

# 艦船用D鋼板の製造に就いて

(日本鐵鋼協會 第五回講演大會講演)

前 田 元 三

G. MAEDA: ON THE MANUFACTURE OF "D-STEEL" PLATE FOR THE SHIP BUILDING MATERIAL.

The "D steel," containing about 1.5% manganese and 0.27-0.30% of carbon, is superior on the mechanical properties for the ship building material to the "High tensile steel (H. T. S.)" or "High high tensile steel (H. H. T. S.)" now used.

At the Imperial Steel Works, Yawata, they had experienced many difficult troubles in making this high quality steel owing to the defects of ingot. But after several months of earnest investigations they have succeeded to produce better material than the foreign "Ducol steel"

In this paper, appearances and mechanical properties of plates as well as relations between the ingot and the plate are chiefly discussed, also some factors relating to the open-hearth practice and the ingot making are pointed out.

本稿は製鐵所研究所小平技師、森寺技手、檢定課奥技手及び筆者の共同研究として先に發表したデューコー  
ル鋼研究(製鐵所研究所、研究報告 Vol. IX. No. 5)  
に多少の取捨補綴を加へたものである。これを筆者の  
名に於て本誌に掲げることの僭越を謝すると共に上記  
諸氏の御厚意を感謝するものである。

## 目 次

- I. 緒 言
- II. 檢定規格と製造方針
- III. 製造初期に於ける成品鋼板の成績
  - 1. 形狀檢査
  - 2. 機械試験
    - a. 機械試験成績
    - b. 屈曲試験の不良なる原因
    - c. 機械試験と炭素、滿俺の關係
    - d. 試験片採取位置と機械試験成績
- IV. 昭和3年7月以後の成績
- V. 製鋼及び壓延の狀況
- VI. 鋼塊と鋼板の材質的關係
  - 1. 八字割れの原因

- 2. 痘の原因
- 3. 直接壓延と分塊壓延との比較
- 4. 改良造塊法の實驗

## VII. 結 論

### I. 緒 言

艦船材料の一種として従來高張力鋼或は特別堅質鋼が使用されて居るが、近時滿俺の更に高い鋼板がその強靱なる點に於て是等よりも更に優秀であることが紹介されるに及んで本邦に於てもその製造が企てられ製鐵所では大正13年12月之の試験を行つたことがある。其後昭和3年2月下旬から愈々鹽基性平爐による多量の生産に着手したものであるが、意外にも合格率低く同年6月迄に平爐材で合格圏内にあるものは甚だ少なくこの間多大の犠牲を拂つたのである。然し其後製鋼、壓延、成品試験の三者相連絡をとり相互の成績を考慮して逐次良品の製造に努めた結果同年7月から合格率増加し9月に至つて壓延枚數に對する形狀及び材質合格率50%以上に達し、最近の成績はこれを外國製の所謂デューコール鋼と稱せられ

るものと比較するも機械的性質或は組織の上から何等の遜色を見ないのみならず、寧ろ彼は多く酸性平爐製であるのに製鐵所に於ては鹽基性平爐の然かも鑛石法或は鑛石法に近い屑鐵法で同等の優秀品を製造し得るに至つたことは慶賀すべき次第である。

本論文は主として該鋼板製造開始當初の不合格の原因を調査した記録であつて、内容は成品の形状及び機械試験成績、製鋼及び壓延の状況、鋼塊對成品鋼板の材質關係等を纏めたものである。然してこれに依つて本鋼板の製造には如何なる特殊の現象があるか又如何なる點に注意すべきかを指示し、進んで良鋼塊製造の實驗例を示し更に其後優良品を製造し得るに至つた経路を明かにした。

尙如斯含滿俺鋼に就いては其物理化學的性質を論じた文献は少なくない。然し製造其他の實際問題に關するものは甚だ少なく製鐵所内田氏<sup>1)</sup>及び川崎造船所谷山氏<sup>2)</sup>の論文を見るのみである。

## II. 檢定規格と製造方針

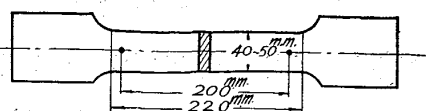
D 鋼板は檢定規格として嚴重なる形状検査の外に次に示す機械試験の諸事項が規定されて居る。

弾性界 20t/□" 以上、降伏點 26t/□" 以上、

抗張力 38~42t/□" 延伸率 20%以上、

屈曲試験 屈曲内半徑を板厚の 1/2 とし、180 度曲げて疵の生ぜざること。

第 1 圖



機械試験片は第 1 圖に示すもので、鋼塊の底部に相當する位置から成品鋼板に接近して壓延方向

に直角に切り取るものである。化學成分は何等指定されて居ない。以上の規格合格すべき鋼板を如何なる成分、如何なる方法に依つて製造すべきかに就いては大正 13 年の試製實驗の結果と外國製品の成分に依るの外其初期に於ては確たる方針がなかつた。従つて特別堅質鋼の滿俺を更に高くしたもので製造を始めた譯であつて、成分は炭素 0.25~0.30%、滿俺 1.50% 前後、珪素 0.1% 以下を目標とした。珪素を 0.1% 以下としたのは外國品が多くこの程度であつたからである。その結果は非常なる努力にも拘らず意外の不成績であつて、この状態が 6 月下旬まで續いたのである。此間製鋼部に於ける鋭意研究の結果、滿俺を下げ、珪素 0.2% 前後とし、更にアルミニウムの使用量を増して脱酸を充分ならしめることにより著しく良成績を擧げ得るに至つた<sup>1)</sup>。同時に造塊法の改良、鋼塊の手入れ、機械試験法の研究等によつて合格率は非常に良好となつた。

## III. 製造初期に於ける成品鋼板の成績

1. 形状検査 機械試験に對する懸念は最初から豫期された所であつたが實際鋼板を造つて見るとその形状不良が更に大きな不合格の原因をなすことが解つた。この形状不良とは成品鋼板の表面或は斷面に肉眼で認め得べき缺陷を示すことで、この原因は殆んどすべて鋼塊の材質不良に基くものである。今 D 鋼板製造開始以來 6 月 26 日に至る約 4 ヶ月間の第一製鋼工場、第三製鋼工場及び電氣爐工場製出の鋼板に就いて、壓延枚數（燒過ぎ、短尺等の壓延操作に起因する形状不合格品を除く）と之に對する形状不合格枚數（鋼塊の缺陷に依ると認められるもの）とを對照して見ると第

1 表になる。

工場別	チャ ー チ 數	壓延 枚數	形状不 合格枚 數	壓延枚數に 對する形状 不合格率
第一製鋼工場	11	70	29	41.43%
第三製鋼工場	14	115	88	76.52%
電氣爐工場	9	15	4	26.67%
合計	34	200	121	60.50%

形状不合格は一般に 4 吨乃至 6 吨の大鋼塊に多く 2 吨乃至 3 吨の小型のものには少ない。第三製鋼工場が他工場に比して著しく不成績であるのはこの爲めである。是等形状不合格の主なる種類を第 2 表に掲げる。(6 月 26 日迄の調べ)

形状不合格 名稱	第一製鋼工場		第三製鋼工場	
	枚數	形状不合格枚數 に對する割合	枚數	形状不合格枚 數に對する割合
表面割れ	10	34.48%	34	38.64%
断面割れ	6	20.69%	10	11.36%
八字割れ	1	3.45%	18	20.45%
痘及び氣泡	13	44.83%	21	23.88%
へげ疵	1	3.45%	8	9.09%

(表中の枚數には二三重複したものがある。即ち割れがあつて痘もあるものは兩方に加へた。)

表面割れ及び断面割れは兩工場とも合計 50% 前後であつて形状不合格の大部分を占めて居る。表面割れの形状は多く横割れであつて大小各種に亘り一般に壓延の初期に生ずる。これは鋼塊當時既に割れがあつたか或は少なくとも割れを生ずべき弱點を持つて居たと考へられる。断面割れは壓着しない收縮管、氣泡、或は偏析其他の弱點が剪斷時に割れて断面に現はれてくるものと思はれる。之等の割れ疵は鋼塊の大小による差は比較的少ない。鋼塊の大小によつて著しい差のあるものは八字割れと痘及び氣泡がある。即ち第一製鋼工場の比較的小鋼塊には八字割れは甚だ少なく、痘及び氣泡が形状不合格の著しい原因を爲

して居る。然るに第三製鋼工場の鋼塊即ち單重の大きなものは之に比較して痘及び氣泡は少なく八字割れが著しく多い。この八字割れと稱するものは高張力鋼、特別堅質鋼、及びこの D 鋼の如く滿庵の高い鋼塊に特有のものであつて、壓延の初期に於て鋼塊の頭部中央から下方外側に向つて斜に生ずる割れ疵を云ふ。從來この疵は鋼塊の收縮管に原因するものと考へられ、パイプ入りと稱せられて居たが、後述する實驗の結果これは誤認でこの疵は鋼塊内部に存する割れによるものであることが明かになつた。この鋼塊内部龜裂は如何なる機構によつて生ずるかは未研究に屬するが恐らく凝固冷却時の熱歪に依るものであらう。元來滿庵の高い板用鋼塊の製造はすべて下注法を用ゐ、鋼塊頭部を水で冷却して堅固なる皮殻を生ぜしめ更に下部から押湯をする方法を探つて居るが、この頭部を急冷して鋼塊外殻全體を堅固にし伸縮の餘地なからしめることが又この龜裂を助長する一原因と思はれる。其後造塊法を變へ鋼塊頭部を緩冷しこの部を最後に固まらしむる方法を構じた所がこの八字割れは全然出なくなつた。この詳細は後述する。

痘及び氣泡は鋼塊表面氣泡が鋼板の表面に現はれて來たものであつて其原因は勿論鋼塊にあるけれども、之が、結果から見て大型の鋼塊に少ないと云ふのは鋼塊を再熱する場合に大鋼塊は小鋼塊よりも長時間を要する關係上、鋼塊表面のスケールとなる厚さが大鋼塊は小鋼塊よりも大きく従て鋼塊肌の凹凸及び表面氣泡が大鋼塊に於てはスケールと共に取り去られる場合が多い爲めであらう。

## 2 機械試驗

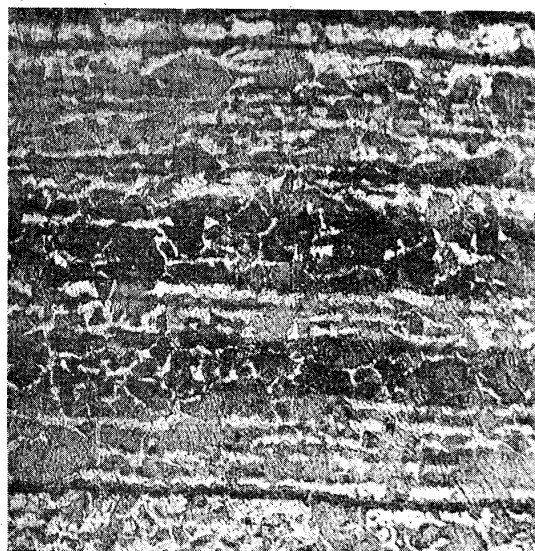
a 機械試験成績. 初期の鋼板は製造の不慣れに起因する材質の不良或は成分の不適當の爲めに機械試験成績は甚だ不良であつた。其最も主なる原因は屈曲試験である。壓延の方向に直角に採つた試験片で之れを板厚の 1/2 半徑で 180 度屈曲し然かも表面無疵の成績を得ることは甚だ困難であつた。昭和 3 年 6 月 26 日に至る (第 1 表参照) 形状合格枚数は 79 枚。この内屈曲良好なりしもの 22 枚 (27.85%)、完全に機械試験に合格したもの 8 枚 (10%、内 3 枚電氣爐)、合格値に甚だ接近したもの 12 枚、即ち合格圏内にあるもの合計 20 枚 (25.32%) であつて残り 2 枚は其他の成績不良のため全然不合格である。即ち屈曲成績の優良なものは殆んど全部他の機械試験成績も良い。又逆に多くの實例から抗張力、延伸率其他の機械試験成績の良好なものは概して屈曲試験成績の良いことも云ひ得る。事實これ等のものには屈曲がこの D 鋼板の規格では不合格でも屈曲内半徑が板の厚さ程度までは無疵で曲がつたものは少なくない。屈曲試験を除いても抗張力、延伸率共に優良なる成績を得ることは又仲々困難であつた。數多の實例から見るに、抗張力の規格外にあるものは多く化學成分の不適當のものであり、抗張力は良好でも延伸率の著しく小さいものは材質不良のものが多く、牽引破斷面の外觀は恰かも數十枚の薄板を重ねた状態を呈し、又表面疵があつて一見して材質の粗悪であることが解る。かくの如きものは屈曲試験には全然不合格であつて甚だしいのは特別堅質鋼程度即ち屈曲内半徑板厚の 2 倍で既に龜裂を生ずるものがある。

b. 屈曲試験の不良なる原因. 本鋼板の如く極度の屈曲を行ふものに對しては、材質良好のもの

と雖も龜裂を生じ易い。従つて表面疵があれば一層甚だしい譯であつて屈曲試験で不合格となつた大部分は全くこの點に原因する。數多の試片に就いて檢鏡するに、斯くの如き鋼板表面疵の成因は全く鋼塊表面氣泡とこれに附隨する析出或は鋼塊肌の不良等であつて、これ等が壓延によつてその方向に引き延ばされ表面には認め得ないものでも壓延方向と直角に屈曲すれば直ちに龜裂を生じ表皮を破つて外に現はれて來る。尙この鋼板の組織は熱間壓延材であるにも拘らず殆んど總てが壓延方向に延びた縞状の特有組織を呈して居る。これが又機械試験殊に延伸及び屈曲に悪影響を及ぼすことも想像される、組織の一例を第 2 圖に示す。

第 2 圖 鋼板一般組織

ピクリン酸腐蝕 ×100



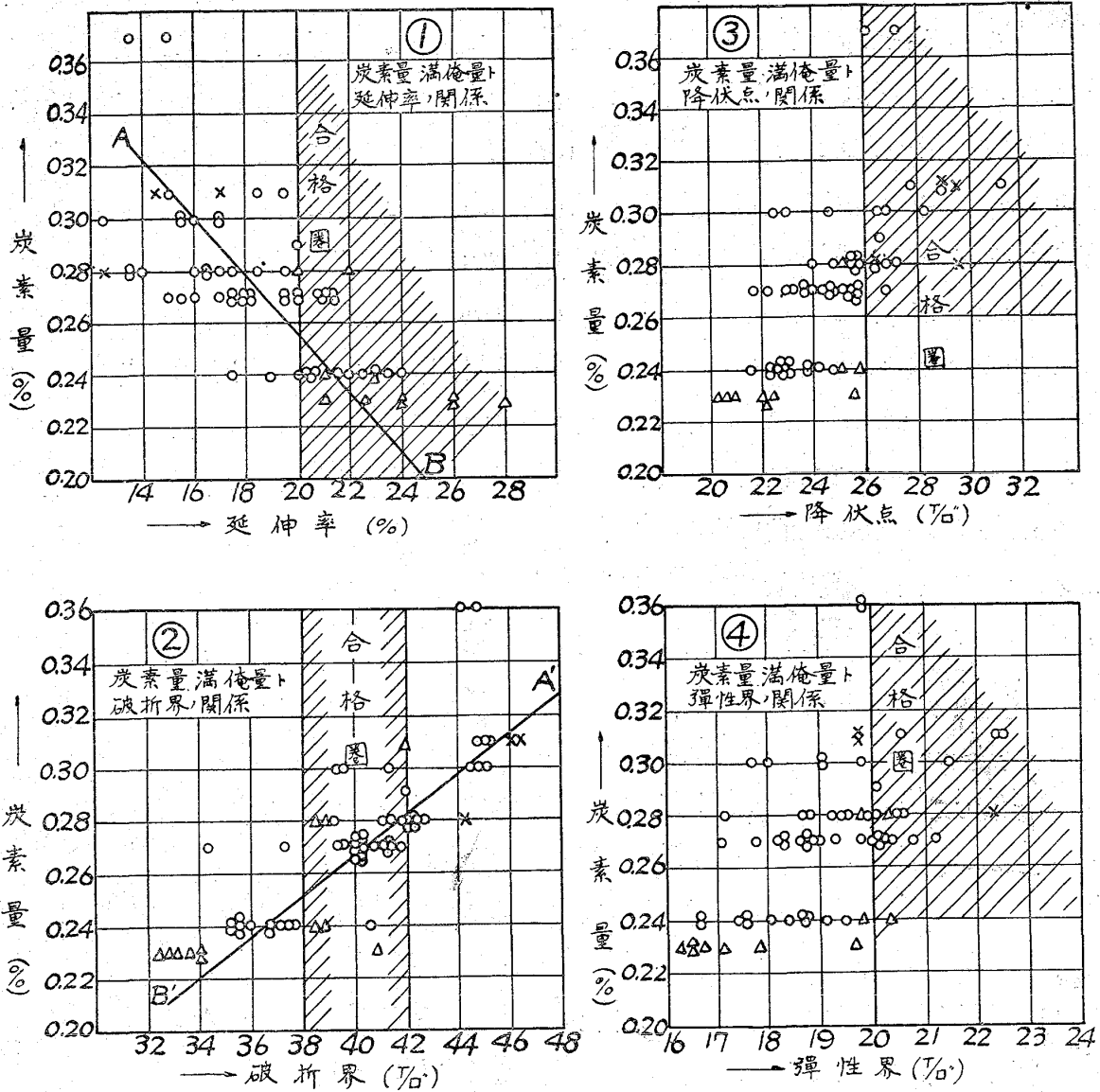
T. 11896 C 0.29% Mn 1.49%  
抗張力 42t/□" 延伸率 20% 屈曲 良

即ち屈曲不良の原因は化學成分よりも寧ろ鋼塊表面の缺陷殊に表面氣泡に基づくものが大部分であつて、更に本鋼板特有の組織が之を助長して居るものと考へられる。

c. 機械試験と炭素、滿俺の關係. 昭和 3 年 2

第 3 圖 成分と機械的性質

Mn 1.60%以上...× " 1.30%以下...△ " 1.30~1.60%...○ 試験鋼板 合計 67 枚  
(昭和 3 年自 2 月 29 日至 6 月 16 日)



月 29 日から 6 月 16 日まで成品試験所で機械試験を行つたものに就いて其成分を調べて見ると、炭素は 0.24~0.37%、満俺 1.27~1.80% の甚だ広い範囲に亘つて居る。この成分を機械試験成績と對照して見ると第 3 圖の様になる。①及び②の A B 及び A' B' 直線は満俺量 1.3% から 1.6% までのもの、炭素量による抗張力、延伸率増減の大體の傾向を示したものである。この圖から見れば

此程度の満俺量の範囲内では抗張力は炭素 0.25~0.28% が合格圏内にある。一方延伸率は炭素 0.26% 以下が安全である。満俺は炭素の低い場合は高く、炭素の高い場合は低くする方がいゝ。尙材質の比較的優良な延伸率 18% 以上、抗張力 28~42t/σ" のもの 20 枚の平均成分を見ると炭素 0.266%、満俺 1.42% となる。以上の諸點から見て、この期間中最も良成績の成分は炭素 0.25~

0.26%、満俺 1.4~1.5% であると云へる。③④は降伏点及び弾性界の関係圖であるが是等は規格の最少限及びこれより約 2 砵低い範圍が最も多數を示して居る。一般にその成績は甚だ不良である。

d 試験片採取位置と機械試験成績 前述の様に成品の機械試験はすべて鋼塊の底部に當る部分から壓延の方向に直角に採つた試験片に就いて行ふものであるが、試験片の採取位置と試験成績の關係を知るために、數種の鋼板に就いてその頭部及び底部から壓延の方向に直角及び平行の試片を採つて試験した。即ち第 3 表、第 4 表及

第 4 表

平均値	降伏點 t/σ"	破折界 t/σ"	延伸率 %
T.C	28.5	43.9	17.5
T.L	28.1	42.8	20.4
B.C	27.6	41.7	18.6
B.L	27.1	41.0	21.7

B.C. を基礎として T.C. T.L. B.L 各の B.C. に對する増減の割合を求めたるに次の如し。

T.C	+3.09%	+5.28%	- 5.86%
T.L	+1.81	+2.63	+ 9.68
B.L	-1.81	-1.68	+16.67

屈曲試験結果平均

	T.C	T.L	B.C	B.L
T. 12322	1.0	0.5	1.0	0.5
T. 12457	1.5	1.0	1.25	1.0
T. 12462	1.0	0.5	1.0	0.5
T. 12600	1.0	1.0	2.0	1.0
T. 12629	1.5	1.0	1.5	0.5
T. 12785	1.5	1.0	2.0	1.0
M. 90876	0.5	0.5	1.5	0.5
合計	8.0	5.5	10.25	5.0
平均	1.14	0.79	1.46	0.71

備考 數字は屈曲半徑の鋼板の厚さに對する比 R/t を示す、T.12600 及 T.12785 の B.C は實際は 2 以上なれども數字不明なるを以て假に 2 とし計算す。

第 3 表 試験片採取位置に依る機械性質の相異

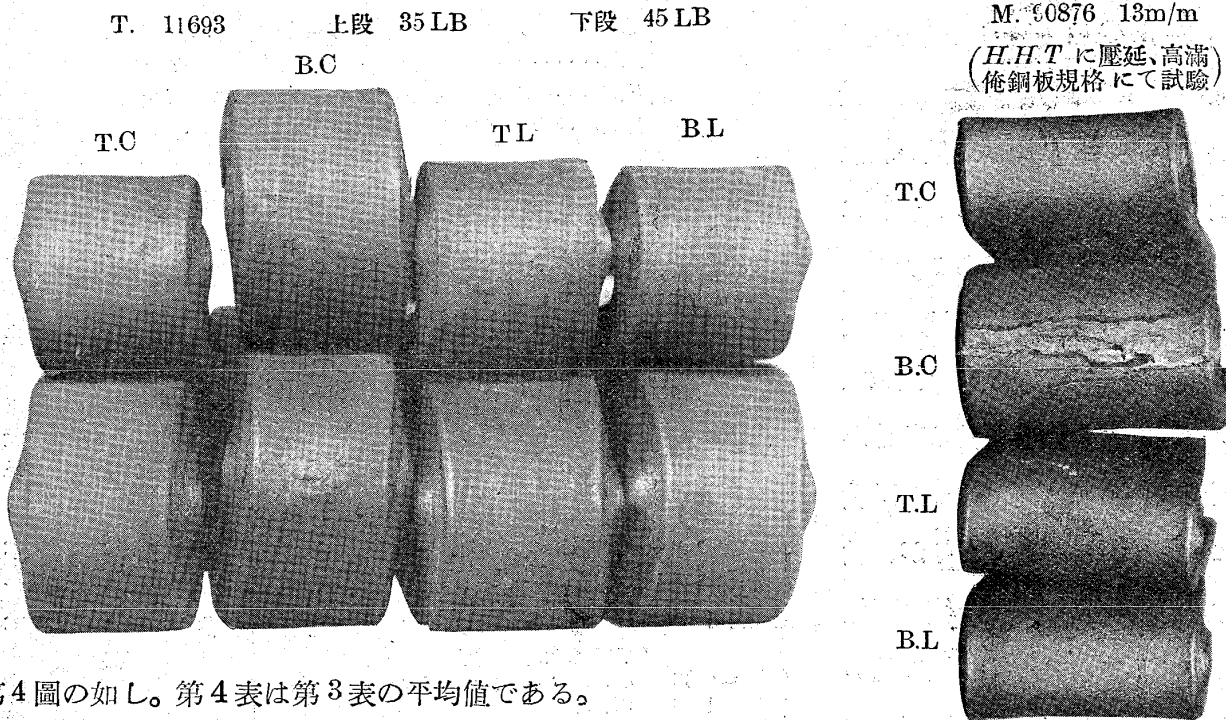
T.C..... Ingot の Top, 壓延の方向に直角  
 T.L..... " " 平行  
 B.C..... Ingot の Bottom, 壓延方向に直角  
 B.L..... " " 平行

製鋼番號	試片採取位置	降伏點 t/σ"	破折界 t/σ"	延伸率 %	屈 曲			
					$\frac{R}{t}=2.0$ H. H. T	$\frac{R}{t}=1.5$ H. T	$\frac{R}{t}=1.0$	$\frac{R}{t}=0.5$
T. 11693 {C = 0.27 {Mn = 1.50	T.C	26.5	43.0	10.0 <sup>端切</sup>				良
	T.L	25.3	41.3	17.0				良
	B.L	26.1	41.3	22.5				良
	T.C	28.4	42.4	15.5				良
	B.C	26.9	40.6	19.0				不良
	T.L	27.2	41.6	22.5				不良
	B.L	26.1	40.5	22.5				不良
	T.C	24.1	42.0	22.0				不良
	B.C	23.8	40.2	23.0				不良
	T.L	24.5	41.3	22.0				不良
T. 12457 {C = 0.33 {Mn = 1.28	B.C	24.1	40.4	24.0				不良
	T.C	26.3	42.9	18.5	良	良	不良	不
	T.L	27.9	43.2	21.0	"	"	不良	"
	B.C	25.8	39.6	18.5	"	"	"	良
	B.L	24.6	39.2	23.0	"	"	"	不良
	T.C	27.6	44.2	17.5	"	"	不良	不
	T.L	28.6	44.7	20.5	"	"	不良	"
	B.C	25.5	38.2	20.0	"	"	不良	不
T. 12322 {C = 0.32 {Mn = 1.47	B.L	25.0	38.5	25.0	"	"	不良	不良
	T.C	28.4	43.4	17.0	良	良	不良	不良
	T.L	28.7	43.3	22.0	"	"	"	不良
	B.C	27.0	41.2	17.5 <sup>端切</sup>	"	"	"	不良
	B.L	26.6	40.5	23.0	"	"	"	不良
	T.C	29.3	46.2	17.0 <sup>端切</sup>	良	"	不	不良
M. 90304 {C = 0.30 {Mn = 1.60	T.L	30.6	45.8	21.0	"	"	良	"
	T.C	28.5	44.2	19.0 <sup>端切</sup>	不良	不良	不良	不
	T.L	28.4	44.2	21.5	"	"	"	"
	B.C	26.6	41.2	21.0	"	"	"	"
	B.L	27.1	42.3	21.0	"	"	"	"
	T.C	29.8	44.4	17.5 <sup>小疵</sup>	"	"	"	不良
T. 12462 {C = 0.29 {Mn = 1.34	T.L	27.3	40.8	22.0	"	"	"	不良
	B.C	27.0	41.3	21.0	"	"	"	不良
	B.L	27.7	40.7	25.0	"	"	"	不良
	T.C	30.2	45.6	15.5	"	"	"	不
T. 12600 {C = 0.29 {Mn = 1.28	T.L	28.9	43.6	18.5	"	"	"	不
	B.C	29.9	43.8	18.5	不	不	不	不
	B.L	29.1	43.1	18.0	良	良	不良	"
	T.C	28.1	41.7	16.0	"	"	不良	不
T. 12629 {C = 0.28 {Mn = 1.43	T.L	27.5	41.4	17.0	"	"	不良	"
	B.C	25.6	39.3	19.0	"	"	不良	"
	B.L	24.6	38.7	19.5	"	"	不良	良
	T.C	31.0	49.6	16.0	"	"	"	不良
T. 12785 {C = 0.31 {Mn = 1.62	T.L	30.7	48.8	20.0 <sup>端切</sup>	"	"	"	不良
	B.C	30.5	47.6	14.5 <sup>小疵</sup>	不	不	不良	"
	B.L	29.8	47.2	18.5 <sup>小疵</sup>	良	良	不良	"
	T.C	27.0	40.0	21.0	"	"	"	良
T. 90876 {C = 0.24 {Mn = 1.23	T.L	28.0	38.8	22.0	"	"	"	良
	B.C	29.3	40.4	18.0	"	"	"	不良
	B.L	28.8	38.8	22.5	"	"	"	不良

H. H. T..... 特別堅質鋼  
 R..... 屈曲内半徑

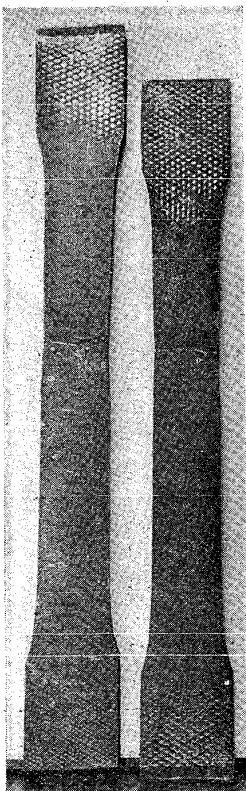
H. T..... 高張力鋼  
 t..... 板の厚さ

第 4 圖



第4圖の如し。第4表は第3表の平均値である。此結果から見ると壓延方向に平行に採つた試験片は總ての點に於て常に直角に採つたものよりも成績がよく容易に本鋼板の規格に合格する。又頭部

第 5 圖  
T.C B.C



及び底部について比較すると一般に抗張力、降伏點は頭部の方が大きく延伸率は底部の方が良い。屈曲は同方向のものに就いては頭部も底部も大差はない。

又鋼板表面の缺陷は牽引、屈曲によつて著しく外面に現はれ試験成績を害する。而してその程度は壓延方向に直角のものに甚だしい。表面底は一般に壓延方向に引き延ばされて居るので、これと平行に採つた試料では屈曲しても其影響は

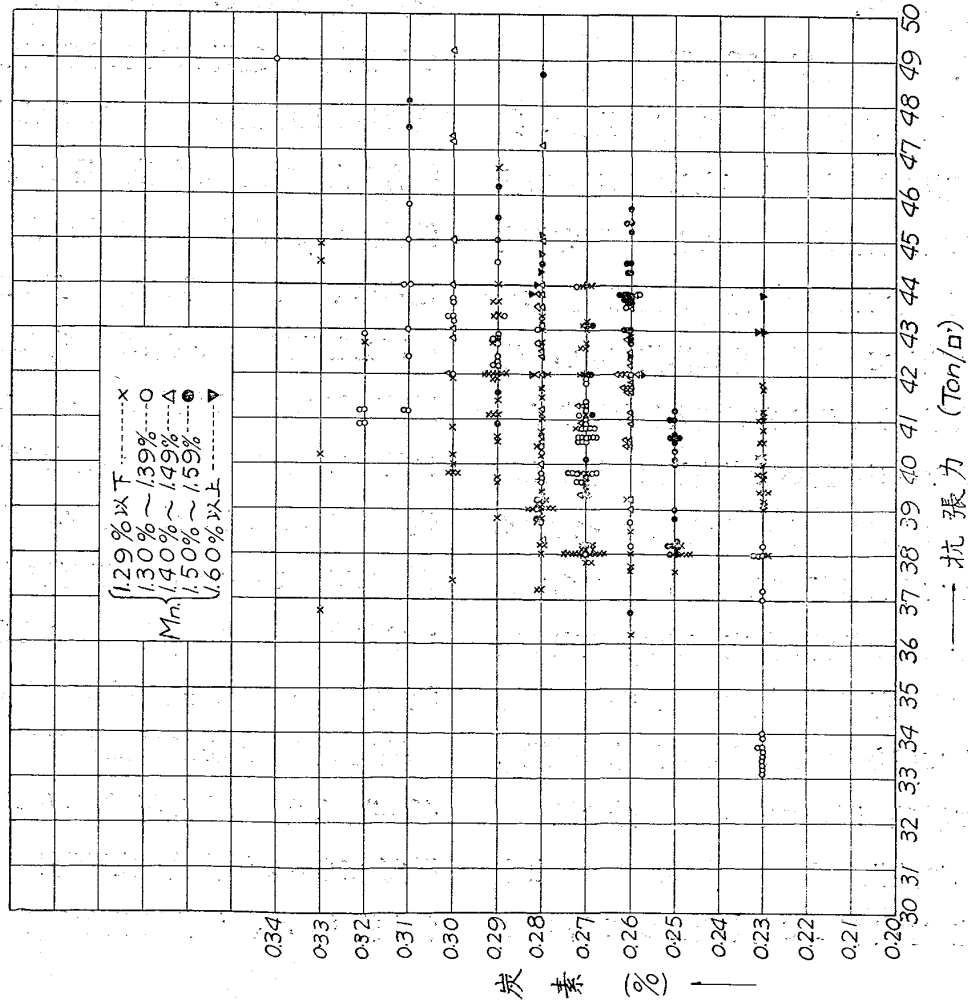
比較的顯著には現はれないけれども、これと直角に採つた場合は牽引又は屈曲の結果横に擴げられて直接破斷又は割れの原因となる。牽引試験片表面に現はれる疵の一例を第5圖に示す。

#### IV. 昭和3年7月以後の成績

以上の如く本鋼板製造開始以來6月下旬に至る約4ヶ月間は其成績甚だ不良であつて、この原因はすべて鋼塊の缺陷にあり殊に屈曲不良は鋼塊表面氣泡及び其他表面の不良に依ることが明かとなつた。鋼塊表面を綺麗にし氣泡を減少するにはどうしても流れの良い冴えた湯を造る必要がある。現場に於ける研究の結果この爲には滿俺を減小し珪素を増加する必要を認めてこれを實施した所が非常な良結果を示し、製鋼方針の確立に一道の光明を與へた譯である。同時に鋼塊のチップングを入念に行ひ且つ屈曲方法も從來のアムスラー試験機に依る押し曲げる方法の代りに鏈で靜かに打ち曲げる方法を探るに及び、是等三者の結果相俟つ

第 6 圖 抗張力と成分の關係

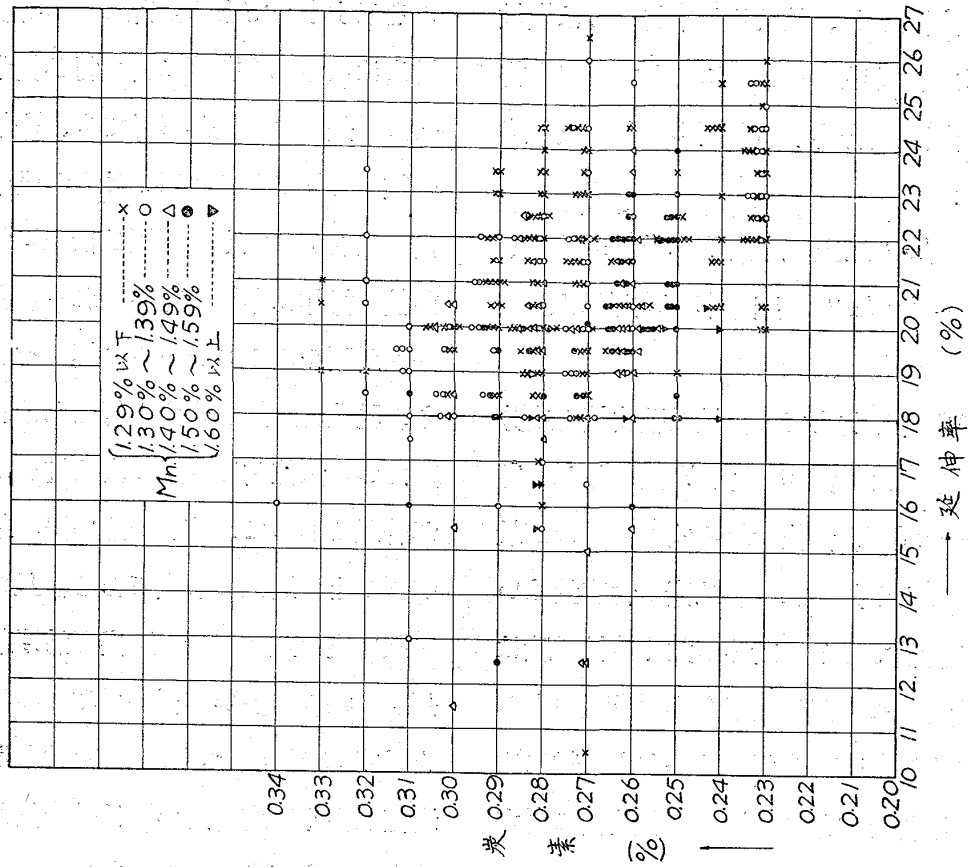
昭和 3 年 7 月 ~ 12 月



—— 抗張力 (Ton/cm<sup>2</sup>)

第 7 圖 延伸率と成分との關係

昭和 3 年 7 月 ~ 12 月



—— 延伸率 (%)



て非常な好成績を示し、且又9月中旬からは機械試験規格が次の如く改められるに及んで形状合格品に対する機械試験合格率が一躍80%以上に達するに至つた。

弾性界 18t/□" 以上 降伏點 25t/□" 以上

抗張力 37~44t/□" 延伸率 18%以上

屈曲試験 前規格と同様

7月以降12月下旬までの機械試験成績と成分との關係を圖示すれば第6圖第7圖の如し。即ち炭素0.27~0.28%、滿俺1.2~1.4%のものが最も確實であることが知られる。珪素の含有量はいづれも0.2%前後である。斯くの如く機械試験は非常に良成績となつたが形状不合格は或種のものゝは根絶し得る方法を發見し得たけれども一般には機械試験に擧げ得た様な良成績を形状試験に齎すことが出来なかつた。

### V. 製鋼及び壓延の狀況

このD鋼板の鹽基性平爐に於ける製造は、其檢定規格が極度の鋼質優秀を要求して居るので仕上を入念にしなければならぬことは高張力鋼或は特別堅質鋼の比ではない。鑄解、精鍊の操作は是等の場合に比して多少湯の中に滿俺が多い(滿俺鑄を多量使用す)と云ふだけで大した變りはない。即ち數チャージに就いて實驗した結果では、滿俺鐵加入前に於ける滿俺含有量は、すべて0.3%以上であつて中には0.8%に近いものもある。鋼滓さへ良好ならば適當の熱度の下で此程度の滿俺を含有して居る鑄鋼は其質に於て、普通のものゝに比して決して劣らない筈である。鋼滓は一般に良好であつて特殊の現象はない。其成分を見ると酸化滿俺は常に酸化鐵よりも多い。これなども湯の中に滿俺が多く従つて良く收まつて居るこ

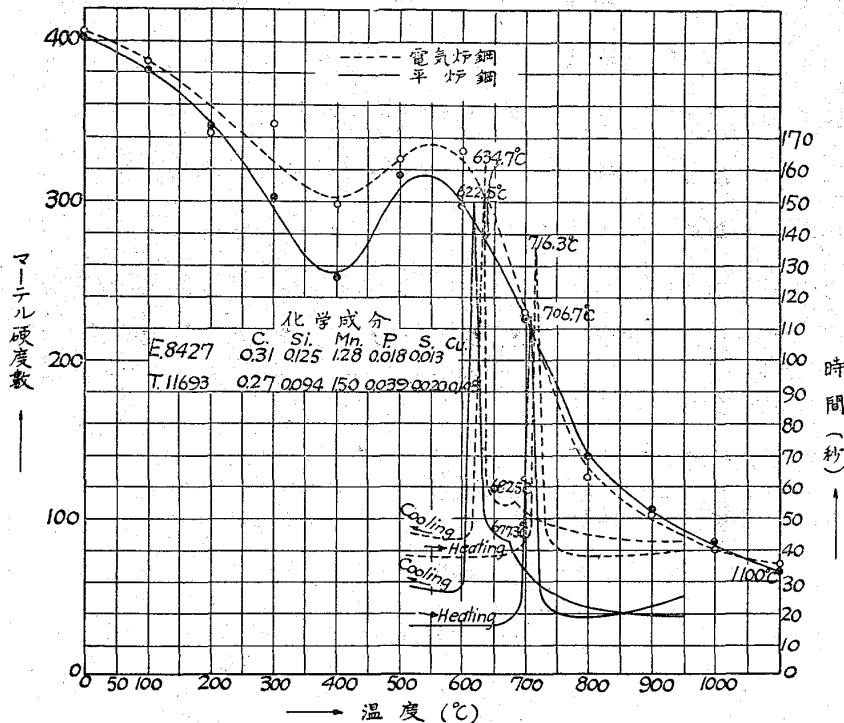
とを示すものである。殊にこの場合鑄解後の鑄石投入はなるべく初期に於て行ひ後半期はこれを控へた。是等の諸點から見ても、D鋼の製鍊爐況は一般に良好であると云ふことが出来る。従つて鋼質を左右する主なる原因は仕上期即ち滿俺鐵加入前後の操作にあると考へられる。滿俺1%以上の湯は所謂キルドスチールに屬すべきものであるから、脱酸と鎮靜を充分に行はなければ良鋼塊を得難たい。滿俺1%以上の湯は流れの非常に悪いのが普通であつて、流れの悪い湯は鋼塊の肌を悪くすることは周知の事實である。且又鑄込中に表面に堅い皮を生じ瓦斯の脱出を妨げ氣泡の發生を助長する場合が多い。従つて流れの良い湯を造らうとすれば溫度を更に高めなければならぬ。然し滿俺が多く溫度の高い湯は造塊操作に非常な煩雜を齎す場合が多い。のみならず、あまり溫度の高い湯は鋼塊の龜裂を助長し壓延中表面割れの原因となる。又鋼板の八字割れは殆んど鑄鋼の高熱の場合を占めて居る。溫度も過度に高くなく然かも流動性の良い氣泡の少ない湯を造るには、滿俺をなるべく下ぐる必要がある。且つ珪素を加へて湯の冴えを助長すると共に脱酸劑によつて充分なる脱酸を行ふことは有効なる一方法である。製鋼部に於てこの點に着眼し、<sup>1)</sup>滿俺を1.3%程度に下げ炭素を多少高くし、珪素を0.2%前後とし脱酸劑としてアルミニウムの使用量を增加するに及んで成品の強さを少しも減することなく鋼塊及び鋼板の材質を甚だ良好ならしめることが出来た。

装入の割合は第三製鋼工場銑鐵60~70%、屑鐵40~30%、第一製鋼工場銑鐵40~50%、屑鐵60~50%である。滿俺鑄石使用量はいづれも装入噸當り約60kg、滿俺使用量は装入噸當り20~29

kg、出鋼温度は1,600°C前後、鑄込温度は約1,520°C～1,560°Cである。鋼塊は直接厚板用の下注扁平鋼塊であつて、一旦冷塊となし再熱壓延するものである。

以上のものに結果の良いものがある。実験チャージ中最も成績の良かった T. 11693 の鋼板仕上温度は 800～900°Cであつた。仕上温度の高過ぎて悪いことは勿論である。

第 8 圖  
平爐及電気爐製 D 鋼熱間硬度及熱分析試験



鋼板の機械的性質には鋼質が大きな影響を與へるから仕上温度のみで云々することは不當であるが、以上の例から見ても仕上温度はあまり低くない方が良い様である。殊に炭素の比較的高い板では 700°C 位で最早や矯正が利かなくなり形状が不良となることがある。

## VI. 鋼塊と鋼板の材質的關係

1. 八字割れの原因 鋼塊の内部形状を調査する目的で、これを中央から縦斷した所が内部に龜裂のあるのを發見し、實驗の結果この疵

壓延操作には格別の異常はない。均熱爐から抽出された時の鋼塊表面温度は 1,000～1,100°Cであつて、鋼板仕上温度は（仕上ロールを出た時）700～900°Cである。この D 鋼は第 8 圖熱分析で明かである様に變態點はほと 670°C で普通鋼よりも低いから仕上温度も低くて良いわけであるが、熱間硬度試験に依れば（第 8 圖）800°C 以下では急激に硬度が増加して來る。従つてこれ以下の温度では壓延は容易でないのみならず、實際數回に亘つて測定した仕上温度と機械試験の結果とを對照して見ると、仕上温度の比較的低い 700°C 前後のものはあまり良い結果を示して居ない。概して屈曲が不良で延びが少なく、却つて 800°C

が鋼板の八字割れの原因をなすことを明かにした。この詳細を次に述べる。

この實驗に用ゐた鋼塊の成分及び種類次の如し

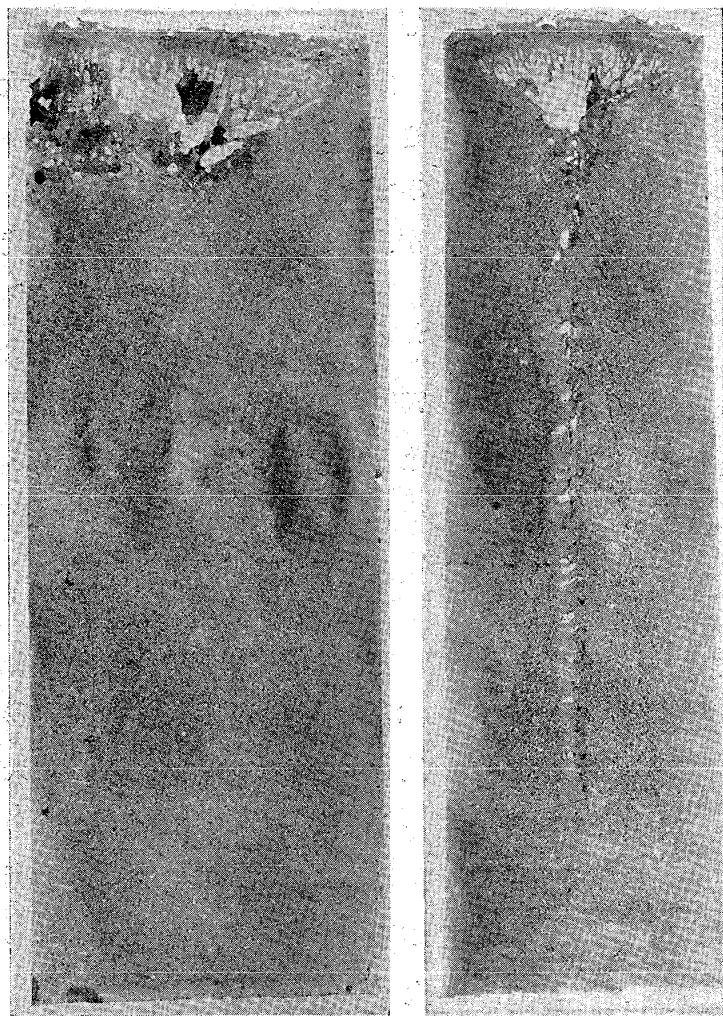
製鋼番號	T. 12322					
化學成分 (%)	C	Mn	Si	P	S	Cu
	0.32	1.47	0.030	0.029	0.015	0.106
鋼塊重量	B.5. 4,900kg					
鋼塊外觀	表面に多少凹凸あり。					

製鋼爐況は概して良好であつたが後半期に至るまで銕滓は流動性不良であつた。後述の様に鋼塊斷面に比較的气泡の多いのは之に原因して充分に銕鋼の鎮靜されて居なかつたに外ならない。其他異狀なし。

鑄鋼時の温度は 1,550°C、鑄型内の湯の揚りは

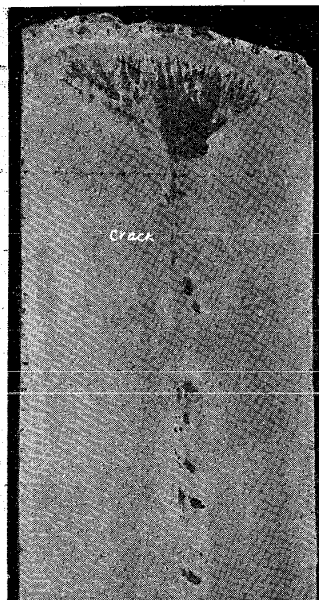
第 9 圖 鋼塊断面サルファープリント

T. 12322 鋼塊の大きさ B.5 4,900kg. 1,100<sup>mm</sup> × 450<sup>mm</sup> × 1,485<sup>mm</sup>  
 C Mn Si P S Cu  
 0.32 1.47 0.03 0.029 0.015 0.106  
 B 断 面 A 断 面



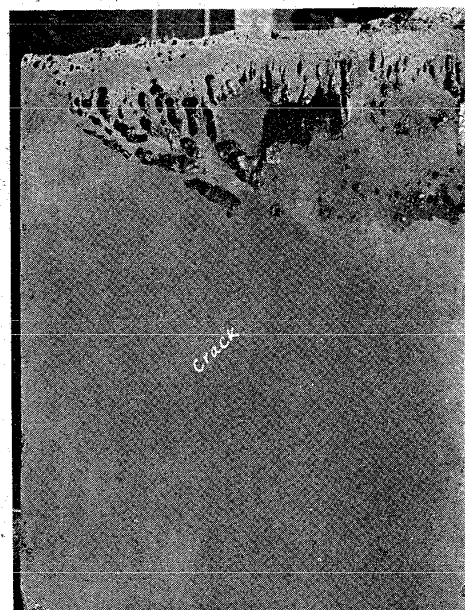
第10圖 鋼塊断面マクロ組織  
T. 12322

第9圖 A 断面頭部、八字割れ



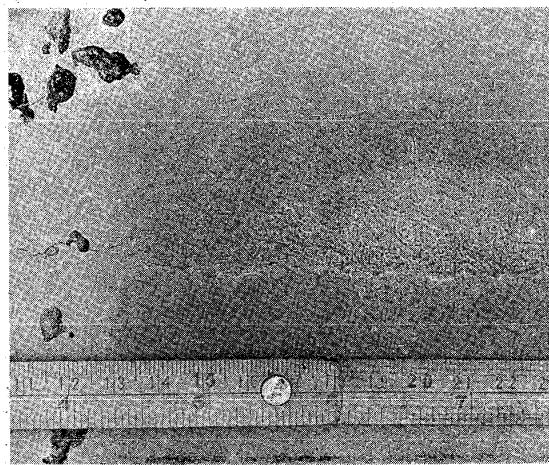
第11圖 鋼塊断面マクロ組織  
T. 12322

第9圖 B 断面頭部、八字割れ

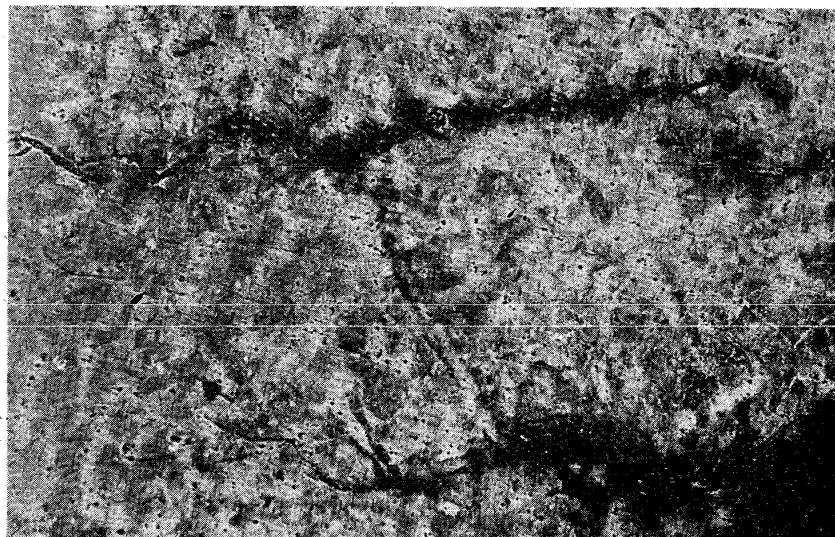


第12圖 鋼塊龜裂部のマクロ組織  
T. 12322

第9圖 A 断面の割れ



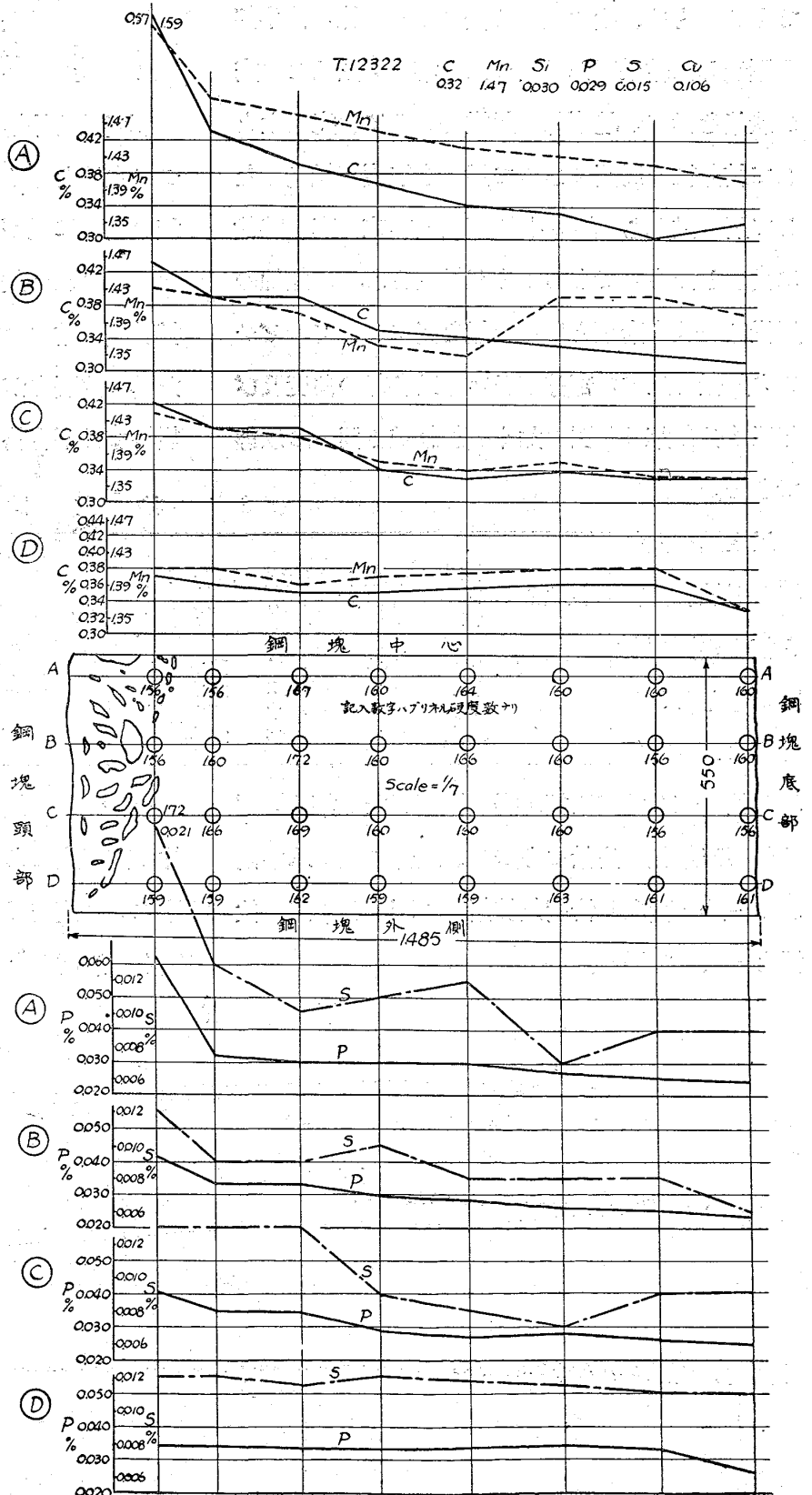
第 13 圖 A 断面龜裂部の檢鏡組織 ×7



平靜で押湯操作も完全であつた。試験鋼塊は 2 本立てで少々湯の揚りが他のものに比して荒く、鑄込中屢々湯と鑄型との接觸面に沸騰の起るのを認められた。

この鋼塊の 1 個を第 9 圖の如く A B の二面から縦斷してその内部形状を調べた。第 9 圖はそのサルファープリント第 10 圖、第 11 圖はマクロ組織である。鋼塊頭部に氣泡と混在する V 字形の收縮管があり、其中央末端から第二次收縮管が連続して底部近くまで存在して居る。兩邊には表面氣泡があつて底部及び上半部に殊に多く、其深さは A 断面では約 10mm、B 断面では約 6mm である。是等の表面氣泡の存在する位置が極めて表面に近く、即ち外皮(チル組織)内及び外皮と柱状晶との間にあることは注意を要する。尙この鋼塊には大きな内部龜裂のあるのを發見した。即ち A 断面では收縮管の下端約 90mm の位置に水平の横割れ疵がある。B 断面ではこれが約 45 度の方向に底部に向つて傾斜して居る。但し疵の末端は鋼塊の内部に止

第 14 圖  
硬度及化學成分



まり外部には表はれて居ない。この内部龜裂の壓延時に外部に現はれたものが所謂鋼板の八字割れであることは、次に述べる様にこの鋼塊の他半部を壓延した結果明かになつた。第 12 圖はこの疵の状態を示す。龜裂部の組織を見るに、疵は主として結晶粒の周圍にあつて然かも龜裂が鋭角をなして居る點から(第 13 圖)凝固後の末で高温時代に發生したものであることが推定される。鋼塊の組織は一般炭素鋼とは稍々趣を異にし、ソルビチック組織を呈する部分が多い。又各部の硬度及び化學成分は第 14 圖の如く一般鋼塊と同一の状態である。

鋼塊並に鋼板の寸法は第 5 表の如し。

		鋼塊	鋼板	比
幅		550 mm	1,800 mm	3.4
長さ		1,485 "	10,800 "	7.3
厚		450 "	11 "	0.024

壓延肌は外觀良好であるが、スケールを剥ぎ取つて生地を見ると微細な痘疵が甚だ多く、これが板の周邊に近づくに従つて次第に小割れに變つて居る。これは鋼塊表面氣泡に依るものである。機械試験の結果は第 6 表の如し。即ち炭素が高かつた爲め抗張力が稍々過大であり、屈曲は本鋼板の規格では不合格である。

第 6 表 材 質 試 験

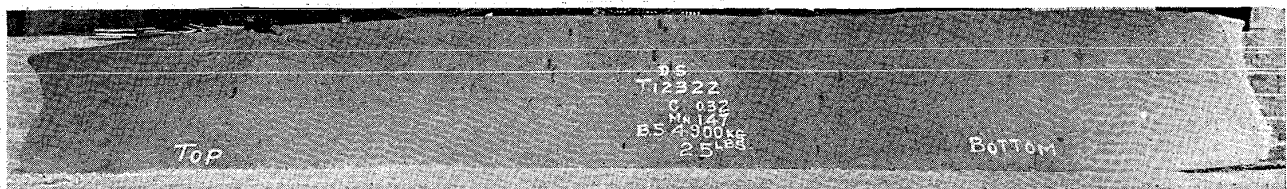
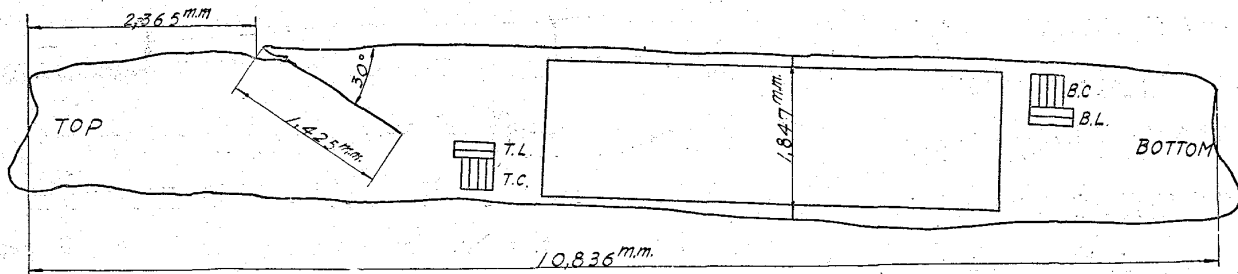
以上述べた鋼塊の形狀、組織と板との關係を明かならしめるために、この鋼

製鋼番號	試片採取位置	降伏點 t/σ"	破折界 t/σ"	延伸率 %	屈 曲				備 考
					$\frac{R}{t}=2.0$	$\frac{R}{t}=1.5$	$\frac{R}{t}=1.0$	$\frac{R}{t}=0.5$	
12322	T.C	28.4	43.4	17.0	良	良	良	不良	牽引及屈曲後の試片を見るに痘傷を認む
"	T.L	28.7	43.3	22.0	"	"	"	不良	
"	B.C	27.0	41.2	17.5	端切	"	"	不良	
"	B.L	26.6	40.8	23.0	"	"	"	良	

塊の他半部を第二原板工場で壓延した。第 15 圖は此壓延鋼板の全景であつて、頭部に近く八字割れの一邊を發生し恰度鋼塊断面に現はれた疵の位置と一致して居る。

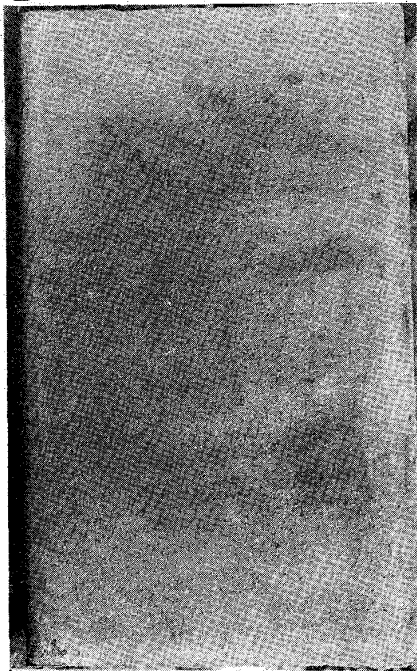
2. 痘の原因 屈曲試験で不合格となる主因は試験片の表面疵であつて、この表面疵は鋼塊の表面氣泡による痘疵であることは前項で述べた。この事實を一層明かならしめんが爲めに鋼塊の一面を約

第 15 圖



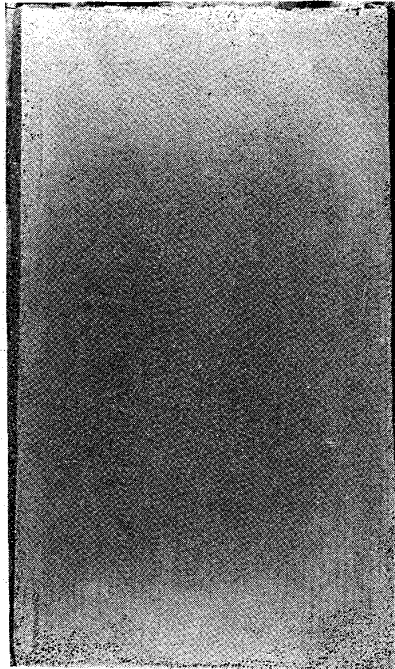
第 16 圖 1.

鋼塊一面を削りたる状況  
M.91312. B3. 2,900kg,  
1,500<sup>mm</sup>×1,050<sup>mm</sup>×290<sup>mm</sup>  
・削らざる面



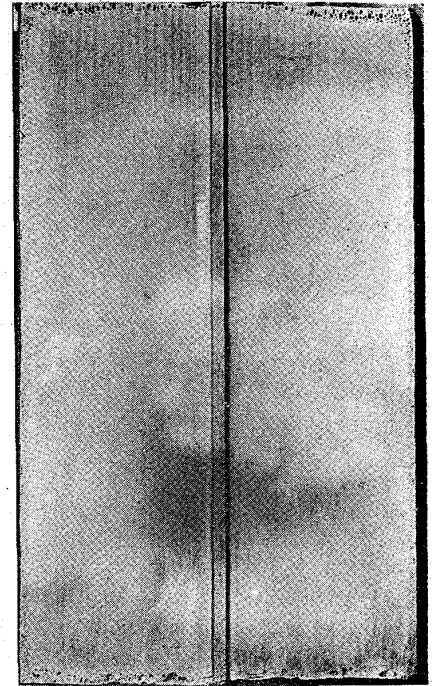
第 16 圖 2.

鋼塊一面を削りたる状況  
M.91312. B3. 2,900kg  
10mm 削りたる面



第 16 圖 3.

鋼塊の一面を削りたる状況  
M.91312. B3. 2,900kg  
20mm 削りたる面



30 mm 削り去り、完全に気泡を除去したものを壓延し兩面の形状を比較検定した。實驗に供した鋼塊は次の 3 個である。

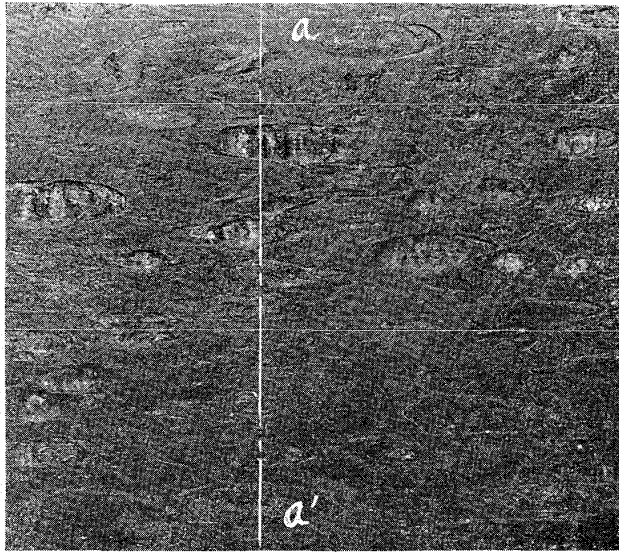
製鋼 番號	鋼塊單重 (kg)	C	Mn	Si	P	S	鋼塊 肌	気泡 の深 さ mm
M.91312	B3. 2,900	0.27	1.36	0.094	0.025	0.013	良好	15
M.91282	"	0.26	1.21	0.036	0.025	0.018	"	10
同	"	"	"	"	"	"	"	"

鋼塊は何れも表面割れなく皺小さく外觀良好である。第 16 圖はこの中の M.91312 で同圖の 1 は旋削前の鋼塊肌、2 は表面から 10mm、3 は 20mm 削つた面の寫眞であつて、外側には気泡を見るが壓延さるべき面にはこの程度で殆んど完全にこれが除去されて居る。是を更らに 14mm、即ち表面から 34mm 削つて壓延した。壓延操作は一般の D 鋼塊と同様であつて仕上温度は 700 C 前後である。壓延後板面を検定するに削つた面と削らない面では著しい差異がある。即ち削つた面

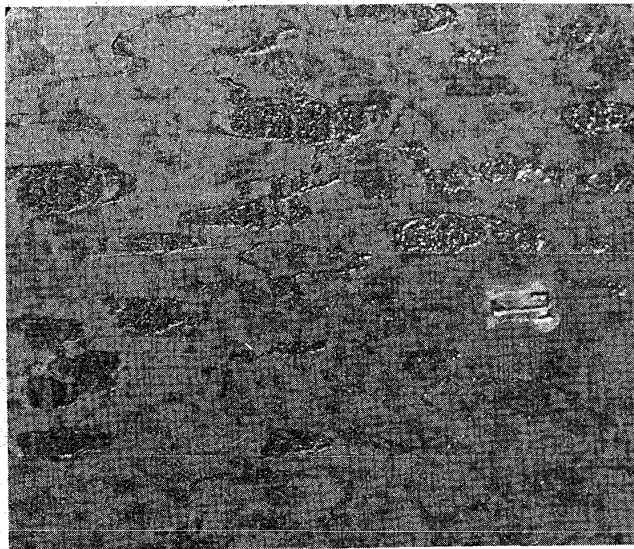
は無疵であるが削らない面には小さい痘疵が甚だしい。而して痘疵の發生した位置及び多少の程度は原料鋼塊と符合して居る。第 17 圖は痘疵の一例として M91312 鋼塊の頭部に近い（延した板の全長の 1/3 の位置）部分の板の表面、第 18 圖は痘が延ばされた方向に直角に切つた切斷面のマクロ組織及び檢鏡組織を示したものである。痘疵の深さは 0.3 mm 以内で材質の不良部分は鋼板表面の極く浅い部分にあるが、屈曲試験ではこの疵がノツチとなつて割れを生ずるのである。

機械試験の結果は第 7 表に示す。M 91312 は合格範囲にあるが M 91282 は稍々軟質で不合格である。屈曲試験では削つた面を外側にしたものと内側にしたものと兩方の實驗を行つたが、第 19 圖の如く前者は完全に屈曲し後者は表面疵に沿ふて龜裂を生じた。

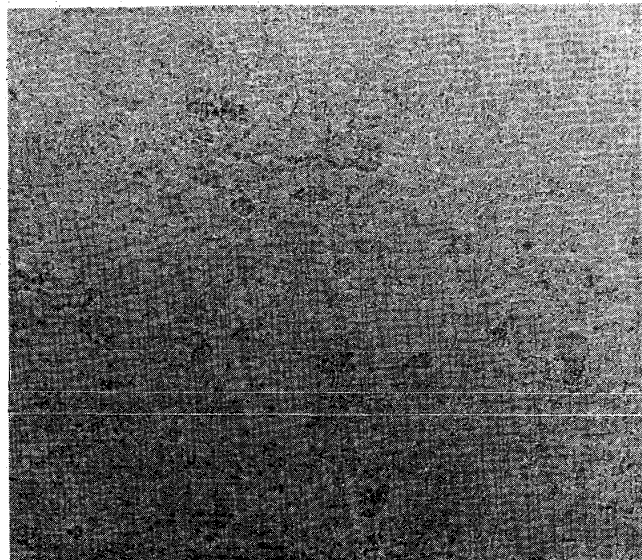
第 17 圖 鋼塊表面氣泡による痘癬  
(鋼塊頭部に近き部分)  
削らざる板の表面 (實物大)



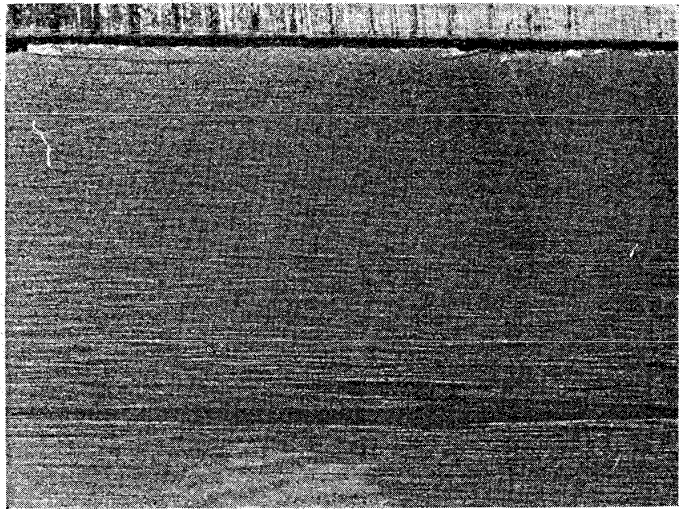
同上 酸洗せるもの (實物大)



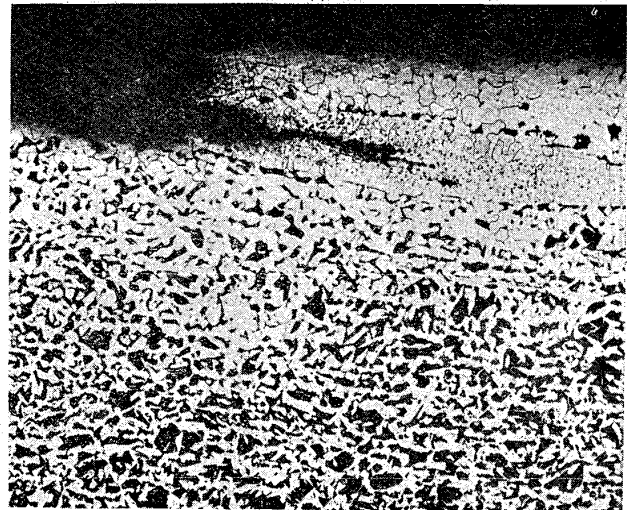
削りたる面 (實物大)



第 18 圖 痘疵の断面組織  
第 17 圖 a-a 断面のマクロ組織



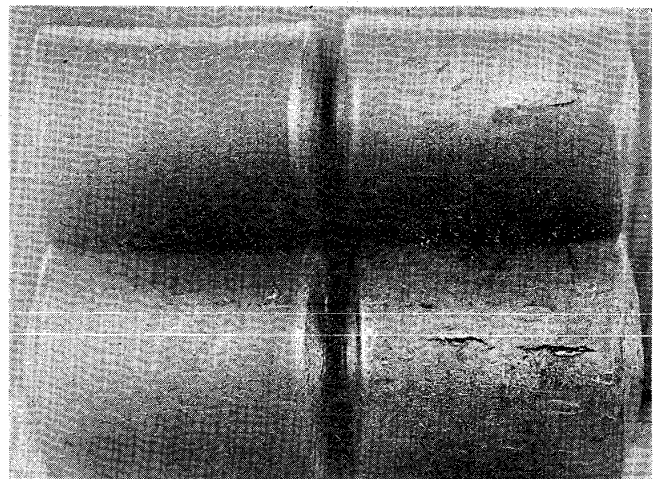
×の部分拡大せる痘傷断面組織 ×80



第 19 圖 屈曲試験後の形状  
M.91312

削り面を外側に  
して曲げたもの

削り面を内側に  
して曲げたもの



第 7 表 試験成績

(鋼塊重量 2,900 kg)

製鋼番號	鋼塊厚さ (mm)	鋼塊厚さ (l)	出鋼成分		抗張試験				屈曲試験(屈曲半徑板の厚さの1/2)	
			C %	Mn %	弾性界 t/σ"	降伏點 t/σ"	抗張力 t/σ"	延伸率 %	削り面を外側にて曲げたるもの	削り面を内側にして曲げたるもの
M 91312	35	25	0.27	1.36	10.2	25.1	38.6	22.0	良	{ プローホールの痕跡より割目を生じたり
M 91282	30	30	0.26	1.21	18.0	22.7	35.9	25.5	良	{ 1 本良(試験片無疵)他の2本はプローホールの痕跡より割目を生じたり
M 91282	30	30	0.26	1.21	18.3	22.0	35.4	23.5	良	良(試験片無疵)

3 直接壓延と分塊壓延との比較 B 型(板用扁平型) 製の鋼塊は 1 回の加熱で直接鋼板に延ばすものであるが、これと同一取鍋の銻鋼から C 型(條鋼用角型) 鋼塊を造り、鋼片に分塊し再熱して板に延ばし、この兩者の比較研究を行つた。實驗試料は次の成分を有する 3 チャージである。

製鋼番號	C	Mn	Si	P	S	Cu
M.90876	0.24	1.23	0.103	0.055	0.019	—
T.12785	0.31	1.62	0.103	0.046	0.015	0.174
T.13331	0.26	1.51	0.258	0.048	0.016	0.112

M.90876 及び T.12785 の兩試験に於て、B 型に比すべき C 型は何れも B 型鑄入後の殘銻鋼を

前者は C 51 型に後者は C 54 型に上注したものを利用した。C 型鋼塊は分塊工場で夫々 3 個の鋼片に分塊し厚板工場で再熱壓延した。T.13331 は特に S 75 型に下注したもので鑄入順序は B 型の前にした。このチャージの製出鋼塊は全部表面龜裂甚だしく不合格となつたが、參考資料として B 型及 S 75 型の 1 個を取り壓延して材質試験を行つた。S 75 型は 2 個に分塊した。

各チャージに對する造塊、壓延の記録及び材質試験の比較表を夫々第 8、9、10 表に示した。次に是等をチャージ別に説明する。

第 8 表

M.90876

出鋼度溫 1,639°C

鑄入事項					鋼板検査概要						
注入管	鑄入法	鋼塊(重量)×個數	溫度 °C	時間	單重 kg	個數	形状検査		材質検査		
		kg					合格數	不合格數	合格數	不合格數	
第 1	下注	B.3(2,500)×5	1,590	6'42"	B.3 B.2 C.51	2,500 1,900 800	5 5 3	1 3 3	4 2 —	— 3 3	— — —
第 2	下注	B.2(1,900)×6	1,585	6'15"							
	上注	C.51(2,500)×1	1,575	1'0"							

鑄型	單重 kg	試片位置	機械試験				屈曲			
			弾性界 t/σ"	降伏點 t/σ"	破折界 t/σ"	延伸率 %	R/t = 2.0	R/t = 1.5	B/t = 1.0	R/t = 0.5
B.3	2,500	B.C			37.7	23.5	良	良	良	不
"	"	"			37.9	21.3	"	"	"	"
"	"	"			38.2	22.8	"	"	"	"
"	"	"			38.2	22.2	"	"	"	"
B.2	1,900	B.C	20.3	25.7	38.6	22.5	良	良	良	良
"	"	"	19.8	25.0	38.4	21.0	"	"	"	"
"	"	"			37.8	21.5	"	"	"	"
"	"	"			37.8	24.2	"	"	"	"
C.51	800	T.C			38.2	19.5	良	良	良	良
		T.C			37.2	21.0	"	"	"	"
		C.C			33.0	19.5	"	"	"	"
		C.L			37.4	26.0	"	"	"	"
		B.C			37.4	20.0	"	"	"	"
		B.L			37.6	24.5	"	"	"	"



第 9 表 T.12785

出 鋼 温 度 1,593°C

鑄 入 事 項					鋼 板 檢 査 概 要						
注入管	鑄入法	鋼塊(重量)×個數	温度	時間	單重 kg	個 數	形 狀 檢 査		材 質 檢 査		不 合 格 理 由
		kg	°C				合 格 數	不 合 格 數	合 格 數	不 合 格 數	
第 1	下 注	B.3 (2,700)×6	1,570	7'0"							
第 2	下 注	B.4 (3,800)×5	1,550	6'45"							
第 3	下 注	B.4 (3,500)×5	1,550	6'0"	B.3	2,700	4		6		裏割れ -ボール
	上 注	C.54(3,000)×1	1,470	47"	B.4	3,500	5		5		"
					B.4	3,800	5	1	4		"
					C.54	800	3	3		1	3

機 械 試 験										
鑄型	單重 kg	試験 位置	弾性界 t/in <sup>2</sup> ''	降伏點 t/in <sup>2</sup> ''	破折界 t/in <sup>2</sup> ''	延伸率 %	屈 曲			
							$\frac{R}{t}=2.0$	$\frac{R}{t}=1.5$	$\frac{R}{t}=1.0$	$\frac{R}{t}=0.5$
B.4	3,500	B.C	21.5	27.1	46.3	14.0	良	良	良	良
"	"	"	20.3	27.8	46.4	11.5	"	"	不	不
"	"	"			46.4	17.0	"	"	"	"
"	3,800	"			46.1	13.5	"	"	"	"
C.54	800	T.C		32.3	50.1	16.0	良	良	不	不
		T.L		29.9	47.6	20.0	"	不	"	"
		C.C		31.4	49.2	17.5	不	"	"	"
		C.L		30.9	48.5	18.5	良	良	良	"
		B.C		29.2	47.0	17.0	"	"	"	"
		B.L		29.1	48.2	18.5	"	不	不	"

第 10 表 T.13331

出 鋼 温 度 1,682°C

鑄 入 事 項					鋼 板 檢 査 概 要						
注入管	鑄入法	鋼塊(重量)×個數	温度	時間	單重 kg	個 數	形 狀 檢 査		材 質 檢 査		不 合 格 理 由
		kg	°C				合 格 數	不 合 格 數	合 格 數	不 合 格 數	
第 1	下 注	S.75(4,500)×2	1590	4'25"							
第 2	"	B. 6(5,400)×4	1600	7'45"							
第 3	"	B. 5(4,900)×4	1590	6'55"	B. 6	5,400	4		4		
					B. 5	4,900	4		4		
					B. 5	4,500	1		1		裏割れ
					S.75	1,950	2	2			

機 械 試 験										
鑄型	單重 kg	試験 位置	弾性界 t/in <sup>2</sup> ''	降伏點 t/in <sup>2</sup> ''	破折界 t/in <sup>2</sup> ''	延伸率 %	屈 曲			
							$\frac{R}{t}=2.0$	$\frac{R}{t}=1.5$	$\frac{R}{t}=1.0$	$\frac{R}{t}=0.5$
B.5	4,900	B.C	21.5	28.4	42.5	23.0	良	良	良	良
S.75	1,950	"	21.3	27.9	43.5	23.5	"	"	"	"
"	"	"	21.5	29.5	43.1	20.5	"	"	"	"

M.90876—このチャージは比較的多数の合格品を出した鋼質優良のもので、B2型の如きは全部合格して居る。C型鋼塊製のものと比較すると、このチャージは炭素の含有量が低いため抗張力の稍々低いのは何れも同様であるが、屈曲試験では

C型はB型よりも優れて居る。即ちアムスラー機による屈曲試験に於ては、B型は屈曲内半径板厚の2倍で既に龜裂を生ずるものがあり、板厚の1/2では殆んどすべてが不合格となつた。一方C型は板厚の1/2で微疵を認める程度であつた。(ハ

ンマーに依る屈曲法では總てが合格して居るが本文の試験表にはアムスラー機による試験結果を記載した。)又牽引試験片から採つた試料の顯微鏡組織を見ると、B型製のものは壓延の方向に完全に縞状を呈して居るがC型製は縞状組織の中に尙網状組織を止めて居る。

T.12785—鋼質不良である。即ち B 型製の板は表面割れ、八字割れ、氣泡等に原因して全部壓延形状不合格となり、C 型製は壓延温度が低かつた爲めに甚だしく波を生じ、矯正不充分でこれも不合格となつた。機械試験では C 型製の方が B 型製に比して延伸率其他の性質や、良好である。組織では B 型製は縞状組織であつて C 型製は内部は縞状であるが表面近い部分は網状組織になつて居る。

T.13331—鑄込温度が高かつたため鋼塊にはいづれも割れを生じこのチャージ全部が形状不合格となつた。即ち B 型は廣面の下部に縦横の龜裂を認め、S 型は四隅に縦割れがある。是を壓延すれば前者は當然板の中央に割れを生ずるが後者は板の兩端の切捨部に現はれるので或程度までは壓延することが出来る。参考實驗として B 型及び S 型各 1 個の鋼塊を壓延し、其成品鋼板に就いて機械試験及び檢鏡組織を比較したが、其結果は前二者同様 S 型製が良成績であつた。

4 改良造塊法の實驗 前述の様に從來滿庵 1% 前後の板用鋼塊は、すべて頭部を水で冷やし下部から押湯をする方法を探つて居たが、この方法では鋼塊内部に龜裂を生じ易く従つて鋼板八字割れの原因となることが明かとなるに及び、これが防禦法として鋼塊頭部を冷却せず藁を燃やし或は押湯を付けて出来るだけ其凝固を遅らし、湯の收縮

による減少は更に頭部からの足し湯によつて補ひ凝固進行中に發生する内部應力による歪を輕減する手段を講じた。其結果著しく合格率を高めることが出来た。本項にはこの改良法と普通法とを比較實驗した鋼塊の断面及びその成績に就いて述べる。

第 20 圖及び第 21 圖は第一製鋼工場で實驗した鋼塊の断面である。即ち D4 鑄型を 3 個宛注入管 2 本に配列し、第一注入管では鑄入終了後直ちに鋼塊頭部に藁を燃やして其凝固を防ぎ、第二注入管及び S51 型 2,800kg 鋼塊 1 個を鑄入後再び第一注入管に戻つて其頭部に足し湯をなし更に其後約 40 分間藁を燃やしつけたものである。第二注入管は普通の如く水で頭部を冷却したもので、鋼塊は共に 4,500 kg である。各注入管から夫々 1 個の鋼塊を選定しこれを縦斷して其内部形状を調べた。第 20 圖は足し湯したもの、第 21 圖は普通法に依るもの、断面形状及びサルファープリントである。この兩者を比較すると藁で押した方は頭部約 150mm 凹んで居る丈で收縮管は全然なく、普通法に依るものは收縮管が鋼塊全長の約 1/3 を占めて居る。然し兩者とも内部龜裂を認めず又偏析も少なく優良なる鋼塊である。この改良法による鋼塊は上述の様に收縮管が無い爲めに壓延後の切捨ての部分が少なく済む譯であり、且頭部が最後に凝固する關係上鋼塊内部龜裂も生ずる機會が少ないと考へられる。尙本實驗に使用した D4 鑄型は第 22 圖に示す特製のもので、歐米各國では最近扁平鋼塊の寸法が其厚みを増加して居るのに鑑み從來の B4 を改良したものである。鑄型の厚さを増すことに依つて有利な點は、同じ噸數の鋼塊に對し高さを減じ従つて凝固中に生ず

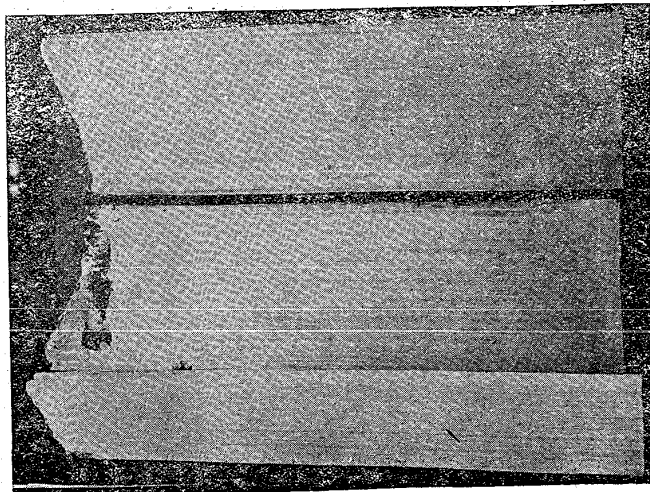
第 20 圖

葉押しを行つたもの

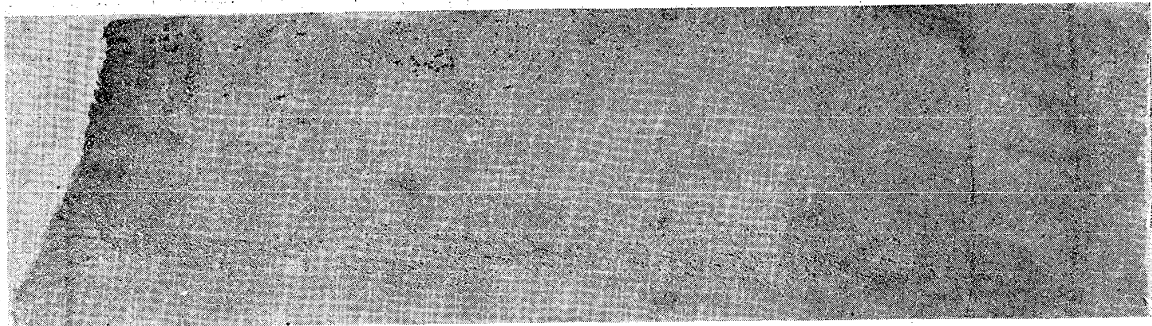
M. 97334. 銅塊單重 4,500 kg

銅塊の大きさ 1,500 mm × 900 mm × 460 mm

切 斷 面



サルファープリント



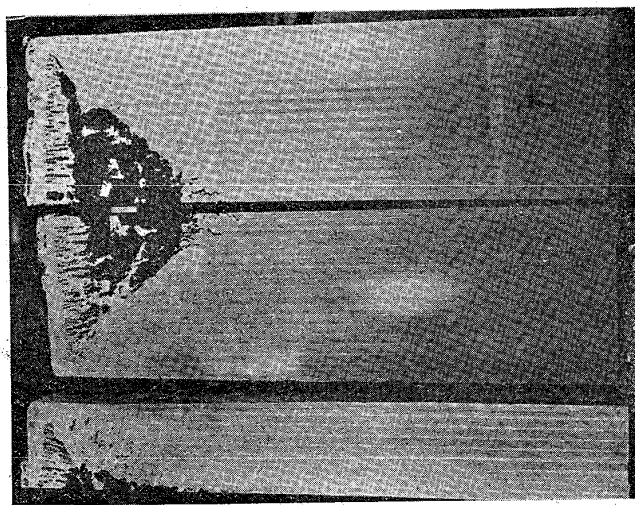
第 21 圖

普通式鑄入法に依るもの

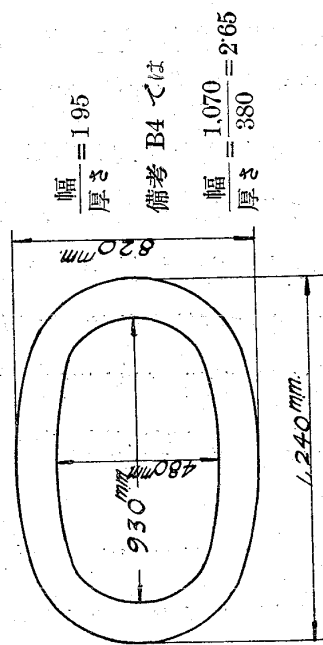
M. 97334 銅塊單重 4,500 kg

銅塊の大きさ 1,500 mm × 900 mm × 460 mm

切 斷 面



第 22 圖



べき歪を軽減し、且鎔鋼に夾雜せられる不純物の塊 1 個は厚さ 19 mm の特別堅質鋼板として壓延分離を容易ならしめ屢々厚板鋼板に生ずる断面割されたが其試験結果は次の如し。

この缺陷を或程度まで防禦し得るものと信ずる。抗張力 38.0 t/□" 延伸率 20.5% 屈曲 良 備考 合格

第 11 表 第二製鋼工場製出 D 鋼壓延成績

(\* 印は煉瓦張り押湯せるもの)

出鋼 番號	鑄 型	個 數	單重 kg	C %	Mn %	第二 厚板 壓延 枚數	形 狀 檢 査	成 品 試 驗 所 試 驗 枚 數	機 械 試 驗 成 績 (平 均)					決 定
									降 伏 點 t/in <sup>2</sup> "	破 折 界 t/in <sup>2</sup> "	延 伸 率 %	彈 性 界 t/in <sup>2</sup> "	屈 曲	
52261	B.7	6	7,400	0.28	1.27	1	{ 八字割れ不合格 残り 5 個は板用鋼片に作製	8	27.1	42.3	21.1	21.0	良	{ 合 格 7 不 合 格 1
52320	B.7	6	7,400	0.30	1.40	3	{ 3 枚共八字割れ、不合格 残り 3 個は板用鋼片に作製	2	30.7	46.1	17.6	24.0	良	不 合 格 2
52345	B.7	6	7,400	0.31	1.34	2	{ 裏兩側割れ裏全面痘不合格 残り 4 個は板用鋼片に作製	8	27.5	44.2	14.6	21.3	良	{ 合 格 2 不 合 格 6
52781	B.7	6	7,400	0.31	1.30	6	全部八字割れ不合格							
52989	B.6	6	6,600	0.27	1.13	6	{ 表 面 割 2 薄 過 2 合 格 2 八 字 割 1 裏 半 割 3 合 格 1	2	26.5	43.2	16.5	21.1	良	不 合 格 2
53421	B.6	6	6,600	0.32	1.18	6	{ 八 字 割 1 裏 半 割 3 合 格 1	1	26.6	42.7	19.0	20.8	良	合 格 1
53631	B.6	6	6,600	0.30	1.55	6	全部裏割	3	32.9	49.7	12.7	23.6	良	不 合 格 3
53759	B.6 *B.7	6 2	6,600 7,600	0.27	1.39	8	{ 合格 3(内 2 枚は * 印) 八 字 割 1 表 割 3 裏 割 1 合 格 3 斷 面 割 1 裏 へ 割 1 裏 風 入 八 字 割 1	6	25.1	41.3	18.8	20.6	良	{ 合 格 5 不 合 格 1
53990	*B.7	6	8,000	0.32	1.51	6	{ 斷 面 割 1 裏 へ 割 1 裏 風 入 八 字 割 1	5	28.3	45.9	16.5	19.5	良 <sup>1</sup> 不良 <sup>4</sup>	不 合 格 5
54110	{ *B.7 " " *B.6	{ 2 2 2	{ 8,000 6,000 5,300	{ 0.29 0.29 0.28	{ 1.52 1.52 1.24	{ 6 6 8	{ 斷 面 割 2 * 八 字 割 2 表 面 割 2 斷 面 割 5 合 格 3	{ 1 1 1 5	{ 27.0 43.1 20.2	{ 43.1 18.0 19.6	{ 18.0 21.2 19.6	{ 21.2 21.2 19.6	{ 良 良 良	{ 不 合 格 1 不 合 格 1 合 格 5
54261	"	2	4,600	0.28	1.24	8	斷 面 割 5 合 格 3	5	25.1	36.4	20.2	19.6	良	合 格 5
54451	*B.6	8	7,000	0.26	1.34	8	斷 面 割 4 合 格 4	6	26.0	39.5	20.8	20.1	良	{ 合 格 5 不 合 格 1
54647	*B.6	8	7,000	0.31	1.37	8	{ 合格 4 内 { 表面割 1 斷面割 1 表 割 3 裏 へ 割 1	5	26.8	41.6	19.8	21.0	良	{ 合 格 4 不 合 格 1
54856	*B.7	6	8,000	0.28	1.32	6	{ 合 格 5 (内 斷 面 割 1) 斷 面 割 1	4	27.7	43.0	19.2	22.7	良	合 格 4
54949	*B.7	6	8,000	0.23	1.29	6	{ 合 格 5 (内 斷 面 割 2) 波 割 1	5	26.0	40.6	17.5	90.8	良	{ 合 格 4 不 合 格 1
55327	*B.7	6	8,000	0.28	1.17	6	{ 合 格 3 (内 斷 面 割 1) 割 れ 3 (内 燒 不 足 1)	3	25.4	38.4	20.0	19.6	良	合 格 3
55655	*B.7	6	8,000	0.33	1.43	6	{ 表 半 割 3 成 明 1 不 明 2	2	25.7	37.5	20.5	20.3	良	合 格 2
55774	*B.7	6	8,000	0.23	1.12	6	合 格 6 (内 煉 瓦 入 1)	6	25.3	37.7	20.8	20.1	良	合 格 6
56135	*B.7	6	8,000	0.31	1.22	6	合 格 6	5	27.1	41.2	21.0	20.6	* 良	合 格 5
56193	*B.7	6	8,000	0.29	1.39	6	{ 合 格 3 不 明 3	3	29.2	42.5	18.8	21.6	良 <sup>2</sup> 不良 <sup>1</sup>	{ 合 格 2 不 合 格 1

他の3個は板用鋼片としてD鋼板に壓延したが、其内1個は不合格となり2個は合格して居る。合格したものの平均成績は次の如し。

抗張力	延伸率	屈曲
40.6 t/in <sup>2</sup>	21.4%	良

第二製鋼工場でもこれに類似した方法を行つて成功して居る。即ちB6及びB7型の大型鋼塊の製造に當つて、鑄型頭部に或高さの耐火煉瓦の裏張りを行ひ鋼塊頭部を緩冷せしめ、收縮管、偏析等を全部此處に集め壓延後之を切り棄てる方法である。この方法によつて第11表に示す如く十數チャージ實驗したがその結果鋼板の合格率は著しく増加し八字割れは殆んど一掃された。即ち普通法では7チャージ中4チャージ八字割れを生じたが、新方法で實驗したものは13チャージで、最初の3チャージは試験期に屬し煉瓦張りをしたものと普通法のものと同立して試験したものであるが、壓延後の結果は煉瓦張りしたものが概ね良好であつて八字割れは僅か1枚出ただけであつた。其後の10チャージは煉瓦張りを行つたもののみであるが八字割れは全く出て居ない。

## VII. 結 論

1. 不合格の大半は形状不合格で、この中でも割れがその大半を占めて居る。
2. 機械試験で最も注意すべきは屈曲不良でその原因は鋼塊の表面氣泡に依る。
3. 形状及び機械試験の良否は専ら原料鋼塊の良否に依つて定まる。
4. 統計から見ると炭素0.27~0.28%、滿俺1.3%前後、珪素0.2%前後のものが成績が良い。
5. 脱酸のよく出来た流れの良い冴えた湯でなければいけない。

6. この種の鋼塊は内部に龜裂を生じ易く之が鋼板の割れとなつて現はれる。
7. 鋼塊頭部を或種の方法で緩冷したものは内部龜裂を防ぎ鋼板の試験成績を良好ならしめる効がある。
8. 角鋼塊として分塊壓延したものは扁平鋼塊として直接壓延したものよりも成績が良い。
9. 鋼板は特有の縞狀組織を呈し易い。
10. 壓延仕上温度は800°C位が適當であらう。

## 文 獻

デューコール鋼の製出

内田新八 製鐵研究 105(1928) p.281

橋梁材としてのデューコール鋼

谷山 巖 鐵と鋼 15-4(1929) p.268

## 前田元三氏講演質疑應答

( )君 高滿俺と云ふ名稱はまぎらはしくないでせうか。

前田君 私が高滿俺と申しましたのは最近一般に言はれて居ります。デューコールスチールのごとであります。是は先年製鐵所に平賀中將が現品を持つて御出でになり。斯ういふものを作つて貰ひたいと言はれましたのでそれを作りましたので其の結果を報告致しましたのであります。ところがデューコールスチールといふことに就て他から抗議が参つたのであります。一般にデューコールスチールといふのはダビットコルビルといふのでやつて居る。それで是は製鐵所内だけで先年から使つて居る言葉でありまして即ち滿俺が高いから高滿俺と製鐵所内で申して居るに過ぎない、最近にデューコールスチールでレールを作つて欲しいといふ御注文がありました。是は高滿俺レールといふ様に言葉を換へたのであります。此の言葉は製鐵所内だけで言つて居る言葉でありまして、他のものと混同する虞れがありますので、一寸只今御注意がありましたから。名前のごときはさういふ意味で言つて居りますから左様御承知の程御願致します。