

論 說

壓延鋼材の焼鈍効果に及ぼす炭素並に滿俺の影響

(日本鐵鋼協會 第 12 回講演大會講演)

城 正 俊*

ON THE EFFECT OF CARBON AND MANGANESE UPON THE MECHANICAL TESTING OF ANNEALED STEEL

by Masatoshi Jō Kogakushi

SYNOPSIS : —The present investigation was carried out for finding the effect of Carbon and manganese on the tensile strength of our basic open-hearth steel in annealed condition and the change of the tensile strength of rolled steel caused by the annealing. The results of it may be summarized as follows.

The effect of manganese on the tensile strength of annealed steel increases with the increase of the Carbon content, but it is slight, comparing with that on the steel as rolled.

On the commercial rolled steel which contains carbon and manganese in simultaneously, the decreasing strength caused by the annealing for the high carbon and low manganese steel is lower than that for the low carbon and high manganese steel.

The relation between chemical compositions and tensile strength of our basic open-hearth steel in annealed condition may be expressed by the following empirical formula.

$$T_A = 0.333C + 0.005CM_n + 0.01M_n + 31.$$

where ;

T_A = tensile strength of annealed steel in kg/mm^2

C = carbon content in (%) $\times 100$

M_n = manganese content in (%) $\times 100$

内 容 目 次

- I 緒 言
- II 調査研究方法
- III 試験片に対する焼鈍方法
- IV 滿俺含有量が焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす影響
- V 炭素並に滿俺含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係
- VI 炭素並に滿俺含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係の實驗公式誘導法
- VII 壓延鋼材の焼鈍効果に及ぼす炭素並に滿俺の影響に就て
- VIII 炭素及滿俺を變へて、抗張力を一定にしたる壓延儘の鋼材を焼鈍したる場合の抗張力の變化
- IX 壓延儘の鋼材と、焼鈍鋼材との抗張力の關係
- X 結 論

I. 緒 言

著者は曩に¹⁾壓延儘の状態に於て使用する鹽基性平爐鋼材の、炭素並に滿俺含有量と、機械的諸性質との諸關係を實

際的に調査し、更に鋼材の機械的諸性質の相互關係より見たる滿俺の効果にも言及して、以つて一般の参考に供せしが、普通の壓延鋼材に於ても、使用目的の如何に依つては一旦之れを焼鈍し、壓延加工或は鍛造等に依つて生ぜる内部歪を除去し、粘性を増加せしめて使用する場合都合しとしない。従つて鋼材に對する各種規格の中此種のものに對しては、壓延後之れを焼鈍し、所謂焼鈍状態 (Annealed condition) に於ける機械的諸性質を規定してゐる。而して著者は所謂焼鈍鋼材の機械的性質を明かにせんがため、先づ焼鈍鋼材中の滿俺の影響を調査し、併せて炭素並に滿俺含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係を求め、猶壓延其の儘のときと之れを焼鈍せるときとの間に於ける抗張力の變化をも究め、以つて實地作業に携はるものゝ参考に資せしむると共に之種鋼材に對する規格を吟味する上の一助たらしむることにした。

II. 調査研究方法

本研究は最近數ヶ年間、八幡製鐵所鹽基性平爐に於て、規格品として製鋼し壓延したる各種鋼材の中、試験片を焼鈍したるものみに就き、分析成分と機械試験成績とを一調査し、之れに基き焼鈍鋼材の炭素並に滿俺含有量と抗

*日本製鐵株式会社八幡製鐵所

¹⁾ 著者、鐵と鋼、18年、No. 11 及 19年、No. 4.

張力との關係を調査せるものである。今其の調査方法を示せば次の如し。

- (イ) 調査範圍は昭和2年以降現在に到る間の我が鹽基性平爐鋼材であつて、炭素含有量は 0.08%~0.60% の規格品にして總て壓延後試験片に就き焼鈍を施したるもののみである。
- (ロ) 調査 charge 数は 4,700 餘に及び取扱試験片数は 18,000 餘本に達した。
- (ハ) 試験片を採取せる製品の形狀は丸棒及角棒に限定し其徑又は對邊距離は夫々 25mm~60mm の範圍のものである。
- (ニ) 同一 charge に屬するもので試験片數 2 箇以上に互るものが大多數に上つたが、此等は何れも平均値を以つて其の charge の試験成績とした。
- (ホ) 試験片の形狀は日本標準規格第四號試験片 (dia, 14mm G.L. 50mm) に就き調査することを原則とせしが、中には直徑 13.8mm 標點距離 100mm のものもある。
- (ヘ) 分析成分は凡て製鋼分析 (ladle analysis) に依る。但し必要に應じ試験片の一端を分析したるものもあるが其の數は比較的少ない。
- (ト) 炭素及滿俺以外の他の元素の影響は、之れを無視したのであるが全體を通じ、P. S. 共に 0.03% 内外、Si 0.20% 以下のものであつて、成分は凡て規格品として合格せるもののみである。

即ち今回の研究は所謂學究的實驗報告とは稍、其の趣を異にし、前回同様實際的立場に立脚したる一種の統計的研究であるが、調査 charge 數が比較的多數に上ることゝ、取扱試験片數が多いことゝが特徴であり、従つて最後に現はれて來るところの平均値を基礎としたる綜合成績は、比較的正確なものであつて、焼鈍鋼材の機械的性質を或る程度迄正確に把握し得るものと思はれる。

III. 試験片に對する焼鈍方法

壓延鋼材より採取せる試験片は、最初約 20mm 内外の丸に旋削し後之れが焼鈍を行ふ。

焼鈍に用ひし加熱爐は八幡製鐵所製品試験所備付の 25 ampere 電氣爐を用ひ焼鈍溫度は、第1圖に示す A. S. T. M.¹⁾ 曲線に準據したものである。

焼鈍時に於ける溫度保定時間は 20分~30 分を標準と

し、試験片の冷却は何れも灰中緩冷法に據つたもののみである。

上記の方法に依り焼鈍したる試料を更に旋盤に依り規定の抗張試験片に仕上げ後試験を施行したるものである。

IV. 滿俺含有量が焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす影響

炭素含有量 0.08%~0.60% の範圍に於て、先づ炭素含有量の相等しいものを集め、之れに就き滿俺含有量と抗張力との關係を求むれば附表の如くなる。而して同一炭素量のものでも滿俺含有量の相等しいものが多數 charge あつたが之等は何れも滿俺含有量毎に抗張力の平均値を出して其の成分のものを代表せしめた。従つて表中示す●印1箇は何れも 5~30 箇の試験片の平均抗張力を示してゐる。

附表を見るに各炭素量に於ける滿俺含有量と、抗張力との關係は、何れも直線的に滿俺含有量の増加するに連れて、抗張力も亦漸次増加してゐることが判る。

今各炭素量毎に就き、滿俺含有量と抗張力との關係を示す平均値線を求むれば何れも附表の如き右上りの直線に依り表はすことが出来る。而して各平均直線の傾斜度を見るに、炭素含有量の増加と共に傾斜度も亦次第に増加してゐることが窺はれる。今此の各々の平均直線に就いて、滿俺含有量と抗張力との關係を示す實驗式を求むれば第1表の如くなる。

第1表 各炭素量に對する滿俺含有量と抗張力との關係を示す平均直線の實驗式

炭素含有量 %	附表に於て各炭素量に示す平均直線に對する實驗式	炭素含有量 %	附表に於て各炭素量に示す平均直線に對する實驗式
0.08	$T = 5.3Mn + 33.6$	0.35	$T = 20.0Mn + 42.0$
0.09	$T = 4.5Mn + 34.4$	0.36	$T = 19.7Mn + 42.8$
0.10	$T = 7.1Mn + 33.1$	0.38	$T = 20.0Mn + 44.0$
0.11	$T = 5.6Mn + 35.2$	0.39	$T = 21.4Mn + 43.8$
0.12	$T = 8.0Mn + 34.6$	0.40	$T = 21.8Mn + 44.4$
0.13	$T = 6.3Mn + 35.4$	0.41	$T = 20.9Mn + 45.6$
0.14	$T = 7.7Mn + 35.1$	0.42	$T = 22.0Mn + 45.3$
0.15	$T = 7.7Mn + 36.3$	0.45	$T = 21.6Mn + 47.6$
0.16	$T = 9.1Mn + 36.4$	0.46	$T = 22.7Mn + 47.5$
0.20	$T = 9.5Mn + 38.7$	0.48	$T = 23.3Mn + 48.3$
0.22	$T = 10.5Mn + 39.1$	0.49	$T = 23.1Mn + 46.8$
0.24	$T = 11.1Mn + 40.1$	0.50	$T = 25.9Mn + 47.5$
0.25	$T = 13.3Mn + 39.7$	0.51	$T = 26.8Mn + 47.5$
0.26	$T = 14.8Mn + 39.6$	0.52	$T = 25.6Mn + 48.0$
0.27	$T = 15.2Mn + 39.9$	0.53	$T = 23.4Mn + 49.0$
0.28	$T = 16.1Mn + 41.4$	0.54	$T = 26.5Mn + 48.6$
0.29	$T = 15.8Mn + 40.8$	0.55	$T = 26.6Mn + 50.2$
0.30	$T = 20.0Mn + 38.4$	0.56	$T = 27.5Mn + 50.3$
0.31	$T = 15.4Mn + 42.5$	0.57	$T = 28.2Mn + 49.2$
0.32	$T = 18.5Mn + 40.6$	0.58	$T = 30.1Mn + 51.6$
0.33	$T = 17.5Mn + 42.4$	0.60	$T = 30.5Mn + 50.9$
0.34	$T = 18.5Mn + 42.2$		

併て第1表に於て、各炭素量毎に示す實驗式即ち $T = aMn + b$ の中、 a は Mn のために増加する抗張力を示すと

¹⁾ American Society for Testing of Materials

共に、各々の平均直線の傾斜度を示して居り、b は定数であつて満俺の影響を引き去りたる時、即ち満俺零%のときに於ける各炭素量に對する抗張力を表はしてゐる。例へば炭素 0.20% 及び 0.60% のときに於ける實驗式は夫々

$$C. 0.20\% \quad T = 9.5Mn + 38.7$$

$$C. 0.60\% \quad T = 30.5Mn + 50.9$$

であるから、炭素 0.20% のときに於て、満俺 0.10% が焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす影響は 0.95 kg/mm^2 であり、炭素 0.60% のときに於ける夫れは 3.05 kg/mm^2 なることを意味してゐる。而して満俺の影響を引き去りたる残りの抗張力、即ち満俺 0% のときに於ける抗張力は炭素 0.20% では 38.7 kg/mm^2 、炭素 0.60% では 50.9 kg/mm^2 であることを示してゐる。

第 2 圖は満俺 0.10% が焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす影響を示せるものであつて、縦軸は満俺 0.10% 毎に増加する抗張力を示してゐる。而して各炭素量毎に示す●印は、第 1 表の $T = aMn + b$ 式の a の値である $\frac{1}{10}$ の値で示されてゐる。

今炭素含有量と、満俺 0.10% 毎に増加する増加抗張力との關係線を第 2 圖に依つて求むれば、圖に示すが如き直線に依つて、兩者の關係を現はすことが出来る。之れを見るに、0.10% 満俺が焼鈍鋼材の抗張力の上に及ぼす影響は、低炭素の場合に於けるよりも、高炭素の場合に於て大となり、然も其の影響程度は、炭素含有量に對し一定の比を以つて漸次増大するものであることが判る。

即ち著者の研究に依れば、0.10% の満俺が焼鈍鋼材の抗張力の上に及ぼす影響は、炭素含有量に依つて異なり、炭素 0.08%~0.60% の範圍では $0.5 \text{ kg/mm}^2 \sim 3.1 \text{ kg/mm}^2$ の増加となる。今之の値と過去の實驗者に依り研究せられたる値とを比較して見るに第 2 表のやうになる。

第 2 表 各實驗者に依つて發表せられたる 0.10% 満俺が鋼の抗張力に及ぼす影響

著者	Mn 0.1% 毎に増加する抗張力	備考
Jō	$0.5^{kg/mm^2} \sim 3.1^{kg/mm^2}$	C. 0.08%~0.60% Basic Open hearth Steel. Annealed Condition.
Brinell	$3.0^{kg/mm^2}$	Average.
Campbell	$0.9^{kg/mm^2} \sim 1.85^{kg/mm^2}$	C. 0.10%~0.40%
Ledebur	$2.5^{kg/mm^2}$	Average
Webster	$1.25^{kg/mm^2}$	Average
Lang	$1.50^{kg/mm^2}$	Average
Hamasumi	$0.9^{kg/mm^2} \sim 2.43^{kg/mm^2}$	C. 0.4% below. Annealed Condition

而して著者の研究に依れば、満俺の影響は炭素量に比例して増加するところであるから、焼鈍鋼材中の満俺の影響を單に平均値だけで現はすことは妥當を缺くと思はれる。

第 3 圖は 0.10% 満俺が抗張力に及ぼす影響に就いて、Campbell 氏¹⁾ の研究と、今回の研究との比較であつて、共に炭素含有量に對し夫々一定の比を以つて増加してゐるが、Campbell 氏の研究値は、著者の夫れに比し高炭素のものに於て若干低く出てゐる。

V. 炭素並に満俺含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係

第 4 圖は焼鈍鋼材の抗張力と、炭素並に満俺含有量との關係を示せるものである。即ち圖中に示す●印は附表の平均直線より得たる値であつて、此れを一定満俺量毎に結ぶと圖に見るが如き關係線が得られる。

此れを見るに焼鈍鋼材の抗張力は、同一炭素含有量の下に於ても、満俺含有量の異なるに従つて抗張力に相違を來し、然も其の相違程度は低炭素の場合よりも、高炭素の場合に於て甚だしいことが判る。例へば炭素 0.50% のときに於て、満俺 0.90% の抗張力は圖に依り約 70.5 kg/mm^2 であるが、満俺 0.50% のときは約 60.7 kg/mm^2 であり此の間約 9.8 kg/mm^2 の相違を來し、尙炭素 0.26% に於ては満俺 0.90% では約 52.8 kg/mm^2 、満俺 0.50% では約 47.0 kg/mm^2 であつて、其の差 5.8 kg/mm^2 となり、前者に比し満俺の差に依る抗張力の差が減少してゐる。

従つて焼鈍鋼材の抗張力を分析成分から計算せんとする場合に、炭素含有量のみ基礎を置いてゐる實驗公式²⁾ は、實地作業の場合に參考となすに不便が尠くない。殊に著者の研究では、焼鈍鋼材に於ける満俺の影響は、高炭素のものに於ては相當大なるを以つて、此の種のものに對する實驗式には必ず満俺の影響を考慮に入れなければならぬと思はれる。

VI. 炭素並に満俺含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係の實驗公式誘導法

第 1 表に示す $T = aMn + b$ の式に於て、b の値は各炭素量の下に於ける満俺の影響を引き去りたる残りの抗張力、即ち満俺 0% のときに於ける各炭素量に對する抗張力を表はしてゐることは、既に上述せるところである。

今之の b の値を縦軸に取り、横軸に炭素含有量を取つて、各炭素量に對する満俺 0% の時に於ける抗張力を求む

1) From Physico-Chemical Properties of Steel. Edwards. 1920. P. 103

2) 炭素含有量と焼鈍鋼材の抗張力との關係を表はす實驗式には次の如きものがある。

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sauveur.} \quad T = 35.2 + 63.3C \\ \text{Thurston} \quad T = 35.3 + 42.3C \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \text{抗張力 } \text{kg/mm}^2 \\ C = \text{炭素含有量 } (\%) \end{array}$$

れば、第5圖の如くなる。圖中に示す●印は第1表に示す實驗式の定數(b)の値である。

これを見るに滿俺0%のときに於ける各炭素量に對する抗張力は、炭素量の増加と共に漸次増加し、其の増加狀況は圖に示すが如き平均直線に依つて之れを表はすことが出来る。

第6圖は燒鈍鋼材の炭素並に滿俺含有量と、抗張力との關係を求めんとする實驗公式誘導に關する解説圖である。圖中 A B 線は即ち第5圖に示す滿俺0%のときに於ける各炭素量に對する抗張力線であつて、今之の A B 線に就き實驗式を求むれば

$$T_c = 0.333C + 31.0 \dots \dots \dots (1)$$

式中 T_c = 滿俺を含まないときの各炭素量に對する抗張力 kg/mm^2

$$C = \text{炭素含有量}(\%) \times 100$$

となり之の式は各炭素量に對し、滿俺0%のときに於ける燒鈍鋼材の抗張力を表はしてゐる。而して上記(1)式に見るが如く、炭素0.10%が鋼の抗張力の上に及ぼす影響は、今回の研究では $3.33 kg/mm^2$ となつて居り、此の値は過去の實驗者に依り發表せられたる0.10%炭素の影響¹⁾より若干低く出てゐる。然して鋼が滿俺を含まない場合の炭素の影響としては此の程度のものが妥當であらう。蓋し鋼が滿俺を含まずして單に炭素のみの影響に依る抗張力とは、結局セメントイト (Fe_3C) の抗張力に外ならない。而してセメントイトの抗張力は Sauveur²⁾ 氏の假定に依る $5,000 \text{ \#}/\text{吋}^2$ ($3.5 kg/mm^2$) が若し眞なりとせば、著者の研究に於ける $3.33 kg/mm^2$ は稍々此れに近い類似の値となつてゐる。

次に上記(1)式に於ける定數 $31.0 kg/mm^2$ は炭素及滿俺の中其の何れにも影響されない常數であつて、此の値は即ち鋼に於ける地鐵の抗張力を表はしてゐると見做し得る。第6圖に於ける AC 線は即ち此れを示す。

而して此の値は各實驗者の研究に依る純鐵の抗張力³⁾よ

1) As the effect of each 0.10% Carbon. Stead; $6.0 kg/mm^2$. Webster, $5.6 kg/mm^2$ Merriman $4.6 kg/mm^2$ Campbell in his Second investigation $5.4 kg/mm^2$.

2) Sauveur; Metallography and heat treatment of Iron and Steel. p. 139.

3) Tensile Strength of Pure Iron.

Neville, $\begin{cases} 29.2 kg/mm^2 \\ 29.5 \text{ ''} \end{cases}$ Yensen, $\begin{cases} 24.9 kg/mm^2 \\ 29.2 \text{ ''} \end{cases}$ Webster, $\begin{cases} 26.7 kg/mm^2 \\ 26.7 \text{ ''} \end{cases}$ Geollen, 30.3 '' Campbell, 26.2 ''

りも僅かに高く出てゐるが、恐らく之れは炭素及滿俺以外の他の元素、即ち地鐵中に固溶せる P, S, Si, Cu 等の如き不純物の影響と思考せらる。

次に第7圖は第2圖に於ける、0.10%滿俺が燒鈍鋼材の抗張力の上に及ぼす影響を示せる平均値線である。今此の平均値線に就き實驗式を求むれば

$$T_M = 0.05C + 0.1$$

式中 T_M = 各炭素量に對し滿俺 0.10% 毎に増加する抗張力 kg/mm^2

$$C = \text{炭素含有量}(\%) \times 100$$

となる。而して此の式は 0.10% 滿俺丈けの影響であるから、滿俺の存在に依つて變化する抗張力は

$$T_M = (0.05C + 0.1) \times Mn \text{ content} \\ = 0.005C Mn + 0.01 Mn \dots \dots \dots (2)$$

式中 T_M = 滿俺の存在に依つて變化する抗張力 kg/mm^2

$$C = \text{炭素含有量}(\%) \times 100$$

$$Mn = \text{滿俺含有量}(\%) \times 100$$

に依り表はすことが出来る。

備て第6圖に於て A B 線 (滿俺 0% のときに於ける各炭素量に對する抗張力) より各炭素量に對し、第7圖に示すところの値を以つて、滿俺 0.10% づゝ遞増して行くときは、各炭素量の下に於ける抗張力は漸次増加し、其の増加狀況は圖の如き實線に依つて之れを表はすことが出来る。

今之の實線上に第4圖に示すところの、炭素並に滿俺含有量と、抗張力との關係線を當て嵌めると點線の如き位置を辿り、大體に於て實線上に一致する結果となる。

依つて上記(1)及び(2)式より炭素及び滿俺の燒鈍鋼材の抗張力に及ぼす變化は、次の實驗式に依り言ひ表はすことが出来る。

$$T_A = 0.333C + 0.005C Mn + 0.01 Mn + 31.$$

式中 T_A = 燒鈍鋼材の抗張力 kg/mm^2

$$C = \text{炭素含有量}(\%) \times 100$$

$$Mn = \text{滿俺含有量}(\%) \times 100$$

但し上式の適用範圍は、炭素含有量 0.08%~0.55% の灰中燒鈍を施せる鹽基性平爐鋼材であつて、滿俺含有量は 0.2%~1.0% 迄には適用し得ると思考す。

今參考として上記の實驗式と、燒鈍鋼材に對する實驗式として既往の實驗者に依り發表せられたるものとを比較して見ると第8圖のやうになる。而して滿俺の影響を加味せ

る實驗式の中、焼鈍せる鋼材に對する實驗式は未だ見當らない。唯 Campbell氏¹⁾ は熱處理に依る抗張力の變化を次式の如く R なる常數で表はしてゐる。

$$T = 0.54C + 0.7P + yMn + R.$$

T = Tensile strength in kg/mm^2 for Basic Steel.

C = Carbon Content in (%) × 100 Carbon by Combustion

Mn = Manganese Content in (%) × 100

P = Phosphorous Content in (%) × 100

y = Values Given in a table and dependent upon the percentage of Manganese and of Carbon present.

R = Variable to allow for heat treatment.

VII. 壓延鋼材の焼鈍効果に及ぼす炭素並に滿俺の影響に就いて

壓延儘の鋼材を焼鈍すれば抗張力の低下を來すことは既に周知の事實である。然らば焼鈍に依つて低下する抗張力は炭素及滿俺の中、果して何れに多く影響せられるであらうか。

第9圖は壓延儘の鋼材の抗張力に及ぼす 0.10% 滿俺の影響²⁾を示せるものであつて、今此の値と第2圖に示すところの焼鈍鋼材に對する 0.10% 滿俺の夫れとを比較すれば第10圖のやうになる。即ち 0.10% 滿俺の影響は壓延儘の鋼材に對する夫れに比し減少してゐる。

第3表は焼鈍効果に及ぼす 0.10% 滿俺の影響を示せるものであつて表中の數値は第10圖より得たる値である。

第3表 壓延鋼材の焼鈍効果に及ぼす 0.10% 滿俺の影響

炭素含有量 (%)	壓延儘の鋼材の抗張力に及ぼす 0.10% 滿俺の影響	焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす 0.10% 滿俺の影響	焼鈍に依り減少せし 0.10% 滿俺毎の抗張力
0.8	0.68 kg/mm^2	0.50 kg/mm^2	0.18 kg/mm^2
1.0	0.80	0.60	0.20
1.5	1.10	0.85	0.25
2.0	1.40	1.10	0.30
2.5	1.70	1.35	0.35
3.0	2.00	1.60	0.40
3.5	2.30	1.85	0.45
4.0	2.60	2.10	0.50
4.5	2.90	2.35	0.55
5.0	3.20	2.60	0.60
5.5	3.50	2.85	0.65
6.0	3.80	3.10	0.75

備考 表中の數値は第10圖より得たものである。

之れを見るに壓延儘の鋼材に於て、滿俺 0.10% 毎に増

加せし抗張力は、焼鈍に依つて減少し其の減少程度は炭素含有量の増加と共に漸次増大して居り、之れを圖に依つて示せば第11圖のやうになる。即ち焼鈍に依つて減少する 0.10% 滿俺毎の抗張力は、炭素含有量に對し一定の比を以つて増大してゐることが判る。

第12圖は滿俺 0% のときに於ける壓延儘の鋼材の抗張力¹⁾と、第5圖に示すところの滿俺 0% のときの焼鈍鋼材に對する抗張力線との比較圖であつて、後者は前者より抗張力の低下を來してゐるは勿論である。

今之の圖表に依り兩線を延長するとせば、同圖に見るが如く、炭素含有量 0% のときに於ける抗張力、即ち純鐵の抗張力は壓延儘の状態に於ては $32kg/mm^2$ であるに對し、此れを焼鈍することに依つて $31kg/mm^2$ に低下することとなり、其の差 $1kg/mm^2$ に及んでゐる。即ち此のことは、壓延加工に依つて生ぜる純鐵の内部歪は $1kg/mm^2$ であることを圖表により略々推察し得ると思はれる。

次に第12圖より、壓延儘のものど、之れを焼鈍せるものとの間に於ける抗張力の變化を、各炭素量に就いて求むれば、第4表のやうになる。

第4表 滿俺 0% の時に於ける壓延鋼材の焼鈍に依る抗張力の變化

炭素含有量 (%)	壓延儘の鋼材の抗張力 kg/mm^2	焼鈍せる鋼材の抗張力 kg/mm^2	焼鈍に依り減少せし抗張力 kg/mm^2
0	32.00	31.00	1.00
0.8	34.88	33.66	1.22
1.0	35.60	34.33	1.27
1.5	37.40	36.00	1.41
2.0	39.20	37.66	1.54
2.5	41.00	39.33	1.68
3.0	42.80	40.99	1.81
3.5	44.60	42.66	1.95
4.0	46.40	44.32	2.08
4.5	48.20	45.99	2.22
5.0	50.00	47.65	2.35
5.5	51.80	49.32	2.49
6.0	53.60	50.98	2.62

備考 表中の數値は第11圖より得たものである。

即ち各炭素量に對し、滿俺 0% のときに於ける抗張力は、焼鈍に依つて減少し、然も其の減少狀況は、炭素含有量の増加と共に次第に甚しく、此れを圖示すれば第13圖の如くなる。而して同圖に依り知るが如く、各炭素量に對する減少抗張力の中には、焼鈍に依る地鐵の減少抗張力 $1kg/mm^2$ を含んでゐるから、單に炭素丈けの影響に依る減少抗張力は $\tan\theta C$ に依り表はすことが出来る。

斯くの如く壓延鋼材を焼鈍することに依つて生ずる抗張力の低下は、炭素及び滿俺の兩成分に關係を有するところであるが、然らば其の低下抗張力は兩者の中何れに多く影

1) H. H. Campbell: Manufact, and prop, of Iron and Steel, 1907.

2) 著者 鐵と鋼、第18年、No. 11.

1) 著者、鐵と鋼、第18年、No. 11

響せられるかを検討して見よう。

第 14 圖は、第 11 及び第 13 圖に基いて、炭素及び滿俺含有量と、焼鈍に依つて低下する抗張力の値との關係を表はしたものである。圖中 AA' 線は第 11 圖の値であつて、之れは單に炭素のみの存在に依つて、減少する抗張力の値を示してゐる。

今 AA' 線より第 13 圖に示すところの値(滿俺 0.1% 毎に減少する抗張力の値)を以つて、各炭素量に對し滿俺を漸次遞増して行くときは、減少抗張力の値は次第に増大し、其の増加狀況は圖の如き直線に依つて、此れを表はすことが出来る。而して普通の炭素鋼に於ける滿俺含有量は炭素 0.1% 以上のものに在つては、0.4% 以上の滿俺を含有することが普通であるから、炭素及び滿俺を同時に含有する普通の壓延鋼材を焼鈍することに依つて生ずる抗張力の低下は、第 14 圖の AA' 線に見るが如く、單に炭素のみの存在に依つて低下する値よりも、各炭素量に對し滿俺を含有することのために減少する値の方が大なることを知る。

第 15 圖は壓延儘の鋼材の炭素並に滿俺含有量と抗張力との關係圖¹⁾であつて、此れを第 4 圖(燒鈍鋼材の炭素並に滿俺含有量と抗張力との關係)と比較して見るに、凡て燒鈍のために低下してゐることは勿論である。

例へば、炭素 0.50%、滿俺 0.60% のときに於ける壓延儘の抗張力は、第 15 圖に依り 69.2 kg/mm^2 であるが、燒鈍後に於ける抗張力は第 4 圖に見るが如く、 63.2 kg/mm^2 となり、燒鈍に依つて減少せし抗張力は 6.0 kg/mm^2 となつてゐる。今此の成分のものに就き、減少抗張力 (6.0 kg/mm^2) の内譯を考ふるに、第 11 圖、第 13 圖、及び第 14 圖より

$$\left. \begin{array}{l} \text{炭素 } 0.50\% \text{ のときに} \\ \text{於ける炭素のみの影響} \\ \text{に依る抗張力の低下値} \end{array} \right\} = 1.4 \text{ kg/mm}^2 \text{ (第13圖及第14圖より)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{炭素 } 0.50\% \text{ のときに} \\ \text{於て滿俺 } 0.60\% \text{ の存在} \\ \text{に依る抗張力の低下値} \end{array} \right\} = 0.6 \times 6 = 3.6 \text{ kg/mm}^2 \text{ (第11圖及第14圖より)}$$

$$\text{地鐵内の抗張力の低下値} = 1.0 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{燒鈍に依る抗張力の低下値} = 6.0 \text{ kg/mm}^2$$

となつて、上記 6.0 kg/mm^2 に大體合致することとなる。尙低下抗張力の値は其の内譯に見るが如く、炭素のみの影響よりも、滿俺の存在に依る影響の方が大なることが判る。

¹⁾ 著者、鐵と鋼、第18年、No.11.

VIII. 炭素及滿俺を變へて、抗張力を一定にしたる壓延儘の鋼材を、燒鈍したる場合の抗張力の變化

上述の如く、壓延鋼材を燒鈍することに依つて生ずる抗張力の低下は、(イ) 炭素のみの影響に依る減少、(ロ) 各炭素量に對し滿俺を含有するがために生ずる減少、(ハ) 地鐵内の抗張力の減少、の三つに分けて考えることが出来る。而して地鐵内に於ける抗張力の減少値は、各炭素量に對し一定の値 (1 kg/mm^2) を以つて表はすことを得べく、此の値は上述の如く、炭素及滿俺の何れにも影響されないところのものである。故に燒鈍に依つて生ずる抗張力の低下は、主として上記(イ)及び(ロ)に支配されるものと思はれる。

今壓延儘の状態に於て、炭素及び滿俺含有量を變へて、抗張力を一定にしたる各成分のものを、燒鈍したる場合、其の抗張力の上に如何なる變化を生ずるものであるかを、考へて見るに、先づ第 15 圖(壓延儘の鋼材の炭素並に滿俺含有量と抗張力との關係圖)より、第 5 表の値が得られる。

第 5 表 壓延儘の状態に於て、一定の抗張力の下に於ける炭素及び滿俺含有量

壓延儘の 抗張力 kg/mm ²	分析成分		壓延儘の 抗張力 kg/mm ²	分析成分	
	C%	Mn%		C%	Mn%
80.0	.515	.90	65.0	.355	.90
80.0	.555	.80	65.0	.375	.80
80.0	.605	.70	65.0	.415	.70
75.0	.460	.90	65.0	.445	.60
75.0	.500	.80	65.0	.485	.50
75.0	.540	.70	60.0	.280	1.00
70.0	.410	.90	60.0	.305	.90
70.0	.440	.80	60.0	.325	.80
70.0	.470	.70	60.0	.350	.70
70.0	.510	.60	60.0	.380	.60
65.0	.330	1.00	60.0	.410	.50
55.0	.240	1.00	50.0	.205	.90
55.0	.255	.90	50.0	.215	.80
55.0	.275	.80	50.0	.230	.70
55.0	.290	.70	50.0	.245	.60
55.0	.315	.60	50.0	.265	.50
55.0	.340	.50	50.0	.290	.40
55.0	.365	.40			

備考、表中の數値は何れも第 15 圖より得たものである。

今上記諸成分のものに就き、燒鈍に依つて生ぜる抗張力の低下値を第 14 圖(炭素及び滿俺含有量と、燒鈍に依つて減少する抗張力の値との關係)に就いて求むれば第 16 圖のやうになる。圖中示す×印は即ち第 5 表に示す成分であつて、此れを一定抗張力毎に結ぶと何れも圖の如き左下りの直線となる。

楮て、第 16 圖に於て、炭素 0.515%—滿俺 0.90% と、炭素 0.605%—滿俺 0.70% とは、何れも壓延儘の状態に於ては、共に 80.0 kg/mm^2 の抗張力(第 15 圖参照)であるが、之れを燒鈍したる場合の抗張力の低下は、同圖 80 kg/mm^2 線に見るが如く、前者は 7.9 kg/mm^2 後者は 7.5

kg/mm² となつて、其の差 0.4kg/mm² となり、前者は後者に比し 0.4kg/mm² だけ多く減少することとなる。尙同様な現象は各抗張力線に就ても明かに知ることが出来る。即ち此のことは、壓延儘の状態に於て、例へ其の抗張力は一定(同一値)であつても、成分に不同がある場合には、焼鈍後の抗張力は、高炭素、低満俺よりも、低炭素高満俺の方が多く低下することを意味してゐる。第 6 表は即ち此の間の消息を示せるもので、第 4 圖及び第 15 圖より得た値である、此れを見るに焼鈍後に於ける抗張力は、高炭素低満俺よりも、低炭素高満俺のものに於て低くなつて居り、然も兩者間の差は大體に於て第 14 圖に示す差に合致してゐる。

第 6 表 壓延儘の状態に於て、抗張力を一定にしたるものの、焼鈍後に於ける抗張力の變化

炭素含有量 (%)	満俺含有量 (%)	壓延儘の抗張力 (kg/mm ²)	焼鈍後の抗張力 (kg/mm ²)
0.46	0.90	75.0	67.8
0.50	0.80	75.0	68.0
0.54	0.70	75.0	68.2
0.405	0.90	70.0	63.7
0.440	0.80	70.0	63.9
0.470	0.70	70.0	64.1
0.305	0.90	60.0	56.0
0.325	0.80	60.0	56.2
0.355	0.70	60.0	56.5
0.250	0.60	50.0	47.3
0.275	0.50	50.0	47.6

備考、表中の數値は第 4 圖及び第 15 圖より得たるものである。

IX 壓延儘の鋼材と焼鈍鋼材との抗張力の關係

壓延儘の状態に於て、例へ其の抗張力が同一値であつても、若し成分に不同のある場合には、焼鈍後に於ける抗張力は、高炭素低満俺よりも、低炭素高満俺の方に於て、低くなることは上述せるところである、而して、普通鋼材の分析成分範囲内に於て、焼鈍後に於ける抗張力の不同を、第 14 圖及び第 6 表に就いて見るに、單に普通鋼材の成分範囲以内では、高炭素低満俺のものと、低炭素高満俺のものとの間に於ける抗張力の差は、比較的僅少であることが判る、例へば、第 6 表に見るが如く、炭素 0.46% 満俺 0.90% のときと、炭素 0.54%、満俺 0.70% のときとは、共に壓延儘では 75.0kg/mm² であるが、焼鈍後の抗張力は前者は 67.8kg/mm² 後者は 68.2kg/mm² であつて其の差は僅かに 0.4kg/mm² に止まる。第 7 表は第 4 圖及び第 15 圖より求めたるものであつて、普通鋼材の成分範囲内に於ける壓延儘の抗張力と焼鈍後の其れとの關係を示してゐる。

第 7 表 普通炭素鋼に於て、壓延儘のものと、焼鈍せるものとの間に於ける抗張力の關係。

炭素含有量	満俺含有量	壓延儘の抗張力	焼鈍後の抗張力
0.515%	0.90%	80.0kg/mm ²	70.7kg/mm ²
0.570	0.70	77.5	69.6
0.525	0.80	77.5	69.4
0.540	0.70	75.0	67.9
0.460	0.90	75.0	67.7
0.470	0.70	70.0	64.1
0.405	0.90	70.0	63.7

炭素含有量	満俺含有量	壓延儘の抗張力	焼鈍後の抗張力
0.545%	0.60%	72.5kg/mm ²	66.0kg/mm ²
0.465	0.80	72.5	65.8
0.475	0.60	67.5	62.0
0.405	0.80	67.5	61.8
0.415	0.70	65.0	60.4
0.305	0.90	65.0	60.2
0.445	0.50	62.5	58.2
0.355	0.80	62.5	58.1
0.355	0.70	60.0	56.4
0.305	0.90	60.0	56.1
0.300	0.80	57.5	54.0
0.365	0.50	55.0	51.8
0.290	0.70	55.0	51.6
0.260	0.70	52.5	49.6
0.290	0.40	50.0	47.3
0.230	0.70	50.0	47.1
0.200	0.70	47.5	45.3
0.210	0.40	45.0	42.8

備考、表中の數値は何れも第 4 圖及び第 15 圖より得たものである。

第 17 圖は、第 7 表に基いて壓延儘の抗張力 (T_R) と、焼鈍後の抗張力 (T_A) との關係を求めたるものにして、焼鈍後の抗張力は、前者に於て一定のもので、後者に於ては、満俺の不同に依り若干の相違を來してゐるが、大體に於て、兩者の關係は圖の如き微かな曲線に依つて、表はすことを得べく、更に之れを簡單にすれば點線の如き直線に依て表はしても實際的に見て甚しい誤差は無い様である。

今此の直線に就き實驗式を求むれば次の如し

$$T_A = 0.8T_R + 7.5$$

T_A = 壓延儘の普通鋼材の抗張力 kg/mm²

T_R = 焼鈍後の普通鋼材の抗張力 kg/mm²

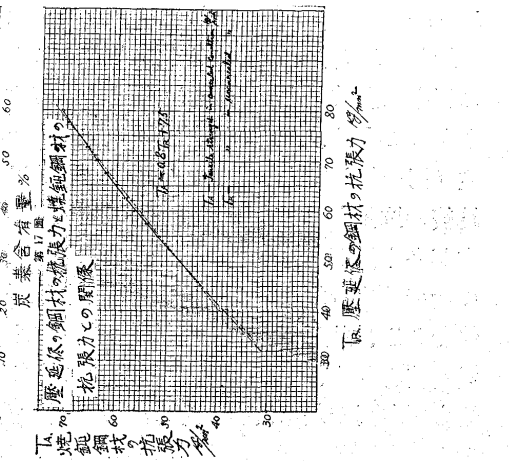
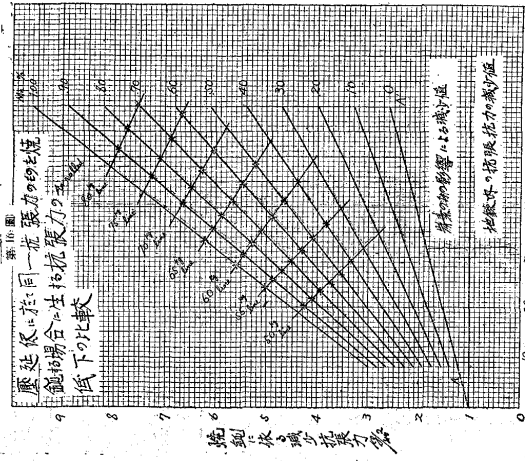
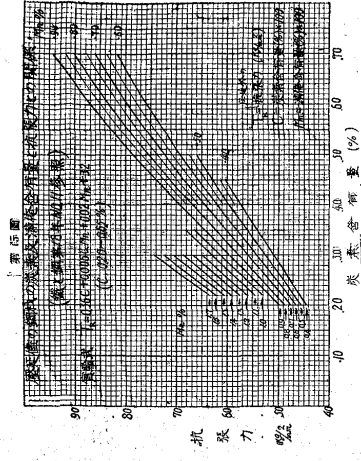
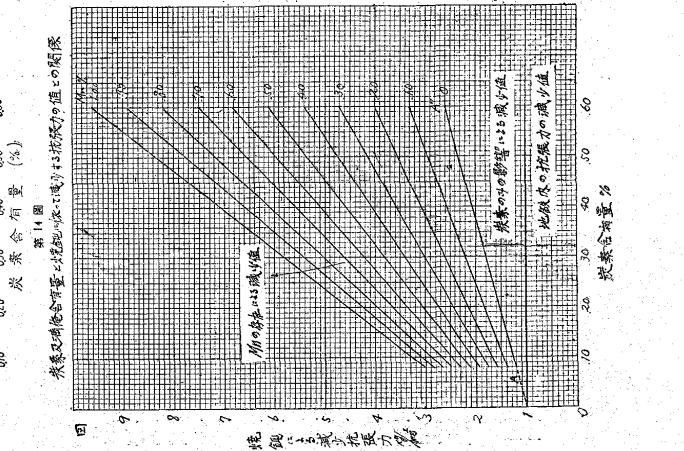
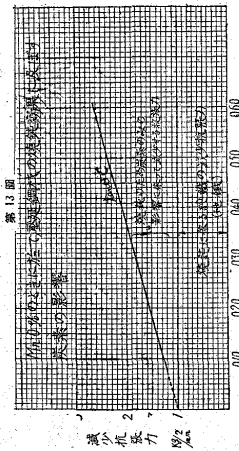
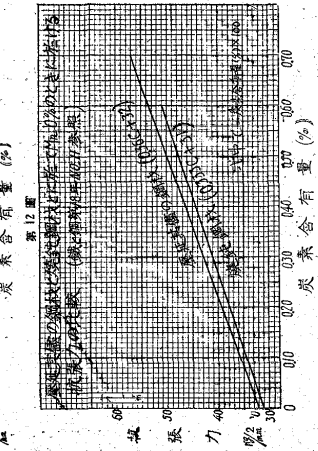
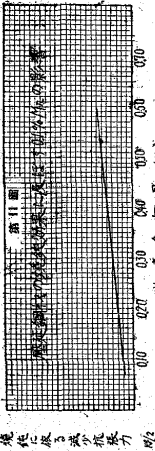
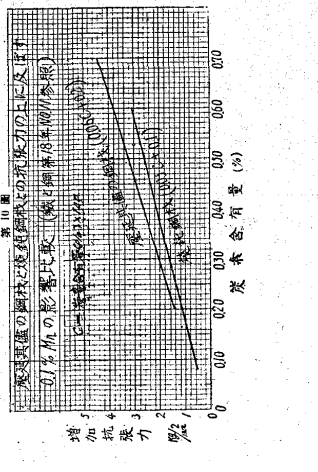
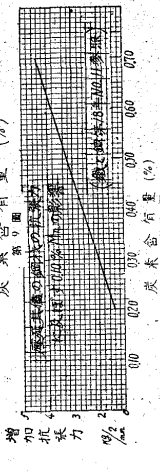
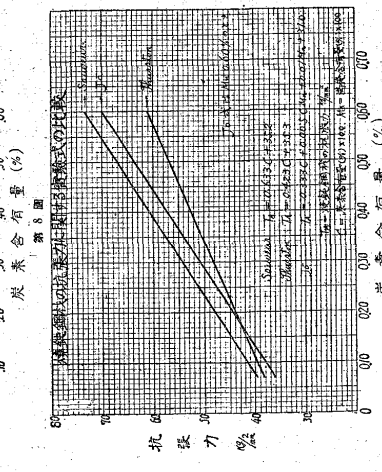
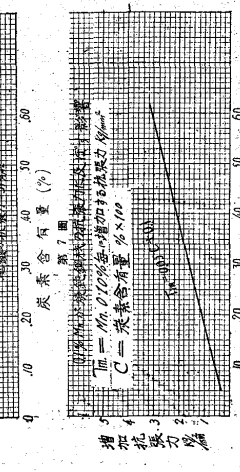
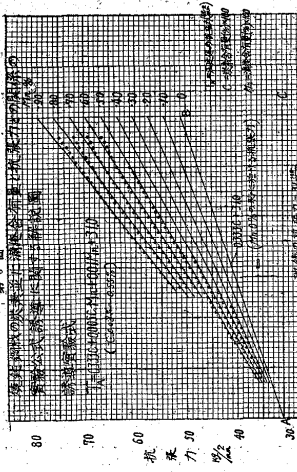
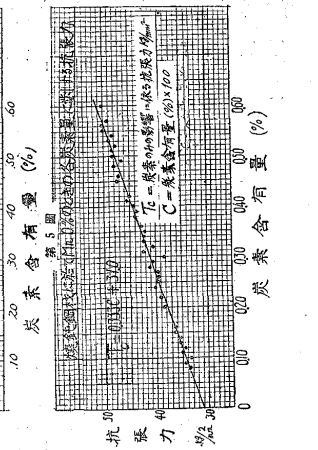
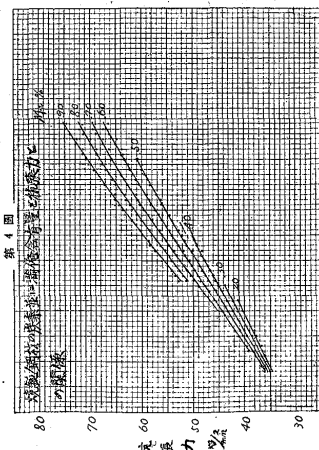
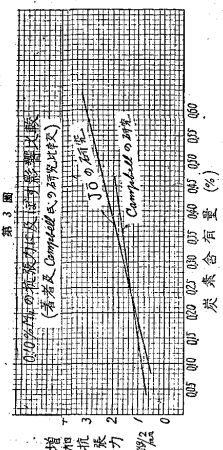
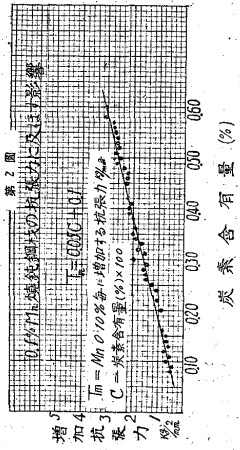
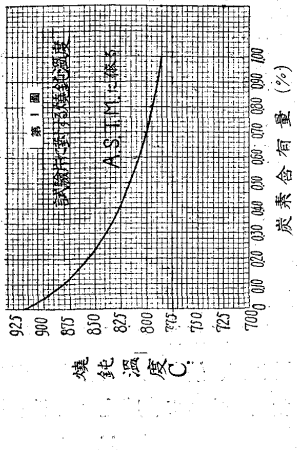
即ち、壓延鋼材の焼鈍後に於ける抗張力の近似値は、大體に於て上記の簡單なる實驗式に依つて、壓延儘の抗張力さえ判明して居れば、略之れを推知することが出来る。

X 結 論

以上著者は、専ら實際的立場から主として壓延鋼材の焼鈍効果に及ぼす満俺の影響に就き攻究し、更に炭素及び満俺の兩成分と焼鈍鋼材の抗張力との關係を論じた。而して本文を次の如く結ぶ。

- (1) 焼鈍鋼材中に於ける満俺含有量が、抗張力の上に及ぼす影響は炭素含有量の増加と共に漸次増加するが、其の増加狀況は壓延儘のものに比し幾分緩慢である。
- (2) 壓延儘の状態に於て、例へ其の抗張力は同一値を呈しても、成分に不同のある場合には、同一條件の下に於ける焼鈍後の抗張力の變化は、低炭素高満俺鋼は、高炭素低満俺鋼に比して變化著しく、焼鈍に依つて生ずる抗張力の減少値は、前者は後者に比して大となる。
- (3) 焼鈍鋼材の炭素並に満俺含有量と、抗張力との間には比較的簡單なる實驗式が成立する。
- (4) 壓延儘の抗張力と、焼鈍後の抗張力との關係は、満俺含有量の相違に依り不同を生ずるが、一般普通鋼材の成分範囲以内では、壓延儘の抗張力が判明して居れば、焼鈍後の抗張力に對する近似値は、極めて簡單なる實驗式に依つて、略之れを誘導推知することが出来る。

以上



下、炭素含有量の増加による抗張力の増加

附 表

満俺含有量が焼鈍鋼材の抗張力に及ぼす影響

調 査 方 法

1. 分析は凡て製鋼分析に依る但し必要に應じ試験片の一端を分析したものもあり
2. 表中●印1個は5~30箇の平均成績を示す
3. 各炭素量毎に示せる実験式は其炭素量に對する満俺含有量と抗張力との關係を示す

式中 T = 抗張力 kg/mm²

Mn = 満俺含有量 %

