

よるのでないかと思はれるので弱結合力の局部の生成を防止する様線引の条件を變へて實驗を進めたいと思つてゐる。

第6圖に於て面白いことは兩製品の加工度と抗張力、殘留歪及纖維度の關係を示す3直線が兩者の傾斜は違ふが同一製品に就ては之等の3直線が殆ど平行し此等の間には密接な關係が存在することが認められるのである。このことについては更に研究を進めたいと思つてゐる。尙同一試料の内部と外部に於ける纖維度、殘留歪の分布を測定してゐるが之は次の機會に述べたいと思ふ。

IV. 結 論

- 1) 纖維度測定の方法を定義す。
- 2) 纖維度は加工度と共に略直線的に増大す。

3) 殘留歪は本實驗の範圍内では加工度と共に略直線的に増大す。

4) 結晶粒子の微細化は加工度につれて初め緩に約50%附近より急となる。

5) 加工度と纖維度、殘留歪及抗張力との關係圖を畫けば同一製品にてはこの三直線が殆んば平行し之等の間に密接な關係がある様に思はれる。

6) X線的及直接天秤により比重を測定し加工度及熱處理と比重の變化との間の關係を研究す。

7) 以上の實驗より國産品及ギャルピダン製品の性能相違の原因を考察す。

終りに本研究に對し御懇篤なる御指導を賜つた吉田教授に對し厚く謝意を表する次第である。

昭和製鋼所製壓延鋼材の機械的性質に及ぼす化学成分の影響

(日本鐵鋼協會第27回講演大會講演, 昭. 17. 4. 東京)

藤田守太郎*・坂井幸雄*

INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SHOWA ROLLED STEEL

Moritārō Huzita and Yukio Sakai

ABSTRACT:—An approximate solution for a formula giving tensile strength in terms of chemical composition was presented, and empirical formulae for Showa rolled steel were introduced in the solution. These were compared with other formulae given by previous authors. Then the characteristic properties of Showa rolled steel were discussed.

目 次

- I. 緒 言
- II. 試料及試験方法
- III. 鋼の抗張力算出に關する實驗式の近似的一解法
- IV. 實驗式の誘導及其吟味
- V. 抗張力に及ぼす各成分の影響
- VI. 昭和製壓延鋼材の特性
- VII. 結 言

I. 緒 言

鋼の機械的性質に及ぼす化学成分の影響に關する研究調査の歴史は相當古く、1880年頃には既に幾多の論文が發

表され、其の後益々盛になり今日に及んで居る。

即ち各成分の影響に就ては W. R. Webster, H. H. Campbell, J. E. Stead, J. O. Arnold, P. Oberhoffer の諸氏其他多數の研究發表があり、H. H. Campbell, M. Merriman, A. McWilliam, 城. 足立の諸氏は抗張力を化學成分にて算出する實驗式を發表して居る。尙マンガンの影響に就ては D. M. Levy, G. Lang, A. Stadeler, Neville and Cain, L. Gillet, 濱住の諸氏の報告があり、珪素の影響に就ては T. Turner, R. Hadfield, L. Gillet, P. Paglianti の諸氏、磷の影響に就ては R. Akerman, P. von Turner, E. D'Amico, 嘉村の諸氏、硫黄の影響に關しては J. O. Arnold and G. B. Waterhouse, A. Wahlberg, J. S. Unger, T. E. Hurst

* 昭和製鋼所研究所

の諸氏等其の他多くの文獻が見受けられる。

本研究は昭和製鋼材の抗張力を化學成分にて算出する實驗式を誘導し、これと上記の文獻にて示された値とを比較吟味したものであるが、周知の如く鋼の強さはある程度其の鋼の原料、製鋼法及壓延状態等に左右されるもので、各文獻の實驗式を其の儘履歴を異にする鋼に適用することは不都合である。では昭和製壓延鋼材の抗張力とその化學成分とは如何なる関係にあるか實驗式を以てこれを表示し、向日鐵八幡製鐵所製壓延鋼材と昭和製壓延鋼材との機械的性質を比較吟味しその特質の一端を示さうと思ふ。

II. 試料及試験方法

試料は昭和製鋼材の中 No. 2 鋼片、B. シート・バー、フープ材の3種を選び 4.5 噸鋼塊を成品まで壓延して得たもの、即ち No. 2 鋼片及フープ材は 90mm 角に、B. シート・バーは $200 \times 12 \text{ mm}^2$ 鋼板に壓延し之等から得た試料を角材と名づけ、次に造塊の際取鍋から約 4 kg の小型鋼塊を採取し之を 2.5mm 角に鍛造して得た試料を角棒と名づけ、此等の試料を提供の儘並第 1 表に準じ焼鈍(爐中冷却)して試験を行つた。

各試料は簡略のため第 2 表の如き記號を用ひた。即ちフープ材、B. シート・バー及 No. 2 鋼片は 100 位の數とし

第 1 表 炭素量と焼鈍温度)

炭素量%	<0.12	0.12~0.29	0.30~0.49	0.50~1.00
焼鈍温度°C	875~925	840~875	815~840	790~815

夫々 1, 2, 3 で表はし、角材及角棒は 10 位の數とし夫々 1, 2 で表はし、壓延の儘のもの及焼鈍したものは 1 位の數とし夫々 1, 2 で表はした。

第 2 表 試料の記號

試料	フープ材	B. シート・バー	No.2 鋼片
角材 壓延	111	211	311
角材 焼鈍	112	212	312
角棒 壓延	121	221	321
角棒 焼鈍	122	222	322

抗張試験には原則として日本標準規格の第 4 號型を採用したが B. シート・バー角材は成品の形状の都合上第 1 號型に準じて之を製作し、硬度測定は抗張試験の都度試験片の擱部に於て行ひ、分析試料は同部分から採取した。

尙本實驗で誘導した實驗式の吟味並昭和製鋼材と八幡製鐵所製鋼材との機械的性質の比較に用ひた資料の内、昭和に関するものは平常の規格試験の結果及當研究室で隨時に試験した結果に依つたものであつて、八幡に関するものは城氏が發表された各種の實驗式に昭和の試料の化學成分を

代入して算出した結果を用ひたものである。

試料の化學成分並に機械的性質は第 3 表及第 4 表の通りである。

第 3 表 化學成分(總平均)

試料	試片數	C%	Si%	Mn%	P%	S%
111	131	0.06	0.009	0.37	0.023	0.04
112	132	0.07	0.009	0.36	0.021	0.04
121	188	0.06	0.011	0.36	0.017	0.04
122	122	0.06	0.009	0.37	0.022	0.04
211	48	0.08	0.07	0.36	0.06	0.05
212	52	0.08	0.08	0.37	0.05	0.06
221	167	0.10	0.08	0.43	0.07	0.05
222	50	0.08	0.07	0.37	0.07	0.05
311	95	0.21	0.01	0.47	0.027	0.04
312	89	0.21	0.01	0.48	0.029	0.04
321	146	0.21	0.01	0.49	0.026	0.04
322	68	0.21	0.01	0.49	0.028	0.04

第 4 表 機械的性質(總平均)

試料	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸%	断面縮 %	B.H.N.
111	22.7	32.4	46.4	47.6	88
112	22.5	30.6	51.0	51.0	84
121	28.1	34.8	41.4	47.6	103
122	24.3	30.9	46.6	50.3	84
211	25.6	39.8	33.0*	—	118
212	24.0	35.7	35.5*	—	98
221	30.0	42.2	36.6	39.6	127
222	29.0	36.3	40.4	47.7	100
311	25.0	40.5	37.0	35.5	120
312	23.8	38.2	39.9	38.7	100
321	31.6	43.3	34.8	34.6	125
322	26.7	38.2	38.1	38.1	98

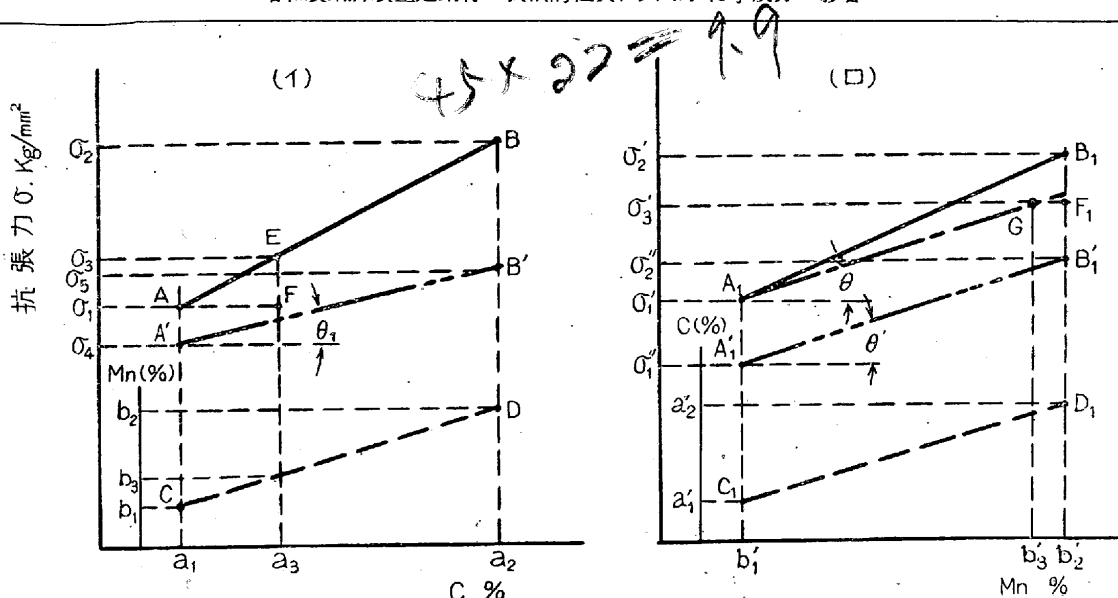
* 印は第 1 號試験片に依る。

III. 鋼の抗張力算出に関する 實驗式の近似的 1 解法

一つの材料に於て炭素含有量及マンガ含有量の或る範圍内では抗張力に及ぼす炭素及マンガの影響は一定であると假定した場合抗張力と炭素量及マンガ量とは第 1 圖で示される様な直線的關係を有するから、此の關係を利用して今その材料の抗張力を炭素量及マンガ量で表はす實驗式を近似的に求めて見る。

第 1 圖 (イ) に於て直線 AB は炭素量が a_1 より a_2 に増加する間にマンガ量が b_1 から b_2 に直線 CD に沿ひ増加する場合の抗張力の増加を表はすものとし、第 1 圖 (ロ) の $A_1 B_1$ 線はマンガ量が b'_1 から b'_2 に増加する間に炭素量が $C_1 D_1$ 線に沿ひ a'_1 から a'_2 に増加する場合の抗張力の増加を表はすものとする。

今 $a'_2 - a'_1 = a_3 - a_1$ なる如く a_3 をとれば a_3 線上の EF ($=\sigma_3 - \sigma_1$) は炭素量 $a_3 - a_1$ 、マンガ量 $b_3 - b_1$ の増加に依る抗張力の増加を表はす。次に $EF (= \sigma_3 - \sigma_1) = B_1 F_1$



第1圖 實驗式の近似的解法解説圖

($\sigma_2 - \sigma_3$) なる如く F_1 点を定め、又 $b_3 - b_1 = b'_2 - b'_3$ なる如く b'_3 点をとれば直線 A_1G は炭素量が a_1 なる場合の抗張力とマンガン量との関係を表はすことになる。今 X を横軸にとり Y を縦軸にとつた場合 X 軸と角 θ をなし $Y = a$ を通る直線の一般式は

$$Y = \tan\theta X + a$$

で表される。従つて直線 A_1G を式で表はせば

$$\sigma_{C=a_1} = KMn + (\sigma'_1 - Kb'_1) \dots (1)$$

但し $K = \tan\theta = (\sigma'_3 - \sigma'_1) / (b'_3 - b'_1)$

σ : 抗張力 kg/mm^2

C : 炭素含有量%

Mn : マンガン含有量%

となる。次に第1圖(イ)の AB 線より式(1)を用ひてマンガンの影響を除けば即ち $Kb_1 = \sigma_1 - \sigma_4$, $Kb_2 = \sigma_2 - \sigma_5$ なる如く A', B' を定めれば直線 $A'B'$ はマンガン量が零の場合の抗張力と炭素量との関係を表はすことになる。即ち直線 $A'B'$ は式(1)と同様に

$$\sigma_{Mn=0} = K_1C + (\sigma_4 - K_1a_1) \dots (2)$$

但し $K_1 = \tan\theta_1 = (\sigma_5 - \sigma_4) / (a_2 - a_1)$

で表はすことが出来る。次に第1圖(ロ)から式(2)を用ひて炭素の影響を除けば即ち $K_1a'_1 = \sigma'_1 - \sigma''_1$, $K_1a'_2 = \sigma'_2 - \sigma''_2$ なる如く A'_1, B'_1 を定めれば直線 $A'_1B'_1$ は炭素量が零なる場合の抗張力とマンガン量との関係を表はすことになる。即ち直線 $A'_1B'_1$ は式(1)と同様に

$$\sigma_{C=0} = K_2Mn + (\sigma''_1 - K_2b'_1) \dots (3)$$

但し $K_2 = \tan\theta' = (\sigma''_2 - \sigma''_1) / (b'_2 - b'_1) = \tan\theta = K$

で表はすことが出来る。式(2), (3)の右邊の第2項は炭素及マンガン以外の各成分及その他の条件, 例へば製鋼法,

延状態或は加工度等に依り定まる常數で同一條件の下に於ける同質材料の鋼に関しては大體一定と見做しても差支へない。

故に同質材料の同一條件下に於ける鋼の抗張と炭素量及マンガン量との関係は次式で表される。

$$\sigma = K_1C + K_2Mn + \sigma_0 \dots (4)$$

但し $K_1 = \tan\theta_1$

$$K_2 = \tan\theta' = \tan\theta$$

$$\sigma_0 = 1/2[(\sigma_4 - K_1a_1) + (\sigma''_1 - K_2b'_1)]$$

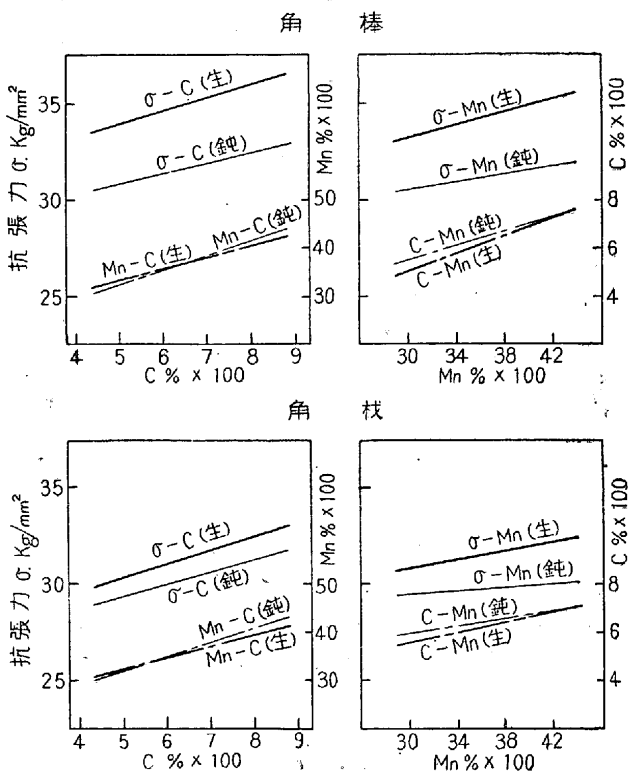
式(4)に於て K_1, K_2 は夫々炭素量及マンガン量の1%毎に増加する抗張力を表はし, σ_0 は炭素及マンガン以外の成分即ち憐, 珪素及硫黄等の含有量及熱処理, 加工等の條件に依り定まる常數で所謂廣義の地鐵の強さを表はすものである。

IV. 實驗式の誘導及其の吟味

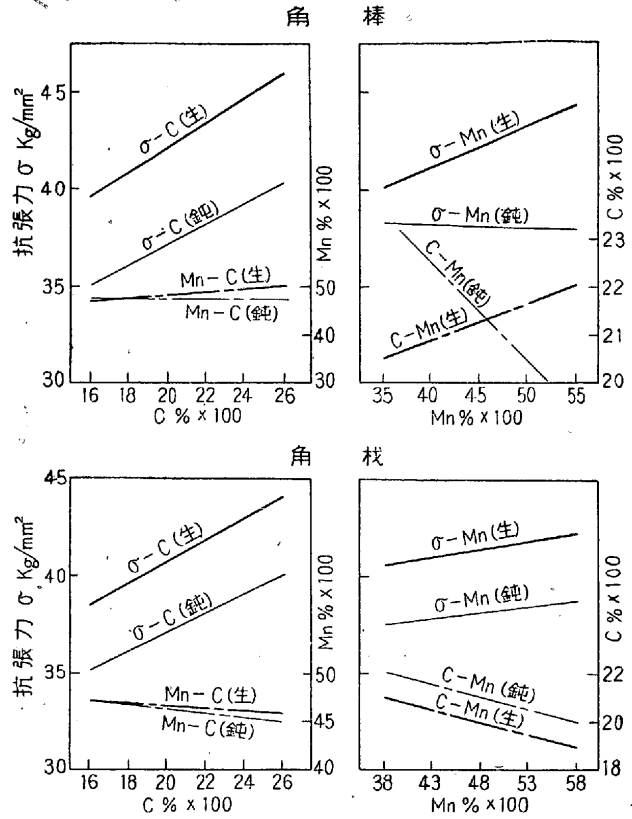
第3節の近似的解法を第2圖(a), (b), (c)の如き實驗結果に適用して式(4)の常數 K_1, K_2, σ_0 を誘導算出して之を表示すれば第5表の如くで, これより次の事項を推察することが出来る。

- 1) K_1 の値は炭素含有量と共に幾分増大してゐるが大體一定である。
- 2) K_2 の値は炭素量と共に増加する。
- 3) σ_0 の値は炭素量の増加と共に減少する。

而して第5表の各數値は前述の通り各材料の炭素含有量の範圍内では抗張力に及ぼすマンガンの影響を一定と假定して得られたものであつて, 若しマンガンの影響が炭素量の増減と共に變化すれば K_1, K_2, σ_0 の値も變るのである



第2圖(a) フープ材の抗張力とC及Mnとの関係



第2圖(c) No.2鋼片の抗張力とC及Mnとの関係

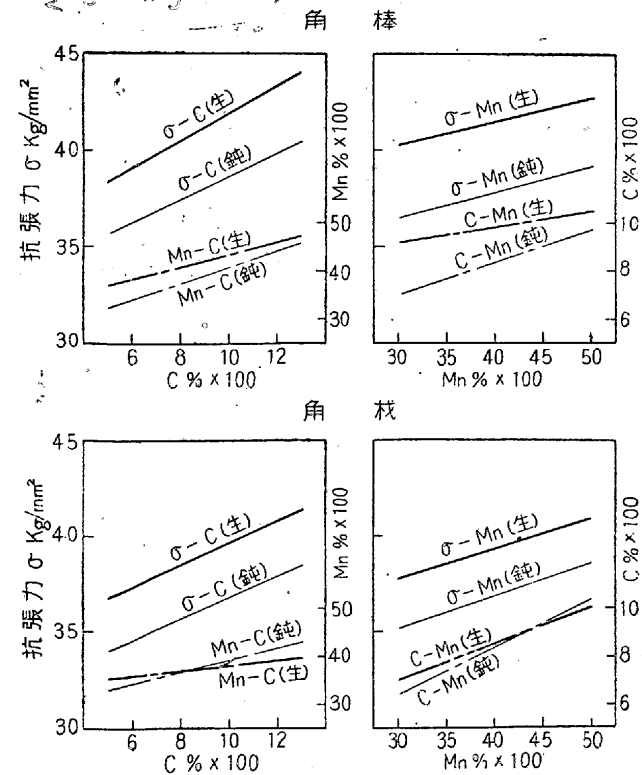
の誤差はまぬかれない。以下これ等の誤差を解析吟味し、進んで当社製低炭素鋼に関する一般的実験式を誘導する。

第5表 実験式の係数(1)

試料	K_1	K_2	σ_0 kg/mm^2	C%(平均)
111	55.0	5.6	26.0	0.06
112	50.0	4.0	25.0	0.07
121	56.0	5.6	29.0	0.06
122	51.4	4.0	27.0	0.06
211	55.6	7.5	31.3	0.08
212	51.0	6.0	30.0	0.08
221	56.0	8.0	32.8	0.10
222	50.4	6.0	31.2	0.08
311	57.4	14.2	23.0	0.21
312	52.0	11.1	22.0	0.21
321	58.0	14.3	24.0	0.21
322	54.0	11.0	22.0	0.21

第5表で明かな様に又過去の実験者に依り發表されてゐる様にマンガンの影響は炭素含有量と共に増加し、此等の増加は $(pC_2 + q)$ なる型式に依るものと考へられる。但し p, q は各材料に共通なる常數で C_2 は任意の炭素含有量を表はす。

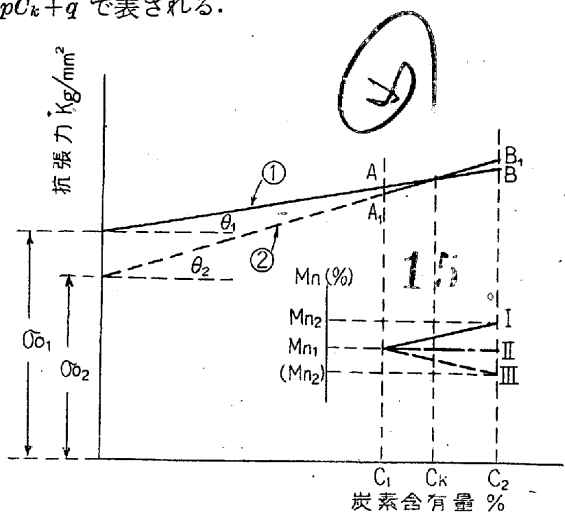
今炭素含有量 $C_1 \sim C_2$ なる場合のマンガン含有量 $Mn_1 \sim Mn_2$ なる材料にて $(pC_2 + q) Mn_2$ を用ひてマンガンの影響を除去した場合の抗張力(イ)とマンガンの影響を一定と假定し、 $R Mn_2$ なる型式に依りマンガンの影響を除去した場合の抗張力(ロ)即ち(本実験の場合)との誤差を検



第2圖(b) B種シート、バーの抗張力とC及Mnとの関係

が、此の變化の程度ではそれ等の値の如何に係らず σ そのものは近似的にその材料の抗張力を表はすものである。而して抗張力に及ぼすマンガンの影響は實際は炭素量の函數として表されるものであるから、 K_1, K_2, σ_0 の値には幾分

討して見る。但し R は常數でその性質上 $C_1 \sim C_2$ 内の或る一定の炭素量 C_k を有する場合のマンガンの影響であつて $R = pC_k + q$ で表される。



第3圖 本近的解法の誤差解説圖

第3圖は此等の吟味解説圖を示すものであつて直線1は理論値即ち(イ)の場合で $(pC_k + q)Mn_x$ なる式に依りマンガンの影響を除去した場合の抗張力と炭素量との関係を表はし、直線2は本解法の計算値即ち(ロ)の場合で RMn_x なる式に依りマンガンの影響を除去した場合の抗張力と炭素量との関係であつて、此等の線圖より $C_1 < C_k < C_2$ なる条件の下にマンガンの(a)増加する場合、(b)一定なる場合(c)減少する場合の(イ)、(ロ)の誤差の絶対値を計算すれば次の通りである。

(a) $Mn_1 > Mn_2$ なる場合(第3圖、直線 I)

C_1 及 C_2 に於ける誤差を夫々 E_{c1}, E_{c2} とすれば

$$E_{c1} = (pC_k + q)Mn_1 - (pC_1 + q)Mn_1 = pMn_1(C_k - C_1) \dots (5)$$

$$E_{c2} = (pC_k + q)Mn_2 - (pC_2 + q)Mn_2 = pMn_2(C_k - C_2) \dots (6)$$

なる関係が成り立つ。尙第5表の K_1, σ_0 に及ぼす全體誤差は

$$T.E = |E_{c1}| + |E_{c2}| = p\{Mn_1(C_k - C_1) + Mn_2(C_2 - C_k)\} \dots (7)$$

となる。

(b) $Mn_1 = Mn_2$ なる場合(第3圖、直線 II)

(a) と同様にして

$$E_{c1} = pMn_1(C_k - C_1) \dots (5')$$

$$E_{c2} = pMn_2(C_k - C_2) \dots (6')$$

$$T.E = |E_{c1}| + |E_{c2}| = pMn_1(C_2 - C_1) \dots (7')$$

(c) $Mn_1 > Mn_2$ なる場合(第3圖、直線 III)

(a) と同様にして

$$E_{c1} = pMn_1(C_k - C_1) \dots (5'')$$

$$E_{c2} = pMn_2(C_k - C_2) \dots (6'')$$

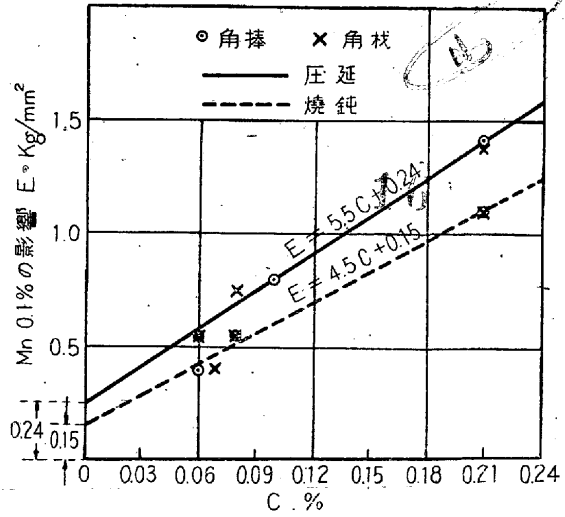
$$T.E = |E_{c1}| + |E_{c2}| = p\{Mn_1(C_k - C_1) + Mn_2(C_2 - C_k)\} \dots (7'')$$

又圖面にて第5表の K_1 及 σ_0 に及ぼす全體誤差は(8)式にて表される。

$$即ち T.E = E_{c1} + E_{c2} = AA_1 + BB_1 \dots (8)$$

此の T.E の値は前記の各式より明かなる通りマンガンの増加と共に増加し、又炭素含有量の範囲の廣い程大となる。従つて抗張力に及ぼす炭素の影響 $\tan \theta_x$ はマンガンの増加と共に増加し、地鉄の強さ σ_{0x} はマンガンの増加と共に炭素量の多い程減少する。

以上の吟味を基礎として第5表の實驗式に補正を加へた。即ち前式中の C_k の値を各材料の平均炭素含有量と見做し、これ等と第5表 K_2 の値即ちマンガンの影響との関係を示せば第4圖の如くなる。



第4圖 抗張力に及ぼすマンガンの影響と炭素量との関係

これより $(pC_k + q)$ の常數 p 及 q を決定し抗張力に及ぼすマンガンの影響の一般式を求めた。今抗張力に及ぼすマンガンの影響を E_x とすれば

$$\left. \begin{aligned} \text{壓延の儘} & E_1 = (55C + 2.4)Mn \\ \text{焼鈍} & E_2 = (45C + 1.5)Mn \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

となる。

第2圖に式(9)を用ひてマンガンの影響を除き抗張力に及ぼす炭素の影響を求め、 $C=0, Mn=0$ なる場合の抗張力を算出し。尙此の値より低炭素歴延鋼材の抗張力に及ぼ

す珪素、磷及硫黄の影響を除去すれば實際の地鐵の強さが得られる譯である。

磷及珪素の 0.1% が抗張力に及ぼす影響は夫々 +4 kg/mm² +2.5 kg/mm²) 焼鈍に依り此等の値は約その 10% を減ずるものと假定して、此の場合は夫々 +3.6 kg/mm², 2.2 kg/mm² として計算した。尙低炭素鋼に於ける硫黄の抗張力に及ぼす影響⁴⁾ は極めて僅少にして、且その含有量も亦極めて少量であるから此れは省略した。而して以上の計算に使用した磷、珪素及硫黄の量はその材料の平均含有量である。

上述の方法で誘導したる實驗式の一般型を

$$\sigma = K_1 C + K_2 CMn + K_3 Mn + K_4 Si + K_5 P + \sigma_0 \dots (10)$$

で表はせば、此等の係数は第 6 表で示される。

第 6 表 實驗式の係數 (2)

試料	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	σ ₀
111	33.0	55.0	2.4	25.0	40.0	26.4
112	30.0	45.0	1.5	22.0	36.0	25.0
121	33.5	55.0	2.4	25.0	40.0	29.0
122	30.0	45.0	1.5	22.0	36.0	27.0
211	34.0	55.0	2.4	25.0	40.0	28.0
212	31.0	45.0	1.5	22.0	36.0	26.5
221	33.5	55.0	2.4	25.0	40.0	30.0
222	31.8	45.0	1.5	22.0	36.0	29.0
311	33.0	55.0	2.4	25.0	40.0	26.7
312	30.0	45.0	1.5	22.0	36.0	25.0
321	33.5	55.0	2.4	25.0	40.0	27.2
322	31.7	45.0	1.5	22.0	36.0	25.7

第 6 表を壓延の儘のものとして焼鈍したものに就き平均すれば次の 4 つの式が得られる。

壓延の儘のもの

角棒 $\sigma = 33.5C + 55.0CMn + 2.4Mn + 25.0Si + 40.0P + 28.7 \dots (11)$

角材 $\sigma = 33.0C + 55.0CMn + 2.4Mn + 25.0Si + 40.0P + 27.0 \dots (12)$

焼鈍せるもの

角棒 $\sigma = 31.1C + 45.0CMn + 1.5Mn + 22.0Si + 36.0P + 27.2 \dots (13)$

角材 $\sigma = 30.0C + 45.0CMn + 1.5Mn + 22.0Si + 36.0P + 25.5 \dots (14)$

こゝに σ: 抗張力 kg/mm² Si: 珪素含有量%

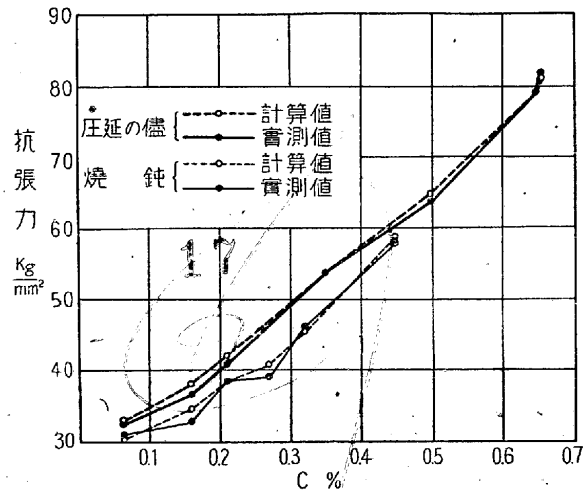
C: 炭素含有量% P: 磷含有量%

Mn: マンガン含有量%

式 (11)~(14) に依れば取鍋試料は壓延鋼材に比して約 1.7 kg/mm² の高抗張力を示し、その差は壓延の儘のものも

焼鈍したものも一樣である。此等の差異は試料製作過程の相違に原因するものであらう。尙昭和製壓延鋼材(低炭素)の一般實驗式は式 (12) 及 (14) で表されることになる。今これらの式につき吟味して見る。

第 5 圖は炭素量 0.1~0.7% の昭和製各種鋼材の實測値とその化學成分より本實驗式を用ひて算出した抗張力との比



第 5 圖 當社製鋼材の抗張力の計算値と實測値との比較を示したものである。

これに依れば全炭素量のものに互つて可なり良く一致してゐる。然し幾分の誤差の認められるのは磷及珪素の影響を文獻を参考して假定したこと、硫黄の影響を無視したこと、試料の條件が必ずしも均等でなかつたこと等が挙げられるがその誤差は約 1 kg/mm² 程度のもので實際上の使用には差支へない。従つて本實驗式は 0.3% C 以下の昭和製鋼材に就き求めたものではあるが中、高炭素鋼にも適用出来る。

V. 抗張力に及ぼす各成分の影響

前述の通り此種の文獻は非常に多い。今此等の文獻に發

第 7 表 0.1% の C 及マンガンが抗張力に及ぼす影響並に地鐵の強さ (σ₀)

發表者	0.1% C の影響 kg/mm ²	0.1% Mn の影響 kg/mm ²	σ ₀ kg/mm ²	備考
本實驗	3.3	0.80~2.44	27.0	鹽平鋼. 壓. 昭和
本實驗	3.0	0.60~1.95	25.5	鹽平鋼. 鈍. 昭和
城 ⁵⁾	3.6	0.80~2.60	32.0	鹽平鋼. 壓. 八幡
足立 ⁶⁾	3.3	0.80~2.60	30.2	鹽平鋼. 壓. 八幡
Merriman ⁷⁾	4.6	—	—	鹽平鋼.
Campbell ⁸⁾	5.4	0.90~1.75	29.0	鹽平鋼.
Webster ⁹⁾	5.6	1.28+	26.7	鹽平鋼.
Stead ¹⁰⁾	6.0	—	26.2	鹽平鋼.
濱住 ¹¹⁾	—	0.90~2.43	—	鹽平鋼. 壓.
Neville & Cain ¹²⁾	—	0.65~1.75	—	—
Lang ¹³⁾	—	1.5+	—	鹽平鋼.
Yensen ¹⁴⁾	—	—	25.0~29.0	真空. 熔解. 純鐵
McWilliam ¹⁵⁾	—	—	27.0	トーマス鋼

表されてゐる各成分の影響と本実験の結果とを比較して見やう。第7表は炭素及マンガンの影響並地鉄の強さを比較したものである。

本実験に於ける炭素の影響は他に比して比較的小さな値を示してゐるが八幡製鋼材とは類似した値を示す。

マンガンの影響は炭素含有量の増加と共に増大することは各実験者の等しく認める所である。第7表には Webster, G. Lang 両氏の平均値以外は炭素含有量 0.1~0.4% の場合のマンガンの影響を示したが、此れに依れば濱住, 城, Campbell 諸氏の結果と比較的良く一致して居り、又地鉄の強さは八幡製鋼材を除いた他の鋼材と類似した値を示して本実験の結果は大體に於て妥當な値を示すものと言ひ得る。此處に八幡製鋼材が他に比して地鉄の強さが比較的大なる値を示すのは炭素及マンガン以外の各成分の影響を含むため特に銅を多分に含有してゐるためではないかと考へられる。

尙珪素, 磷及硫黄の影響は全く文献に依存して前述の如く決定した。即ち此等の文献を綜合するに珪素の影響はその含有量が少い場合は炭素量 0.2% 附近までは上昇するがそれ以上になると徐々に減少する傾向を有する。而して普通炭素鋼では珪素含有量 0.1% につき 2.5 kg/mm² 程度の抗張力の増加を示すものと思はれるので本実験に於ては珪素の影響としてこの値を採用した。

磷は抗張力を高める一方、その量の増加と共に著しく脆性を増し、且炭素含有量の増加と共にその影響は幾分増加する傾向が認められる。その範囲は各発表者に依り異なるが 0.1% P につき約 4~7kg/mm² の抗張力の増加を來たす様である。本実験では試料が低炭素鋼であつて、然も次に述べる硫黄の影響を無視したので上記の最小値 4kg/mm² を選んだ。

硫黄は抗張力を低下せしめるが、その影響は炭素量と共に増大する⁴⁾。而して本実験に用ひた試料の如き低炭素の場合は少量の硫黄の影響は全々無視しても差支へないと思はれたのでこれは省略した。

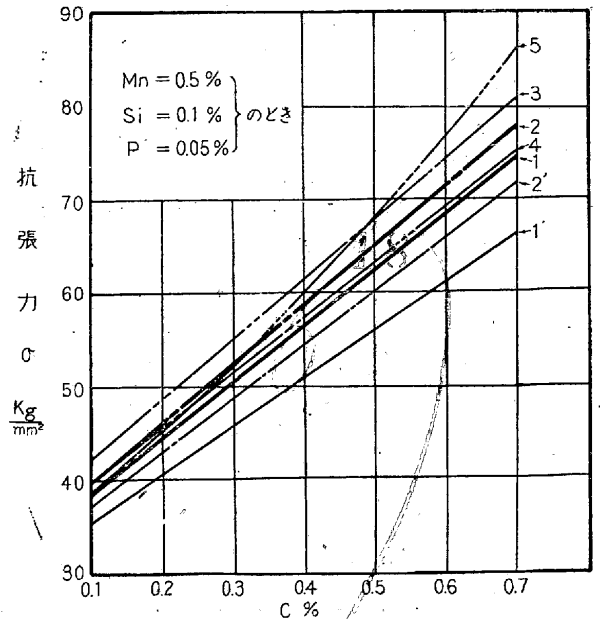
第8表及第6圖は実験式の比較で、第6圖はMn=0.5%, Si=0.1%, P=0.05% と假定し、炭素量を(0.1~0.7)% とした場合の第8表の実験式に依る抗張力と炭素量との關係を示したものである。これに依れば昭和製鋼材は他に比して最小の抗張力を示してゐる。これは八幡の城氏の計算値と比較するに歴延の儘のもので 0.1%C の場合に約 1kg/mm², 0.7%C では約 3kg/mm² 又焼鈍したもものでは 0.1%C

で約 2kg/mm², 0.7%C で約 5kg/mm² 夫々低い値を示してゐるが、昭和製鋼材の珪素及磷の含有量は上記の假定より幾分低目であるから、その差は尙一層大きくなるものと思はれる。

第8表 実験式の比較

発表者	実験式	備考
本実験	$\sigma = 33.0C + 55.0CMn + 2.4Mn + 40.0P + 25.0Si + 27.0$	昭和, 鹽基性平爐鋼, 歴延
本実験	$\sigma = 30.0C + 45.0CMn + 1.5Mn + 36.0P + 22.0Si + 25.5$	同上, 焼鈍
城 ⁹⁾	$\sigma = 36.0C + 60.0CMn + 2.0Mn + 32.0$	八幡, 鹽平, 鋼, 歴延
城 ¹⁰⁾	$\sigma = 33.0C + 50.0CMn + 1.0Mn + 31.0$	同上 焼鈍
足立 ⁹⁾	$\sigma = 33.0C + 80.0CP + 64.0P + 60.0CMn + 2.0Mn + 30.2$	同上 歴延
Campbell ⁸⁾	$\sigma = 54.0C + 28.0CMn + 6.0Mn + 70.0P + 29.0$	鹽基性平爐鋼歴延
Merriman ⁷⁾	$\sigma = 46.0C + 28.0CMn + 6.0Mn + 70.0P + 27.2$	同上
McWilliam ¹⁴⁾	$\sigma = [56 + 28(C - 0.2)]C + [7 + 14(C - 0.2)]Mn + 70.0P + 27.0$	トーマス鋼

但し σ : 抗張力 kg/mm², C: 炭素含有量%, Mn: マンガン含有量%, Si: 珪素含有量%, P: 磷含有量%



第6圖 実験式から算出した抗張力の比較

1. 本実験結果(昭和)歴延 1'. " " 焼鈍
2. 城(八幡)歴延 2'. " " 焼鈍
3. Campbell 歴延 4. Merriman "
5. McWilliam "

VI. 昭和製鋼材の特性

第6圖に見られる通り明かに昭和製鋼材の抗張力は他の会社の鋼材のそれより低い値を示してゐる。従つて他の機械的諸性質に於ても亦他とは異なる値を有してゐると考へられるから、八幡製鋼材のそれらを對照として比較検討

し、昭和製鋼材の特性に言及する。これに用ひた試料は第9表の如き化学成分と機械的性質とを有する昭和製鋼材の壓延の儘のもので、之と比較した八幡製鋼材の機械的性質は第10表で示されるが、これは八幡製壓延の儘の鋼材に就き城氏の發表に依る各種の實驗式に第9表の成分を代入して求めた結果である。

第9表 昭和製鋼材の化学成分並機械的性質

番號	C%	Mn%	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	B.H.N.	伸%
1	0.06	0.37	32.4	22.7	88	46.4
2	0.16	0.41	36.3	23.6	110	42.4
3	0.21	0.47	41.0	25.0	120	37.0
4	0.35	0.54	53.4	28.7	146	27.6
5	0.50	0.57	63.0	29.5	183	21.6
6	0.65	0.68	79.0	37.0	225	15.8
7	0.66	0.75	81.1	—	—	—

第10表 第8表の化学成分を有する八幡製鋼材の機械的性質(計算値)

番號	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	B.H.N.	伸%
1	36.2	24.6	88	—
2	42.5	26.9	97	40.0
3	46.5	28.7	129	33.4
4	56.7	32.2	160	24.6
5	66.5	35.6	193	19.1
6	83.1	40.6	239	13.7
7	85.1	—	—	12.5

城氏が發表された各種の實驗式は次の通りで、此等はすべて0.2~0.7%Cの壓延の儘の鋼材に就き求められたものである。

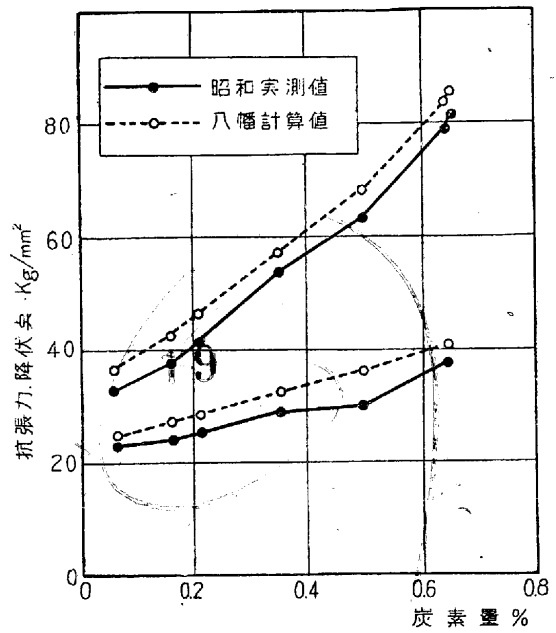
- a) 降伏點¹⁷⁾: $Y = 1.5C + 9CMn + 11Mn + 19.5$ kg/mm
- b) 抗張力⁵⁾: $T = 36C + 60CMn + 2Mn + 32.0$ "
- c) 硬度⁵⁾: $H = 11C + 180CMn + 4Mn + 86$ B.H.N.
- d) 伸⁵⁾: $E = 3.8/C + 22CMn + 17.6$ %
- e) TとHの関係⁵⁾: $T = 0.35H$

但し C:炭素含有量% Mn:マンガン含有量%

第7圖は抗張力及降伏點の比較で昭和製鋼材は八幡製鋼材に比し抗張力で4~5kg/mm²,降伏點で平均4kg/mm²程度低い値を示し、尙降伏點は炭素含有量と共に其の差が大きくなる傾向が見受けられる。

第8圖は伸及硬度の比較で、伸は昭和の方が2~3%程度大きく、硬度は八幡の方がブリネルの硬度數で約7程度大きくなつてゐる。

第9圖は抗張力と伸及硬度との關係を比較したもので、抗張力と伸との關係に於ては同一抗張力に對して昭和のものが約1%大きい値を示してゐる。尙抗張力と硬度との關係は昭和のものも八幡のものも大體一樣な値を示してゐる。

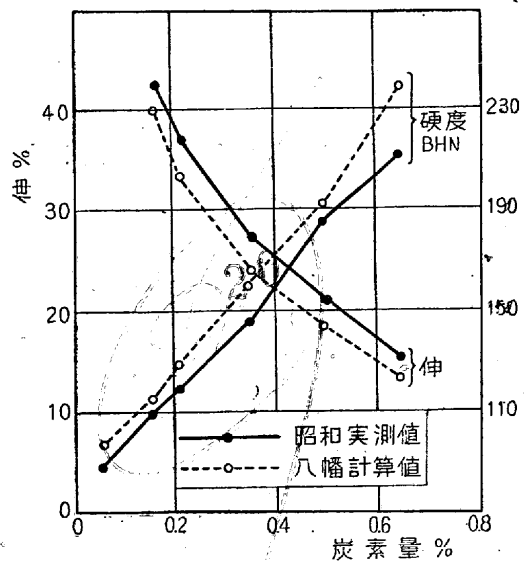


第7圖 降伏點及抗張力の比較

る。

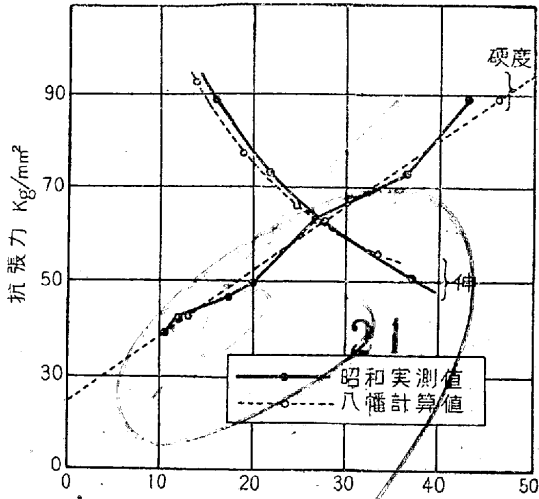
以上を總括するに昭和製壓延鋼材は同一成分を有する八幡製鋼材に比較して降伏點、抗張力及硬度は著しく低いが、伸に於てはすぐれてゐる。尙同一抗張力に對する伸は幾分高く硬度は殆んど變らない。

此等の關係から昭和製鋼材と八幡製鋼材と同一抗張力を保持せしめるためには昭和の炭素量を0.05~0.1%高めねばならぬ。而して低炭素の鋼材程炭素量の増加を必要とする。然しながらこれに依つても尙伸は八幡製鋼材に優れてゐる。



第8圖 伸及硬度の比較

以上の機械的性質と關聯して昭和製鋼材は流性變形を起し易い性質が多分に見受けられる。その一例を挙げれば軌

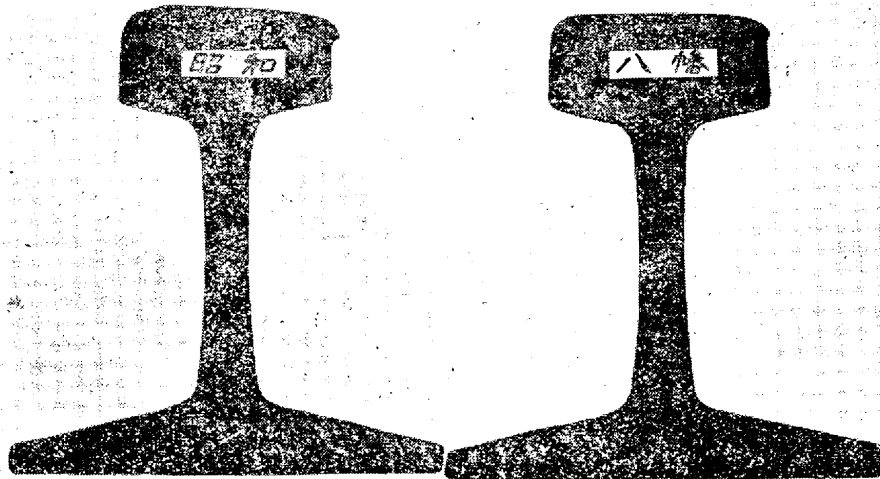


第9圖 抗張力と伸及硬度との關係

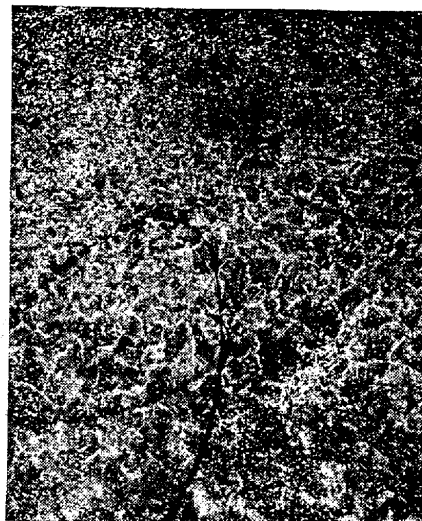
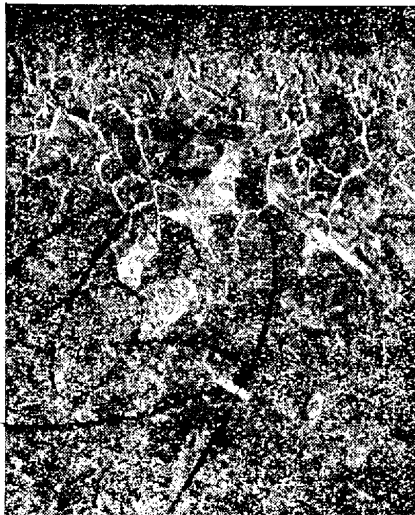
條頭頂面の流れである。即ち軌條は車輪のフランジとの摩擦箇所流れの現象を起すが、第10圖に示す通り八幡製

軌條に比し昭和のものは流れが甚しい。此の圖に示したものは列車通過量から言へば昭和製のものの方が少ないのであるから其の差は愈々甚しいと言はなければならない。此の様な流れの原因が或は頭頂面の脱炭にあるのではないかと思はれたので脱炭層の深さを調べて見た。これが第11圖である。これに依れば流れの原因が必ずしも脱炭に依るものでないことが明かとなつた。尙昭和製軌條はかゝる粘性を有するために折損を起すことは統計的に見て皆無の状態にある。以上の如く昭和製鋼材は八幡製鋼材に比較して著しく抗張力低く、粘性に富んでゐるが、此等は恐らく原料の差異及製鋼法の相違に起因するものではないかと思はれるのであるが、此等の詳細に互つては未だ明かでない。

VII. 結 言



第10圖 軌條頭頂流れの比較



昭和 0.76% C

八幡 0.67% C

第11圖 軌條頭頂面の脱炭比較

本報に於ては鋼の抗張力算出に關する實驗式の1解法を提案し昭和製低炭素壓延鋼材の抗張力算出に關する一般實驗式を誘導して、これに依る計算値と實測値とを比較し該式が昭和製一般壓延鋼材に適用し得ることを確めた。

又過去の文獻に發表されてゐる他社製鋼材に關する實驗式と比較吟味し、尙昭和製と八幡製鋼材との各機械的性質を比較し昭和製鋼材の特性に言及した。これらの結果を總括すれば次の如くなる。

1) 實驗式

- a) 昭和製壓延鋼材の抗張力算出に關する一般實驗式は次の通りである。

$$\text{壓延の儘 } \sigma = 33.0C + 55.0CMn + 2.4Mn + 40.0P + 25.0Si + 27.0$$

$$\text{焼 鈍 } \sigma = 30.0C + 45.0CMn + 1.5Mn + 36.0P + 22.0Si + 25.5$$

- b) 尙造塊の際採取した取鍋試料即ち角棒に關する實驗式は次の通りである。

$$\text{壓延の儘 } \sigma = 33.5C + 55.0CMn + 2.4Mn + 40.0P + 25.0Si + 28.7$$

$$\text{焼 鈍 } \sigma = 31.1C + 45.0CMn + 1.5Mn + 36.0P + 22.0Si + 27.2$$

但し σ : 抗張力 kg/mm^2

C : 炭素含有量% P : 磷含有量%

Mn : マンガン含有量% Si : 珪素含有量%

2) 本實驗公式と過去の實驗式との比較に依れば他社製鋼材に比し昭和製鋼材は最小値を示して居る。

2) 昭和製鋼材と八幡製鋼材との機械的性質の差異を見るに各機械的性質の測定數値が昭和製のもの大きい場合は+、小さい場合は-とすれば兩者の差は次の通りである。

- a) 抗張力 $-(4\sim 5) \text{ kg/mm}^2$
 b) 降伏點 $- 4$ " (平均)
 c) 伸 $+(2\sim 4) \%$

d) 硬 度 $- 7$ B.H.N.

e) 同一抗張力に對して、抗張力 50 kg/mm^2 以上の場合には伸は昭和製の鋼材が尙約1%大であるが、抗張力と硬度との關係は大體一致する。

上記の如き性質の相違は製鋼法の相違に依るものと思はれ、尙八幡製鋼材に銅を幾分含有してゐるもそれらの一原因をなすものと考へられるが、その詳細に互つては未だ明言出来ない。

最後に本研究中終始御懇切なる御指導と御援助を賜つた秋田研究所長並に熱心に本實驗に従事された冶金研究室員、各位、又本報告呈出方に就き種々御便宜を戴いた會社關係各位に對し深甚なる敬意と感謝の意を表する次第である。

文 獻

- 1) 材料研究會; 工業材料便覽(金屬) (昭. 12) 152.
- 2) E. D'Amico; Ferrum, **10** (1912) 289.
- 3) L. Gillet; Revue de Metallurgie, **1** (1904) 46.
- 4) J. S. Unger; Iron Age, **96** (1916) 146, Stahl u. Eisen, **37** (1917) 592.
- 5) 城正俊; 鐵と鋼, **18** (昭. 7) 1189.
- 6) 足立逸次; 鐵と鋼, **20** (昭. 9) 851.
- 7) M. Merriman; Bi-Monthly Bulletin of the American Institute of Mining Engineers, (1905) 1095.
- 8) H. H. Campbell; Journal of the Iron and Steel Inst., **2** (1904) 21.
- 9) W. R. Webster; Trans. Am. Inst. Min. Eng., **22** (1892) 776, **23** (1893) 113, **28** (1898) 618.
- 10) J. E. Stead; Journal of the Iron and Steel Inst., **2** (1916) 5.
- 11) 濱住, 上田, 諸岡; 鐵と鋼, **14** (昭. 3) 659.
- 12) Neville and Cain; Trans. Am. Electro. Soc., **42** (1922) 21.
- 13) G. Lang; Metallurgie, **8** (1911) 15.
- 14) T. D. Yensen; Stahl und Eisen, **36** (1916) 1256.
- 15) A. McWilliam; Journal of the Iron and Steel Inst., **9** (1918) 43.
- 16) 城正俊; 鐵と鋼, **20** (昭. 9) 427.
- 17) 城正俊; 鐵と鋼, **19** (昭. 8) 263.