりも使用実績の優秀なものが製

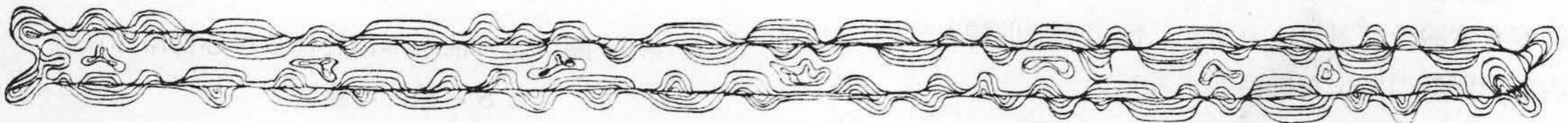
造されていることが判つた。Ni の乏しい我國に於ては當然 Ni の極度の節減をはかつてゆくべきであると考え

(4) 内外性質の均一化及び靱性値の向上をはかるために焼入方法に一層の改良を加え、内部への焼入効果の増大を期さねばならない。

最後に本研究を行うに當り、村上武次郎先生に種々御指導を頂き、又松垣部長、泉課長から終始御鞭撻と御指導を頂いたことを厚く御禮申上げる。尙基礎實驗には日立研究所小野課長、根本正氏等の御協力を賜つたことを深謝する。

参 考 文 献

- (1) 川下研介、「熱傳導論」366 (昭 18)



(第 78 頁よりつづく)

UDC 669(048.1)

冶金工學に關する日立評論・既刊の論文集 (その五)

669. 15. 27 タングステン鋼

669. 15. 018. 252. 3 : 621. 9. 014

高速度鋼の切削耐久力に及ぼす熱處理の影響に就て
小柴定雄 ; 日立評論 24. 9 (昭 16. 9) 369

669. 15. 018. 252. 3-157

高速度鋼工具の焼戻に就て
小柴定雄 ; 日立評論 23. 6 (昭 15. 6) 343

669. 15. 018. 252. 3. 868. 4-15

高速度鋼原子水素盛金の熱處理
西宮忠藏、村松隆一 ;
日立評論 25. 6 (昭 17. 6) 330

669. 15. 018. 29 構造用鋼

669. 15. 018. 29

構成用特殊鋼材の物理的性質に及ぼすタンゲステンモ
リブデンバナヂウムの影響
菊田多利男、芥川武 ;
日立評論 21. 4 (昭 13. 4) 335

669. 15. 018. 29

超強靱鋼に就て
芥川 武 ; 日立評論 22. 12 (昭 14. 12) 761

669. 15. 018. 29

代用強靱鋼に就て

芥川 武 ; 日立評論 23. 2 (昭 15. 2) 113

669. 15. 018. 29

強靱特殊鋼の軟化に關する研究
菊田多利男、佐藤英雄 ;
日立評論 25. 2 (昭 17. 2) 105

669. 15. 018. 296

航空機構造用鋼の S 曲線
水戸行男 ; 日立評論 27. 3 (昭 19. 3) 176

669. 15. 018. 456 高温工具鋼

669. 15. 018. 456

熱間用工具鋼に就て
菊田多利男 ; 日立評論
その一 23. 9 (昭 15. 9) 501 其二 23. 10 (昭
15. 10) 543

669. 15. 018. 456

熱間工具鋼の熱處理にする諸性質の變化
小柴定雄、永島祐雄 ;
日立評論 27. 4 (昭 19. 4) 215

(第 96 頁につづく)