

鍛鋼品の機械的性質の方向性について

泉 八 郎*

The Directional Mechanical Properties of a Forging Steel

By Hachirō Izumi

Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

As a means to clarify the uniformity of a forging steel, its mechanical properties for different forging directions were investigated. If it is defined as the directional ratio of mechanical properties, it can be expressed as ; —

$$\text{Directional ratio} = \frac{\text{Mechanical properties at right angles to the forging direction}}{\text{Mechanical properties in the forging direction}} \times 100\%$$

Investigating into each of the factors affecting the directional ratio, the following conclusions were obtained.

- The smaller the size of a steel ingot is, the larger the directional ratio is.
- The smaller the A group non-metallic inclusion is, the larger the directional ratio is.
- The larger the forging factor of solid forging is, the smaller the directional ratio is.
- The directional ratio can be made larger to a certain extent by combining the solid forging and up-setting forging.
- The directional ratio can be increased in some degree through heat treatment.

[I] 緒 言

鋼塊中には偏折、非金属介在物その他組織の差異等、種々の缺陷あるため、これより鍛造加工により完成した製品も當然不均質なものである。

本論文では、この不均質の一である機械的性質が、製品の各方向で差異する状況を調査すると共に、出来るだけその差異を少なくする方法を求めた。

[II] 方向性の定義

著者は、鍛鋼品の機械的性質が各方向で差異する状況を現わす爲方向比なる言葉を採用した。この意味は

$$\text{方向比}(\%) = \frac{\text{鍛造方向に直角方向の機械的性質}}{\text{鍛造方向の機械的性質}} \times 100\%$$

鍛造方向に直角方向は所謂切線方向と半径方向とあるが今後述べる處は特別の説明ない限り、すべての切線方向をとる事にする。機械的性質としては、抗張力、降伏點伸、絞、シャルピー衝撃値、屈曲角度を採用した。

[III] 鋼塊の大きさと方向比について

錦織氏⁽¹⁾が1t., 0.5t., 0.25t. の Ni Cr 鋼塊を鍛造して鋼塊よりの組織の變化について調べられているが、これを方向比の關點からみると第1圖の様になる。即ち

(イ) 抗張力、降伏點は鋼塊の大きさに殆んど關係なく95~105% の範圍である。

(ロ) 伸は約75~90% の範圍にあり、鋼塊小なる程

* 日立製作所日立工場

方向比は大きくなっている。

(ハ) 絞は 65~85% と伸より悪く、鋼塊小なる程方向比は大きくなっている。

(ニ) シャルピー衝撃値は 35~80% と非常に不規則で値は小さいが、鋼塊小なる程方向比は大となっている。

著者の試験せるもので、タービンに用いられる第一段兒齒車 (Ni Cr 鋼製) の結果をみると、800 kg 鋼塊で

73%、2t 鋼塊で 50%、5t 鋼塊で 28% と合格率は、鋼塊の大なる程悪くなっている。

[IV] 非金屬介在物と方向比について

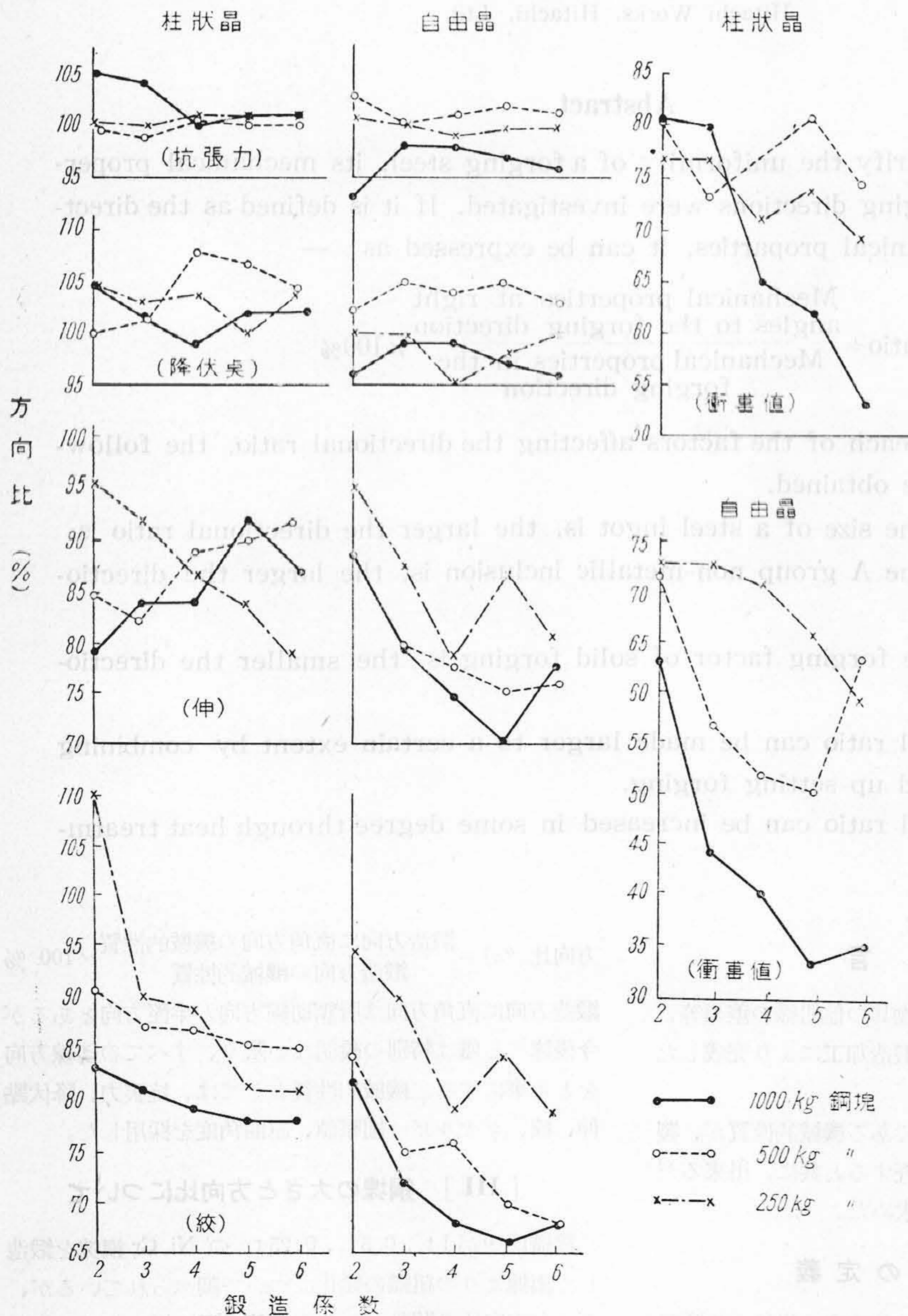
鋼塊中の非金屬介在物は、學振法による A 類と B 類とに分類され、前者は加工により粘性變形をなし、後者は加工により變形されないものである。従つて非金屬介在物が方向比に影響するとすれば、主として A 類が関係する

とは容易に豫想される處である。これに關しては、内山氏⁽²⁾の實驗によると、方向比は實體鍛造係數 4 迄小となる傾向をとり、4 で略々飽和状態となり、抗張力で 80%、絞 25% となっている。この原因として A 類中の MnS をとりあげて居る。著者の試験せるタービン用第一段兒齒車の 22% 溶解の例に於て、第 1 表の如く比較的介在物の少ないもの、方向比は、MnS の多い場合に比較して、抗張力、降伏點は若干小となっているが、伸、絞、衝撃値は大となつて居る。

[V] 鍛造方法と方向比について

(1) 實體鍛造と方向比について

内山氏⁽²⁾の MnS 介在物を多く含んだ快削鋼の例で方向比と鍛造係數との關係を求めると第 2 圖の如く鍛造係數 4 迄は急激に方向比は小となり、4 以上ではほぼ飽和して一定値となっている。又第 1 圖に於ても、ほぼ同一の狀況を示している。第 1 圖で鋼塊の柱狀晶部と自由晶部とでは、方向比の中、強度については餘り差がないやうであるが韌性値に於ては自由晶部の方

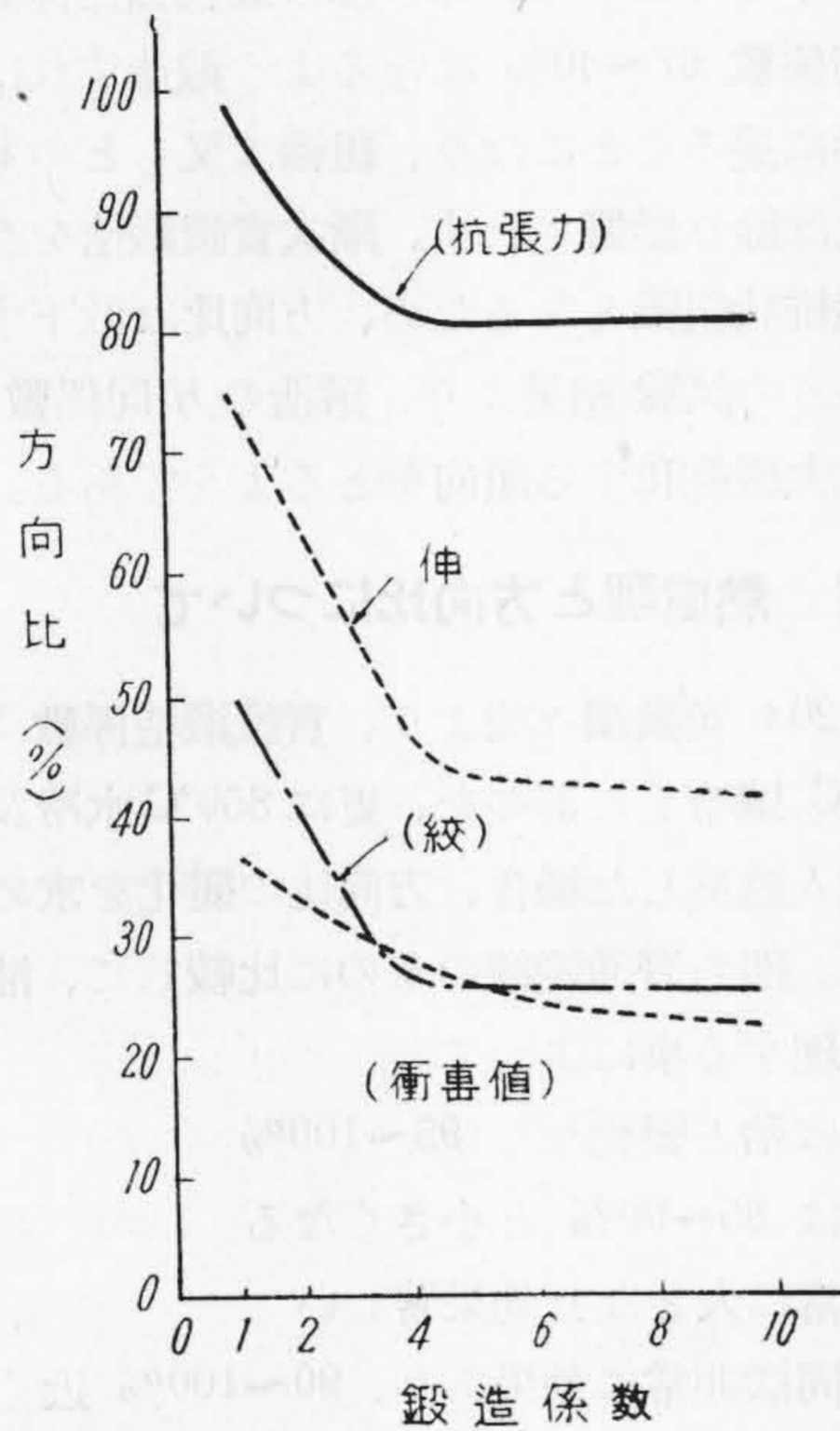


第 1 圖 鋼塊の大きさ別と方向比
Fig. 1 Relation between Ingot Size and Directional Ratio of the Mechanical Properties.

第1表 MnS 介在物の大なる NiCr 鋼子歯車の方向比

Table 1 The directional ratio of a forging NiCr pinion included larger MnS.

	抗張力	降伏点	伸	絞	衝撃値
MnS の多い場合	102	103	78	52	35
通常の平均値	96~100	96~100	80~90	65~70	45~55



第2圖 MnS を多く含んだ快削鋼の鍛造係数と方向比
Fig. 2 Relation between Forging Factor and Directional Ratio of the Mechanical Properties in the Free Cutting Steel which Conclude much Inclusion MnS.

第2表 35t 炭素鋼塊中心部の鍛造係数と方向比
Table 2 Relation between forging factors and Directional ratio at the center parts of the 35 t Carbon Steel ingot.

鍛造係数	抗張力	降伏点	伸	絞	衝撃値	屈曲
2	100	95	80	74	70	30
4	98	100	68	56	83	34
8	98	110	56	54	48	30
16	94	100	55	55	27	29

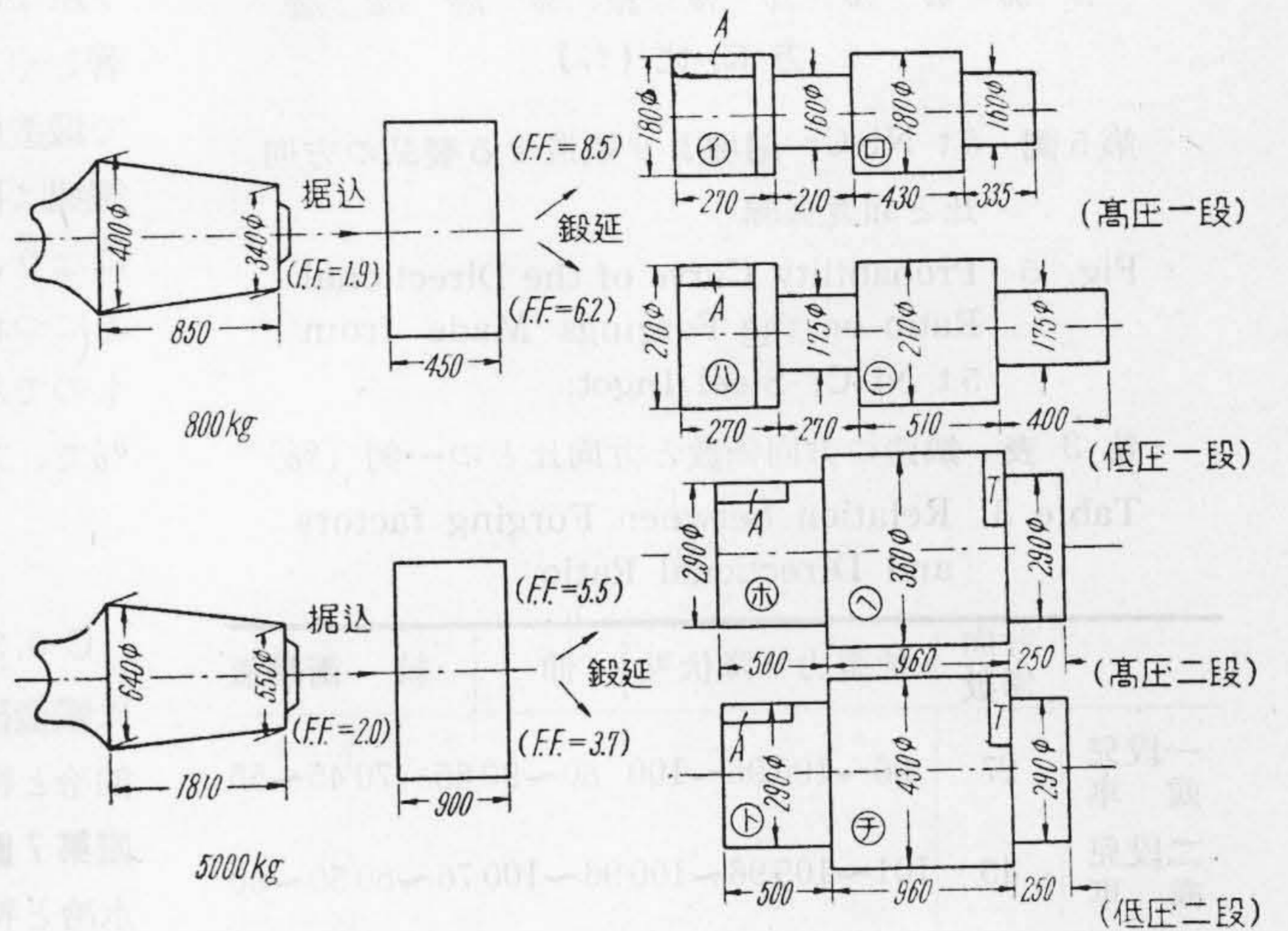
が若干小である事が認められるが、鋼塊中心部の缺陷にもとづくものであることが豫想される。このことは、著者の C0.29% の 35t 炭素鋼塊の中心部 450 mm φを

削り出した試料につき、實體鍛造係数と方向比との関係を求めると、第2表の如く靱性値に於てかなり小さい値を出していることと良くあつている。

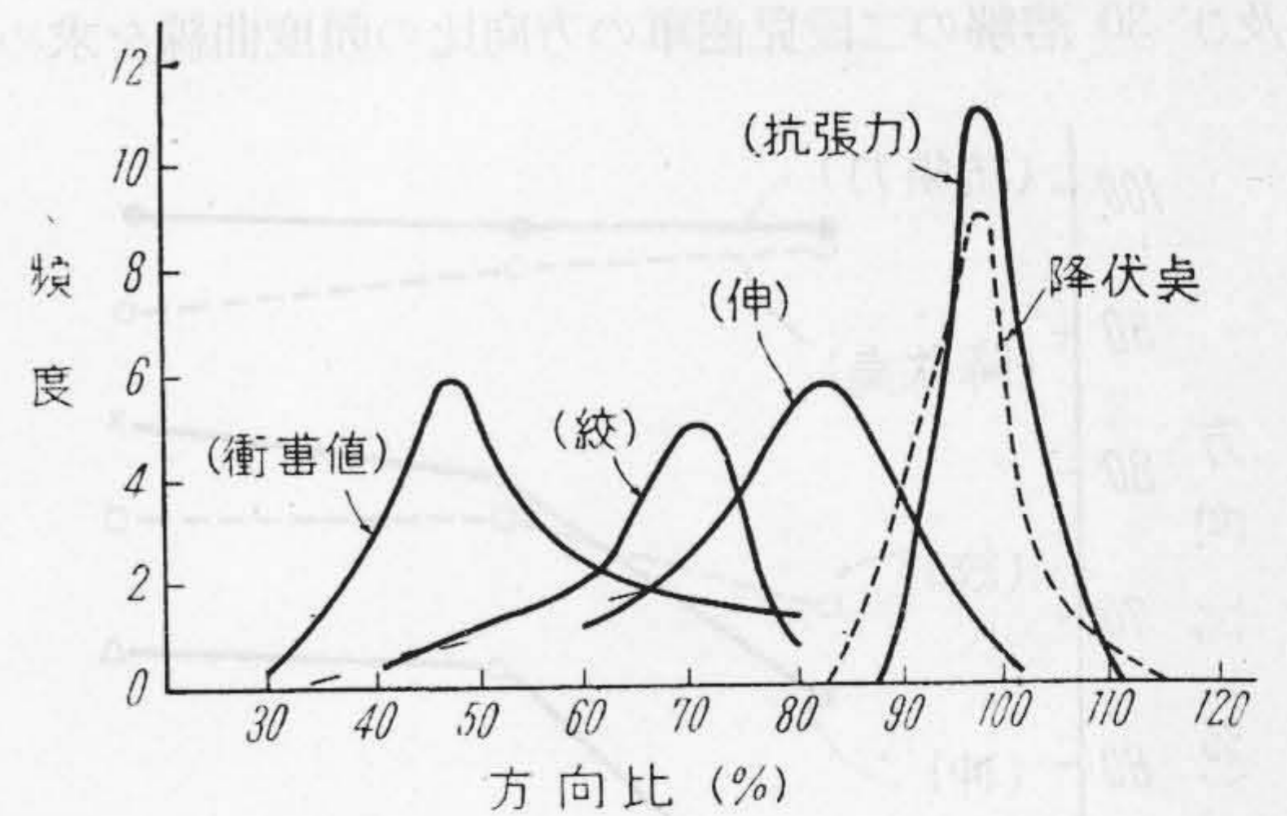
(2) 實體鍛造と据込鍛造とを組合した場合の方向比について

著者は鍛造の方向係数なる比率を下記の様に定義する。

$$\text{鍛造の方向係数} = \frac{\text{据込鍛造係数}}{\text{實體鍛造係数}} \times 100\%$$



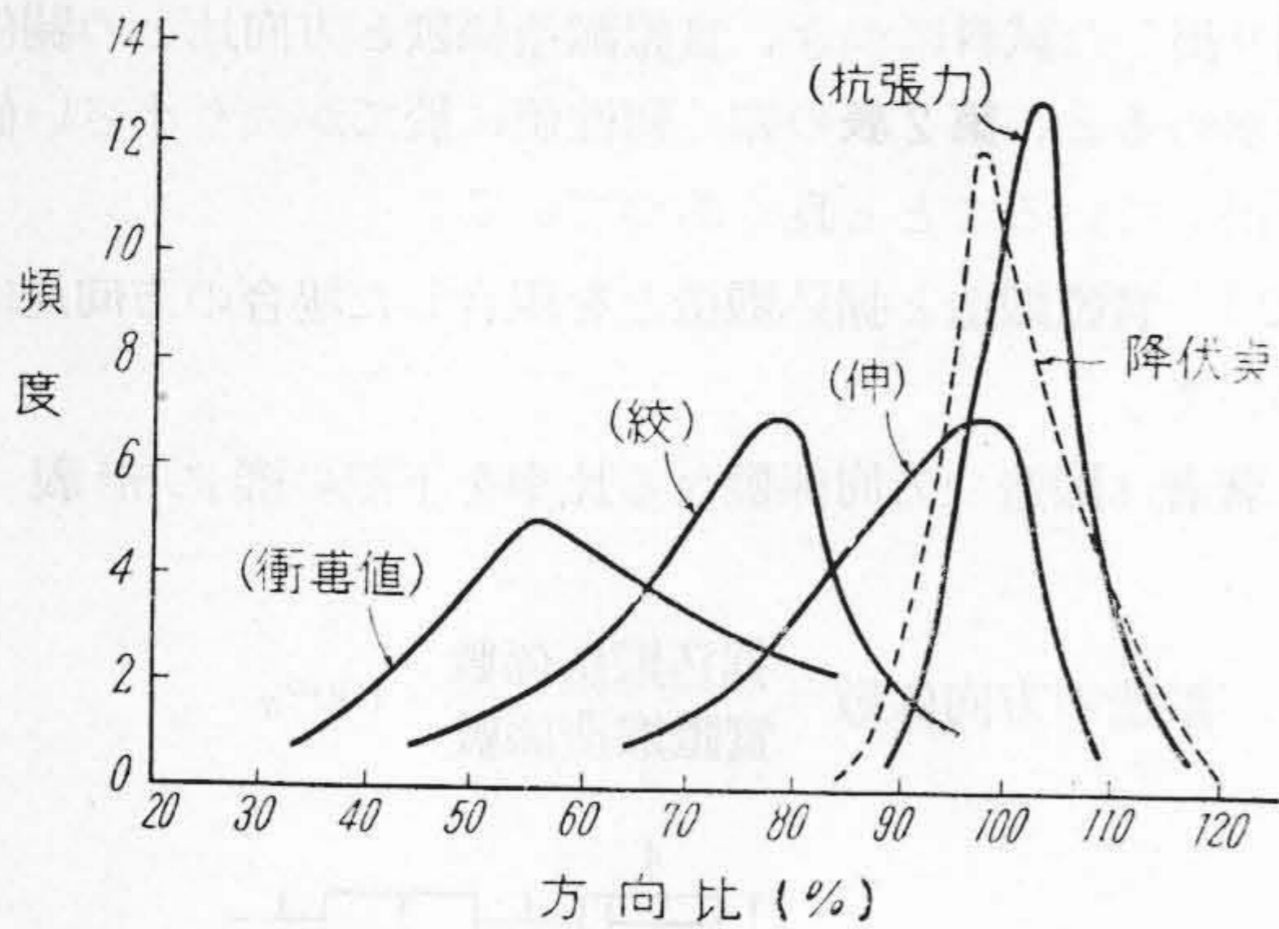
第3圖 兒齒車鍛造方案及び試片採取位置
Fig. 3 Forging Method of the Pinions and Test Piece Location.



第4圖 800 kg Ni-Cr 鋼塊より鍛造せる製品の方向比の頻度曲線

Fig. 4 Probability Curve of the Directional Ratio on the Forgings Made from 800 kg Ni-Cr Steel Ingot.

今第3圖にタービン用兒齒車の鍛造方案及び抗張試験及び衝撃試験用試片の採取位置を示した。この場合の方向係数を計算すると、圖中の(イ)(ハ)(ケ)(チ)で各々



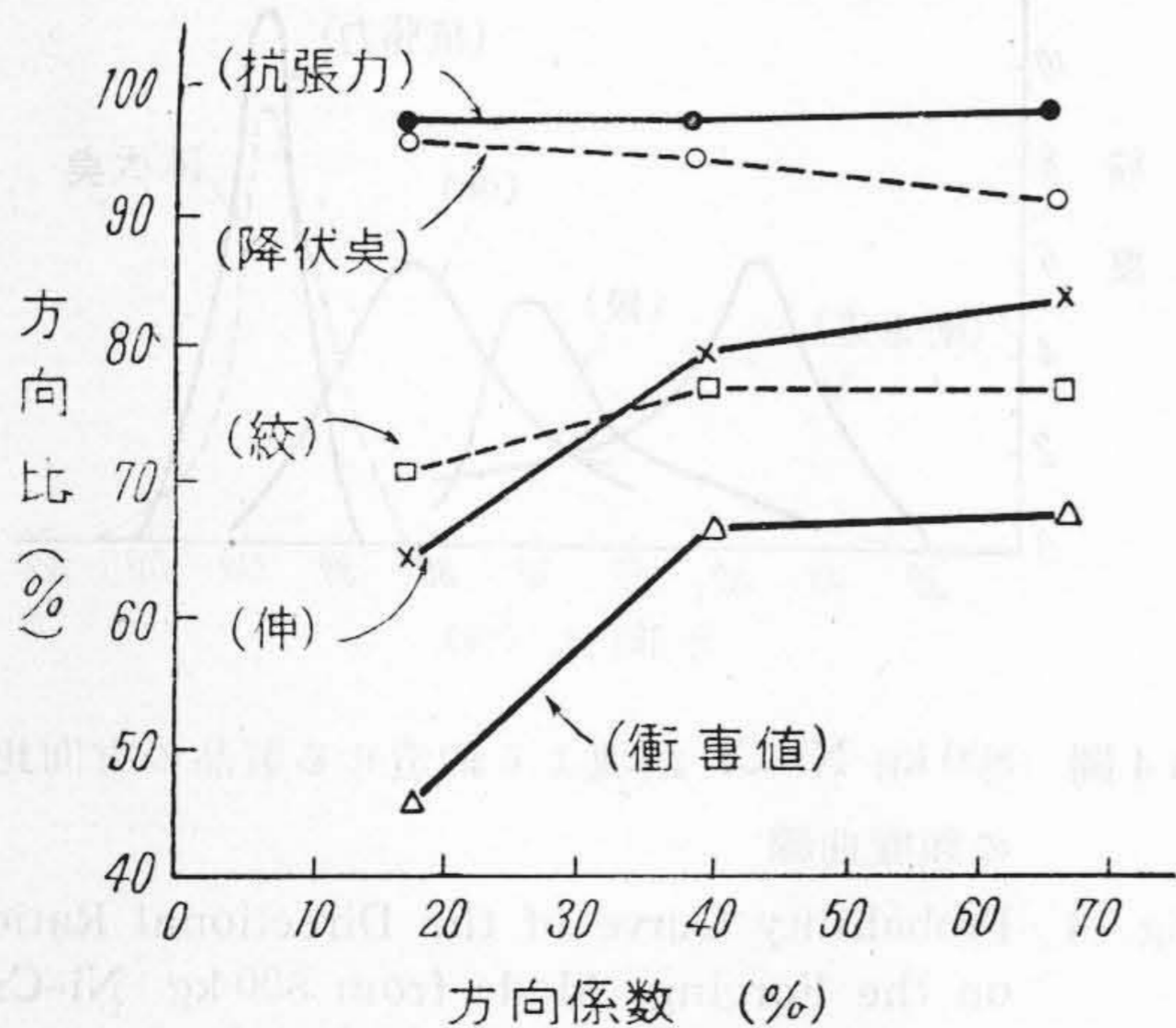
第5圖 5t Ni-Cr 鋼塊より鍛造せる製品の方向比と頻度曲線

Fig. 5 Probability Curve of the Directional Ratio on the Forgings Made from 5t Ni-Cr Steel Ingot.

第3表 鍛造の方向係数と方向比との一例 (%)
Table 3 Relation between Forging factors and Directional Ratio.

	方向係数	抗張力	降伏点	伸	絞	衝撃値
一段兒齒車	27	96~100	96~100	80~90	65~70	45~55
二段兒齒車	45	101~105	96~100	96~100	76~80	50~60

$\frac{1.9}{8.5} = 22\%$, $\frac{1.9}{6.2} = 31\%$, $\frac{2.0}{5.5} = 36\%$, $\frac{2.0}{3.7} = 54\%$ で、平均値をとつて一段兒齒車及び二段兒齒車の方向係数は、夫々 27% 及び 45% となる。又 22 溶解の一段兒齒車及び 30 溶解の二段兒齒車の方向比の頻度曲線を求める



第6圖 2t Cr-Mo 鋼塊の方向係数と方向比

Fig. 6 Relation between Directional Forging Factor and Directional Ratio of the Mechanical Properties.

と、夫々第4圖及び第5圖の如く、これが頻度の異なる方向比をとつてみると、第3表の如く強度に於て殆んど差はないが、靱性値に於て二段兒齒車の方が大となつて居る。これは第3章で述べた鋼塊の大なる程、方向比は小なる結果に反しているが、この理由として方向係数を考えてみたいのである。

また 2t CrMo 鋼に塊を据込係数 2 で据込鍛造後、鍛造の方向係数と方向比との關係を求めると、第6圖の如く方向係数 67 及び 40% では各機械的性質とも餘り差はないが、18% になると強度を除いては、靱性値は著しく方向比は小さくなつて居る。即ち最初据込係数 2 で鍛造後、方向係数 67~40% になるよう鍛造すれば、鋼塊は再び原形に戻る事になり、組織は又もとのものになり、方向比は餘り影響されず、漸次實體鍛造を進めるにつれより纖維狀組織となるため、方向比は低下するものである。多くの試験結果より、鍛造の方向係数 75% で、方向比は大體飽和する傾向をとるようである。

[VI] 熱處理と方向比について

C 0.32% の 20t 炭素鋼々塊より、實體鍛造係数 5.5 に鍛造後、850°C 爐冷したものを、更に 850°C 水冷及び油冷と特別に焼入焼戻した場合、方向比の變化を求めた處第7圖を得た。即ち普通焼鈍のものに比較して、油冷水冷と特別熱處理する事によつて

- (イ) 抗張力は殆ど變化なく 95~100%
- (ロ) 降伏点は 85~90% と小さくなる
- (ハ) 伸は非常に大となり効果著しい
- (ニ) 絞も伸同様非常に効果あり、90~100% 近くに向上している
- (ホ) 衝撃値は不規則
- (ヘ) 屈曲試験に於て屈曲角度は殆ど 180° に向上し 100% 近くになつて居る。

[VII] 結果の検討

前章迄各條件毎に方向比を検討してきたが、勿論各條件は完全に獨立しているものではなく、相互に關連するものである。

鋼塊の大きさに於て、小さければ従つて溶解爐も小さく充分な溶解精練が望まれると同時に、造塊後に於ける偏析も小さく又介在物も充分制御出来る事が豫想される。従つて完成された鍛鋼品についても鋼塊が小さい程均質となり方向比は大きくなる傾向を有する。

鍛造作業に於ては、實體鍛造のみでは鋼塊中の偏析、介在物中のA類のものは、鍛造比ますにつれ漸次鍛造方向に流れ、所謂纖維狀組織となる事は衆知の通りである。そして鍛造係数 4 迄はこの傾向は強く、4 以上にな

ると餘り變化なくなつてくる爲に、方向比も鍛造係數ますにつれ小さくなり、鍛造係數4以上では餘り變化なくなつてくるようである。しかし實體鍛造に、据込鍛造を組合せると、兩者の加工度の割合即ち加工の方向係數の如何によつて、鍛鋼品の組織にしても、介在物中のA類の形狀にしても、異つて來る爲、方向比も亦變化することは當然なことである。

更に鍛鋼品を普通の焼鈍作業以外に、焼入焼戻の特別熱處理を行なう事に依つて、鍛鋼品自體の組織はよりちみつ均質となる爲、方向比は大となる事が豫想される。

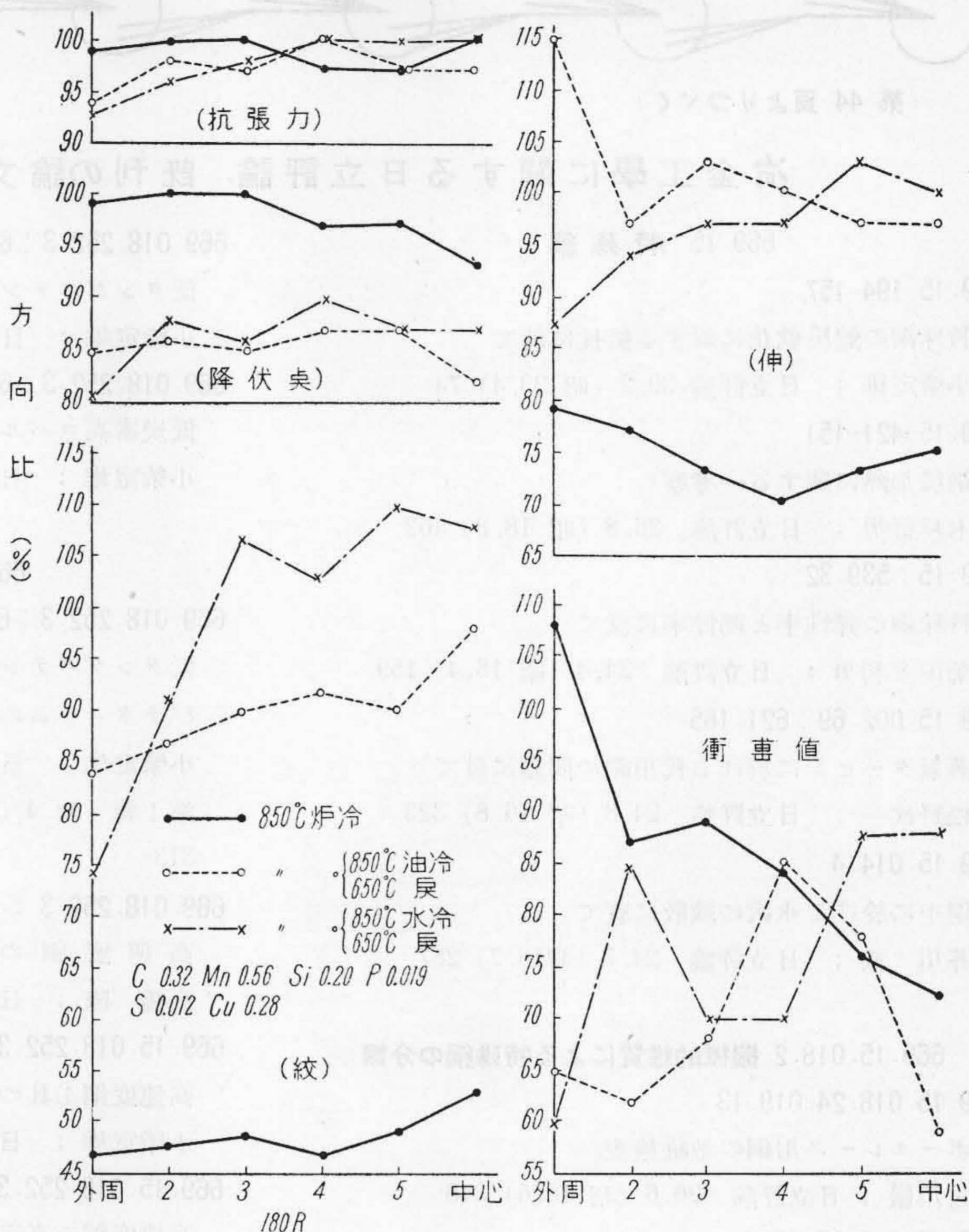
第3章より第6章の試験結果によつても、介在物と鍛造方法とが最も方向比に大きな影響を與える様である。

[VIII] 結 論

前章迄の試験結果より、下記結論が述べられる。

- (イ) 抗張力、降伏點の方向比は、すべての場合殆んど100%に近く、變化ない。
- (ロ) 伸、絞、シャルピー衝撃値、屈曲の順に方向比は小さくなるが、シャルピー衝撃値、屈曲は不規則なり。
- (ハ) 方向比は鋼塊小さい程、大きくなる傾向をもつが餘り敏感ではない。
- (ニ) 方向比は非金屬介在物中A類のものが、非常に敏感で、介在物の多い程小さくなる。
- (ホ) 方向比は實體鍛造係數が大となるにつれ、小さくなるが、鍛造係數4以上では餘り變化なくなる。しかし据込鍛造を組合せる事により、方向比を大とする事が出来、鍛造の方向係數は少なくとも、50%以上が望しい。
- (ヘ) 方向比は焼入焼戻等の特別の熱處理を追加する事により改善されてくる。

尙方向比の絶対値については、各種條件が異なる爲、



第7圖 炭素鋼の熱處理と方向比

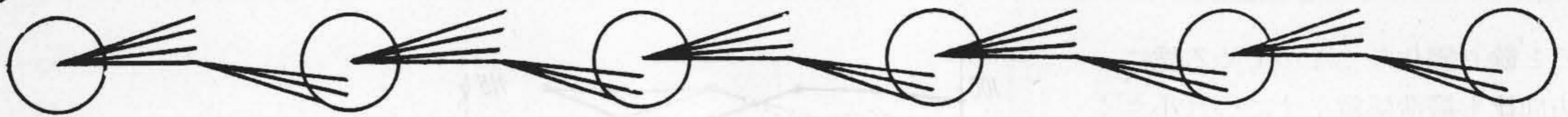
Fig. 7 Relation between Heat-Treatment and Directional Ratio of the Mechanical Properties.

亦數少ない數値で、一律に述べる事は出来ないが、強いて概念的に今迄の實驗例より述べると、下記範圍内に入る傾向が強い。

- (イ) 抗張力 約 100%
- (ロ) 降伏點 約 95~100% (抗張力より小さい)
- (ハ) 伸 約 60~80%
- (ニ) 絞 約 50~70%
- (ホ) 衝撃値 不規則
- (ヘ) 屈曲 不規則

參 考 文 獻

- (1) 錦織：日本金屬學會誌 2, 568
- (2) 内山：鐵と鋼 36, 13



(第 44 頁よりつづく)

UDC 669(048.1)

冶金工學に関する日立評論, 既刊の論文集 (その四)

669.15 特殊鋼

669.15-194-157

特殊鋼の焼戻軟化に對する抵抗に就て

小柴定雄 ; 日立評論 30.2 (昭 23.4) 74

669.15-421-151

鋼塊加熱に關する一考察

木戸行男 ; 日立評論 26.8 (昭 18.8) 462

669.15 : 539.32

特殊鋼の弾性率と剛性率に就て

菊田多利男 ; 日立評論 24.4 (昭 16.4) 159

669.15.002.69 : 621.165

蒸氣タービンに於ける代用鋼の問題に就て

松野武一 ; 日立評論 24.8 (昭 16.8) 323

669.15.014.4

鋼中に於ける水素の擴散に就て

芥川 武 ; 日立評論 24.7 (昭16.7) 287

669.15.018.2 機械的性質による特殊鋼の分類

669.15.018.24.019.13

ボールレース用鋼の地疵検査

古川巖 ; 日立評論 26.6 (昭 18.6) 348

669.15.018.25-15

各種工具鋼の熱處理と變形率に就いて

小柴定雄、永島祐雄 ; 日立評論 30.3 (昭 23.6) 118

669.15.018.252.3 高速度鋼

669.15.018.252.3

高速度鋼に就て

村上武次郎 ; 日立評論 3.3 (大9.3) 83

669.15.018.252.3

近時の高速度鋼に就て

小柴定雄 ; 日立評論 25.6 (昭 17.6) 316.

669.15.018.252.3

高速度鋼に於ける炭素、クローム及びタンゲステンの影響

菊田多利男、小柴定雄 ;
日立評論 26.12 (昭 18.12) 707

669.15.018.252.3

高速度鋼に於ける V, Mo, 及び Co の影響

菊田多利男、小柴定雄 ;

日立評論 27.1 (昭 19.1) 44

669.018.252.3 : 669.15.25

低タンゲステン高速度鋼に就て

小柴定雄 ; 日立評論 27.15 (昭 19.5) 299

669.018.252.3 : 669.15.25

低炭素高コバルト高速度鋼

小柴定雄 ; 日立評論 24.12. (昭 16.12) 559

669.15.27 タンゲステン鋼

669.018.252.3 : 669.15.27

低タンゲステン高速度鋼に及ぼす錫、アンチモン、及びチタニウムの影響

小柴定雄 ; 日立評論

第1報 32.4 (昭 25.5) 256 第2報 32.5 (昭25.6) 313

669.018.252.3 : 669.18

高速度鋼の製造法

高橋 隆 ; 日立評論 22.9 (昭 14.9) 575

669.15.018.252.3-156

高速度鋼工具の焼入に就て

小柴定雄 ; 日立評論 23.4 (昭 15.4) 241

669.15.018.252.3-156

高速度鋼の高溫浴焼入に就て

小柴定雄 ; 日立評論 25.9 (昭 17.9) 555

669.15.018.252.3-156

高速度鋼の焼入能力に及ぼす冷却速度の影響

小柴定雄 ; 日立評論 26.4 (昭 18.4) 232

669.15.018.252.3-157

高コバルト高速度鋼の焼戻硬化現象に就て

小柴定雄 ; 日立評論々文集 2.7 (昭 24) 123

669.15.018.252.3-157

高速度鋼の焼戻硬化現象に就て

小柴定雄 ; 日立評論々文集 2.8 (昭 24) 150

669.15.018.252.3 : 621.9.01

高速度鋼工具の切削能率の研究に就て

菊田多利男、小柴定雄 ;

日立評論 22.8 (昭 14.8) 483

669.15.018.252.3 : 621.9.014

高速度鋼工具の切削能率に及ぼす刃の影響

菊田多利男、小柴定雄 ;

日立評論 24.5 (昭 16.5) 213

(第 84 頁につづく)