

# 縁付鋼塊に於ける気泡の壓著性

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

小 平 勇\*

## WELDING OF BLOW HOLES IN RIMMED STEEL INGOTS.

By Isamu Kohira.

**SYNOPSIS:**—One of distinctive features of the rimmed steel ingot is the location of internal gas holes, so called lenticular blow holes in the outer case and central ones in the inner zone. Still, very little has known of their conditions and properties under the mechanical hot working. Auther confirmed that they are possible to be welded by either forging or hot rolling. Tests were made in two ways. In the first experiment a number of pieces cut off from the ingot were forged to the various thickness at a certain direction. In the second experiment two series of ingots respectively cast with the same heat were rolled to the various sections of blooms. Then careful observation was employed to relate the course of welding by macro- and microscopic investigation and mechanical testing. The results on hot rolling show that welding of blow holes were demanded over 90% or 96%, for each mild or semi- mild steel ingot, of reduction of area to the original dimensions. Moreover, some examples were illustrated that thin-seated blow holes were appeared in rolled bars or plates as serious defects including seams or pitted faces.

### 1. 緒 言

縁付鋼塊は製鋼の本質上内部に気泡を生じ易い。その断面實例に就き鋼塊の性状と共に嘗て本誌<sup>1)</sup>を通じて論じた此の種の鋼塊は普通構造鋼材の原料として壓延され成品となるものなれば當事者が気泡の性質及び其の熱間加工の品質に及す影響を確認することは、製鋼技術上の気泡防禦と共に極めて重要な問題である。然るに気泡の性質に就いては僅かに成品の組織、機械的性質及び使用實績等より一般的に實用上壓著し得る<sup>2) 3) 4)</sup>、或は實用上差支へなし<sup>5) 6) 7) 8)</sup>、専ら推論されてゐるに止まり、未だ具體的本質研究の發表されたるものがない。本研究はこの點に鑑み實作業に關聯して、気泡は

- (i) 熱間加工によつて完全に壓著し得るか
- (ii) 壓著するとして其の経路
- (iii) 原料鋼塊に對する壓縮率の限界

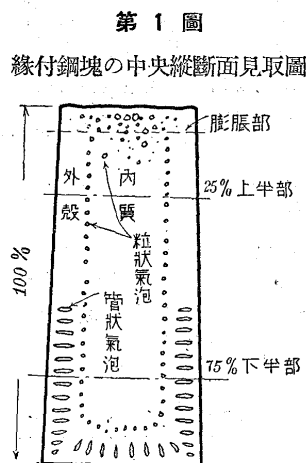
を確めたるものである。

\* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所

- 1) 小平勇; 鐵と鋼 18 (1932) P. 548.
- 2) H. Meyer; St. u. E. 48 (1928) S. 506.
- 3) E. C. Bitzer; Blast-Furn. 19 (1931) P. 249; P. 415.
- 4) A. Stadeler u. H. J. Thiele; St. u. E. 31 (1931) S. 453
- 5) P. Oberhoffer; Das Technische Eisen. 1925 S. 323.
- 6) H. D. Hibbard; Iron Age 117 (1926) P. 1778; 118. P. 142; 118 P. 214.
- 7) J. E. Carlin; Trans. Am. Soc. Steel Treat. 16 (1929) P. 293.
- 8) W. Eichholz u. J. Mehovar; Arch. Eisenhüttenwes. 5. (1931/32) S. 449.

試験は極軟鋼と軟鋼との二種材料につき、鍛造實驗と條鋼壓延との2通りを行つた。

第1次試験は適當に切斷せる小鋼塊片を一定の方向に種々の厚さに鍛造し気泡の壓著階梯を検したるもので、第2次試験の豫備試験と見做すべきものである。



第2次試験は平常作業に準じて同一チャージの鋼塊を種々の断面積の角鋼片に壓延し組織及び抗張試験によつて、気泡部と無気泡部との關係を比較研究し気泡の壓著性を一層確實にせるものである。本試験は気泡の問題以外は縁付鋼塊の壓縮率と抗張力との關係及び鋼塊の外殻と内質との相異等の諸問題を包含する。

第1圖は縁付鋼塊の断面形狀の一般見取圖を示したものであつて鍛造及び壓延試験共に鋼塊全長を 100% とし頭部より算定して 25% 上半部及び 75% の下半部の2ヶ

試片の位置*	材質特徴
25%の位置 鋼塊上半部	外殻は良質にして無気泡圈にあり内質は偏析多く劣質なり。
75%の位置 鋼塊下半部	外殻の地質は上半部同様であるが管状気泡圈にあり、内質は上半部より偏析少く良質なり。

備考 \* 鋼塊全長 = 100% 上部よりの測定位置

所を特定し代表試験位置とした。その理由は材質上次の如き比較研究する上に好都合なるが故である。

終りには気泡壓著の不良によつて表面疵を生ぜる大形丸鋼及び原鋼板の實例を附記した。

## 2. 鋼塊鍛造試験

(1) 実験の概要 縁付鋼塊の外殻に潜在する管状気泡群は凡て一定の方向に成長発生し且つ密集する性質を利用し、この部分を第2圖の如く一定の方向より押し潰せば気泡も亦押し潰され第2圖 試験片の採取位置及び鍛造方向気泡鍛造し潰され

て扁平となり層状に重ねられることとなる。従つてこの場合気泡が壓著不充分の時にはこの部分に異常を見出し得べく、又気泡を全然含まざる外殻上半部に就いて同様の押し潰し試験を行ひ對照せば一層気泡の壓著状態が明瞭となるべし。本試験はこの企畫によつて行はれたるものである。

本試験では管状気泡のみならず内質の粒状気泡に就いても研究を行つた。その結果は後述する壓延試験と略同様であるので各試験表に記録をとどめる事とし説明を省略した

(2) 実験材料の選定 実験に供せる鋼塊は Ex. 1 極軟鋼及び Ex. 2 軟鋼の2種類であつて、その化學成分次の如し。

鋼塊寸法は底斷面積 530mm×530mm にして上注ぎ鹽基性平爐鋼塊である。〔Ex. 1 及び Ex. 2 の鋼塊斷面狀況

試験番號	製鋼番號	鋼塊單重kg	C	Si	Mn	P	S
Ex 1	T.24,513	C 54 2,900	0.10	0.014	0.31	0.022	0.027
Ex 2	S.71,500	C 54 3,000	0.24	0.010	0.48	0.029	0.021

は夫々後述する Ex. 3 (第8圖参照) 及び Ex. 4 (第12圖参照) と同型式に付省略する。この鋼塊より上半部及び下半部を輪切りして試験鋼塊片を採取し、更に第2圖の如く鋼塊の外側に沿うて外殻の全部及び内質の一部を含む100mm 角の數多の小鋼塊片を準備した (見取圖は下半部の例であるが気泡を有せざる上半部も全く同様である)。

(3) 実験の方法及び鍛延の狀況 小鋼塊片を石炭焚き反射爐にて加熱し 1/2t 蒸氣鎚にて種々壓縮率を變へて鍛造し、即ち第2圖の如く ab, ef を一定の幅としこれを100mm に保ち此の面に直角の方向より鍛壓し bc, fg の厚さを 3/4, 1/2, 1/4, 1/6, 1/8 の各割合に壓縮した。而して鍛造中の温度は分塊作業温度に準し 1,100°C を目標として 1,050~1,200°C に限定し鍛造中低熱となれるものは再熱を繰り返して行つた。

鍛造の狀況を見るに氣疵を有する試片は切斷面に氣泡を露出する爲側縁の小部分に割疵を生ぜるも内部の氣泡は完全に大氣と遮斷されてゐる爲に何等異常を認めなかつた。

次いで鍛造後の試験片は最後に大型電氣爐内にて 900°C に1時間焼鈍した。焼鈍せる理由は鍛造壓縮の大なるものに對して數回再熱せるを以て同一條件に揃へる爲めで嚴密に考へると焼鈍が反つて壓著の關係に影響するが、軟鋼材に對しては壓延試験に後述する通り相對的に影響僅少である事實に據つたものである。

実験の順序は始め組織實驗を行ひこれによつて氣泡の位置、壓縮及び壓著進行状態を検し最後に抗張試験を行ふこととした。

試験片の記號は次の如く定めこれを組合せあらはした、

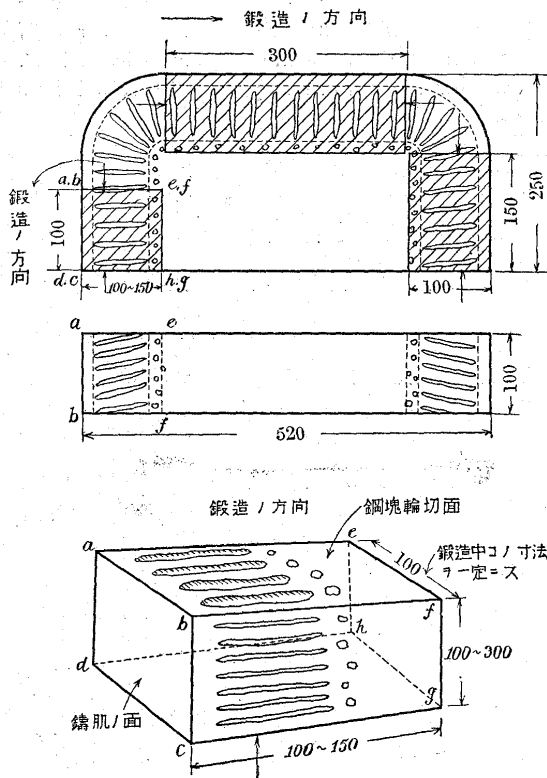
- M Ex. 1 極軟鋼
- H Ex. 2 軟鋼
- T 鋼塊上半部 (管状気泡不發生圈)
- B 鋼塊下半部 (管状気泡發生圈)

1, 2, 3, 4, 鍛造割合 (3/4, 1/2, 1/4, 1/6.)

### (4) 組織上より見たる氣泡の壓著経路

(i) 極軟鋼 鍛造試験片全部に就いて先づ鍛造面に對する平行斷面及び直角斷面のサルファープリント、マクロ腐蝕及び檢鏡實驗を行つた、その記録を第1表に示し且つ實驗結果の要項を述べる。

(a) 鋼塊上半部の外殻。鍛造を加へるに従て地質は鍛鍊



第1表 極軟質鍛造材1組織状況

試験片の位置	試料番號	鍛造後の鋼塊の厚さの比	肉眼組織		検鏡組織	
			気泡の壓著程度	偏析状態	一般組織	組織的特徴
鋼塊上半部外殼	MT <sub>0</sub>	鋼塊の儘	—	痕跡		柱状結晶粒界に沿ふて微孔並列す良質
	MT <sub>1</sub>	3/4	—	同上	再結晶質	—
	MT <sub>2</sub>	1/2	—	同上	同上	—
	MT <sub>3</sub> MT <sub>4</sub>	1/4 1/8	—	同上	同上	—
鋼塊下半部外殼(管状気泡あり)	MB <sub>0</sub>	鋼塊の儘	管状気泡を密生す	同上		気泡の周囲の組織には一見何等異常を認めないが兩端 a. b. 及び(クビレ)c. の所に小気泡多く殊に末端部の b に基し、尙 a. b. c. の部分を吟味するに幾分脱炭せる偏析の痕跡を認む
	MB <sub>1</sub>	3/4	気泡残存す	同上	再結晶質	気泡は押し潰されその周囲は輕微の脱炭組織
	MB <sub>2</sub> MB <sub>3</sub> MB <sub>4</sub>	1/2 1/4 1/8	なし	同上	同上	フェライトラインの層状組織ラインの中心線に沿ふて屢々微孔を認む
鋼塊上半部内質(管状気泡あり)	MT <sub>10</sub>	鋼塊の儘	気泡甚し	気泡性偏析あり	偏析微増あり	気泡の周囲部はフェライト質に富み MnS の他酸化物等不純物析出密集す
	MT <sub>11</sub>	3/4	気泡残存す	同上	同上再結晶質	同上
	MT <sub>12</sub>	1/2	気泡の痕跡	同上	同上	気泡は完全に押し潰され微孔となる濃厚偏析線あり
	MT <sub>13</sub> MT <sub>14</sub>	1/4 1/8	なし	層状偏析	同上層状組織	同上
鋼塊下半部外殼(管状気泡を露出)	MB <sub>11</sub>	1/2	酸化鐵の層状組織	脱炭による層状偏析	層状組織	気泡の露出せる所には夥しき酸化鐵嵌入され内部まで連續す壓著せず
	MB <sub>12</sub>	1/4	切口に酸化鐵あり	同上	同上	内部には尙諸所に酸化鐵を認め層状組織甚し

組織に變化し再結晶質となるも本質としては何等異常を認めず偶々結晶粒界の不要物が延ばされて輕微なる偏析線を示すに過ぎない。

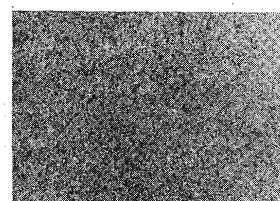
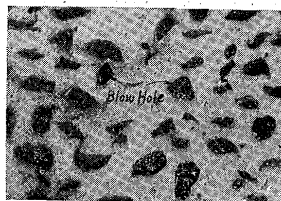
(b) 鋼塊下半部の外殼。管状気泡の壓著状況を知るを得元の厚さに對し 3/4 に鍛造せる試験片では気泡は未だ残つてゐるが、1/2 或はこれ以下に鍛造すれば外觀上疵を認めず、マクロ腐蝕は勿論又検鏡組織に依るも全く壓着されたる状態に達する。壓著の接合部はフェライトラインを示し諸所に酸化物様の微滓を含み且つ小氣孔を痕す特徴を認むる。斯の如きフェライトラインは気泡の押し潰されたる方向に層状をなし鍛造の大なる程顯著となつてゐる。

第3圖 a, b, c, は気泡の壓著進行中の状況を示せるマクロ腐蝕組織寫眞で何れも気泡壓著面に對する直角断面である。c は本實驗に於ける最大壓縮を加へたもので相並行せるフェライトラインの痕跡を認める、d は比較の爲め鋼塊上半部の無気泡の 1/8 鍛造試験片にしてフェライトライン

存在せず良質であるが c と比較して殆ど差を認めず。

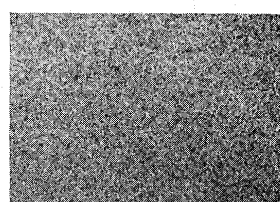
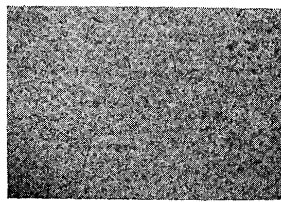
第3圖 極軟質鍛造材のマクロ腐蝕組織、気泡の成長方向に直角断面(第2圖) a. b. c. d. と平行面ギュー氏液腐蝕

a. MB1 3/4 鍛造 ×1.5      b. MB2 1/2 鍛造 ×1.5



c. MB4 1/8 鍛造 ×1.5

d. MT4 1/8 鍛造 ×1.5



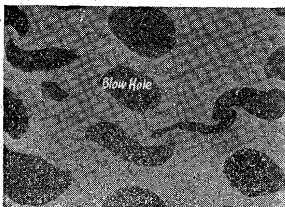
第2表 軟鋼質鍛造材2組織状況

試験片の位置	試料番號	鍛造後の鋼塊の厚さの比	肉眼組織		検鏡組織	
			気泡の壓著程度	偏析状態	一般組織	組織的特徴
鋼塊上半部外殼	HT <sub>0</sub>	鋼塊の儘	—	痕跡	ウキドマンステーン組織	柱状結晶粒界に沿ふて微孔並列す
	HT <sub>1</sub>	3/4	—	同上	再結晶質	—
	HT <sub>2</sub> HT <sub>3</sub> HT <sub>4</sub>	1/2 1/4 1/8	—	同上	同上	—
	HB <sub>0</sub>	鋼塊の儘	管状気泡を密生す	同上	HT <sub>0</sub> と同じ	気泡の周囲部は幾分脱炭し、微力乍ら偏析の傾向を知る特に気泡の兩脚 a, b 及び(クビレ)c の位置に於て明瞭である末端部附近に屢々收縮孔を伴ふ、又輕微の微滓酸化物多し
鋼塊下半部外殼(管状気泡あり)	HB <sub>1</sub>	3/4	気泡を殘存す	同上	再結晶質	気泡は押し潰されその周囲は微かなる脱炭組織
	HB <sub>2</sub>	1/2	気泡の痕跡	同上	同上	フェライトラインの層状組織、ラインの中心線に沿ふて酸化物状の微滓微孔を認む
	HB <sub>3</sub> HB <sub>4</sub>	1/4 1/8	なし	同上	微かなる層状組織	同上
	HT <sub>10</sub>	鋼塊の儘	気泡甚し	気泡性偏析あり	偏析微増あり	気泡の周囲部はフェライト質に富み不純物偏析甚し
鋼塊上半部内質(管状気泡あり)	HT <sub>11</sub>	3/4	気泡殘存す	同上	同上再結晶質	同上
	HT <sub>12</sub>	1/2	外觀上微かに認む	同上	層状組織	気泡は完全に押し潰され微孔となる濃厚偏析線あり
	HT <sub>13</sub>	1/4	気泡の痕跡	層状偏析	同上	同上
	HT <sub>14</sub>	1/8	なし	同上	同上	同上
鋼塊下半部外殼(管状気泡を露出)	HB <sub>11</sub>	1/2	酸化鐵の層状組織	脱炭による層状偏析	同上	気泡の露出せる所には夥しき酸化鐵嵌入され縮状態をなして内部まで連續す壓著せず
	HB <sub>12</sub>	1/4	同上	同上	同上	内部には尙諸所に酸化鐵を認め層状組織甚し

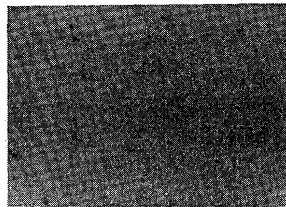
(ii) 軟鋼 第2表に實驗の記録を示す。極軟鋼と全般的には略同様にして、軟鋼質も亦壓著し得るが極軟鋼質より大なる壓縮率を必要とする。即ち組織より檢せる管狀氣泡の壓著限界は 1/4 鍛造であつて極軟鋼の 1/2 鍛造に對し一階梯加へてゐる。これは軟鋼質鋼塊の氣泡の大なること、又鍛接作業にて一般に知られてゐる如く、炭素含量の増加に依り鍛接の困難なることが氣泡の場合にも適用されるものと考へる。而して組織上壓著部を檢するに地質はパーライト組織に富むを以て僅少なる氣泡内面の酸化或は不純物の偏析があつても極軟鋼よりも壓著部のフェライトラインが顯著であつて不利であることを認める。

第4圖 軟鋼鍛造材のマクロ腐蝕組織、氣泡の成長方向に直角断面(第2圖 a b c d, と平行面)ギュー氏液腐蝕

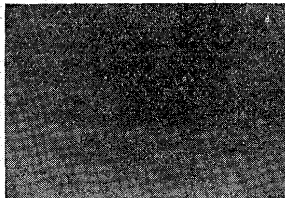
a. HB 1 3/4 鍛造 ×15



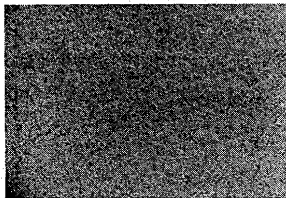
b. HB 2 1/2 鍛造 ×15



c. HB 4 1/2 鍛造 ×15



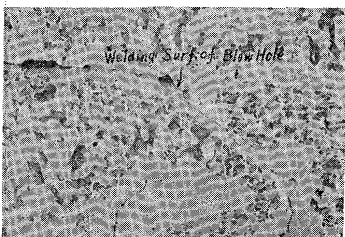
d. HT 4 1/2 鍛造 ×25



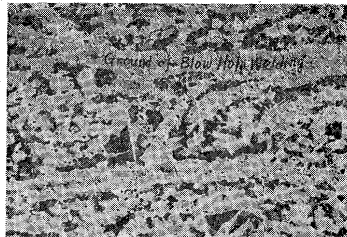
第4圖は鍛造材のマクロ腐蝕寫眞である。同圖cは氣泡を含む鋼塊片を 1/8 に鍛造せる試験片にして、氣泡は全然消失して完全に壓著組織を呈するも合せ目に微細なるフェライト線の網狀組織を痕し、これと同一鍛造比の無氣泡のもの(同圖 d)に於ては斯の如き組織殆ど現れず組織に相當の差を認める。この點第3圖極軟鋼の例と比較して軟鋼の不利なる所である。

第5圖 鍛造試験片の檢鏡組織、外殼管狀氣泡の壓著の狀況氣泡の成長方向に直角断面(第2圖 a b c d と平行面) HNO<sub>3</sub> 腐蝕

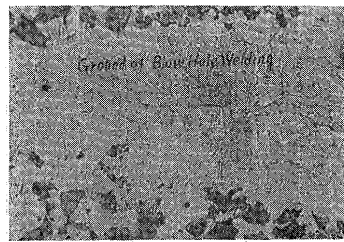
a. HB 1 3/4 鍛造 ×25



b. HB 4 1/2 鍛造 ×25



c. b の氣泡壓著部を擴大す ×150



第5圖は管狀氣泡部の壓著階梯を示せる組織寫眞である。同圖 a は氣泡の壓著直前の狀況で氣泡は押し潰されて恰も龜裂狀の細隙に變化し且つ細隙に沿ふで周圍の地質は

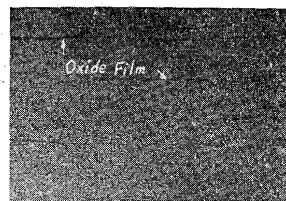
脱炭し、又細隙の諸所に膨らみありて氣泡内の瓦斯の溜り場を生じてゐる。同圖 b は細隙を最早存在せず、氣泡の接合部はフェライトラインとなり且つその内部の諸所に小氣孔を有し、小氣孔は押し潰しによつて細隙中の膨らみが獨立し、氣泡の殘骸を示すものである、同圖 c は更にこの部分を廓大せるもので一般不純物偏析と相違し單に氣泡のみの壓著部は良好であることを知る。

(iii) 氣泡を露出せしめ鍛造せる場合 一つの參考試驗として管狀氣泡圈内の鋼塊片を特に鑄肌を深く旋削し、完全に氣泡の一端を露出せしめ前同様の方法に依つて鍛造實驗を行つた、加熱中に既に氣泡内面は酸化し、相當厚い酸化鐵の皮膜を生じたるも、鍛造の狀況としては極軟質は容易に延び軟鋼質はこれが爲龜裂を生じ稍不良であつた。

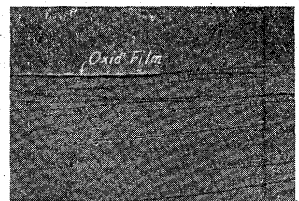
鍛造後の試験片に對する記録を第 1, 2 表の下段に附記した。氣泡の壓著狀況を見るに 1/2 鍛造試験片は壓著し居らず内部に未だ多量の酸化鐵を嵌入してゐる。1/4 鍛造試験片極軟質のものは内部の酸化鐵を減少し、その代りに氣泡周圍の脱炭甚しく層狀組織に變質し、軟鋼質のものは依然として諸所に酸化鐵を嵌入し壓著の不良なることを確め得る。第6圖は 1/4 鍛造試験片の断面組織を示せるものである。

第6圖 鍛造材のマクロ組織、管狀氣泡の切口を露出せしめ鍛造す、氣泡の成長方向に直角鍛造の方向に平行断面(第2圖 b c f g と平行面)(ギュー氏液腐蝕) × 3

MB 12 (極軟) 1/4 鍛造



HB 12 (軟鋼) 1/4 鍛造



實驗は 1/4 鍛造まで行つた。其の経過より見るとき氣泡の内面酸化は壓著性を阻害する。併し其の酸化はあつても軟鋼質以下の低炭素材料ならば、高度の壓縮を加ふること

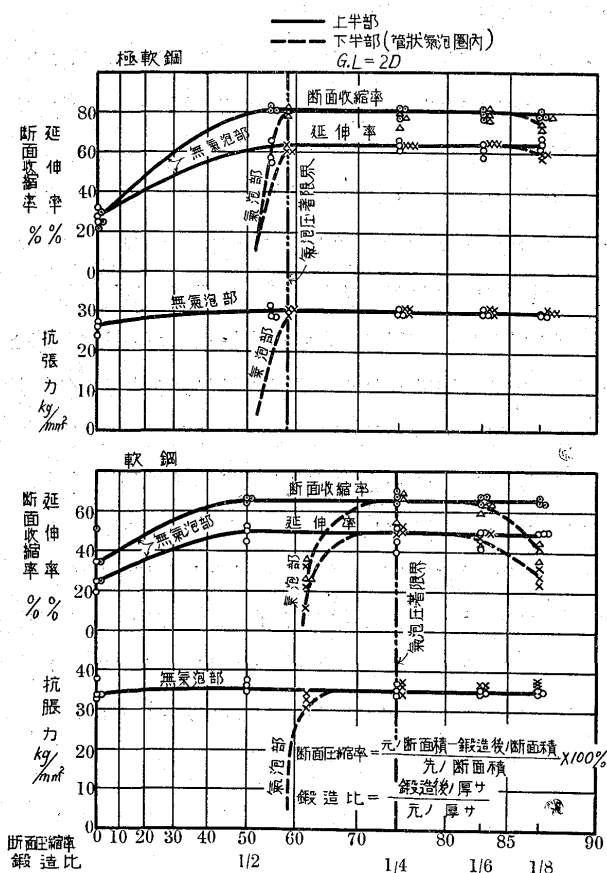


に依つて壓著の可能性あることを推定し得る。

(5) 抗張試験 抗張試験は凡ての気泡の押し潰された面に直角の方向に行つた。試験片の寸法は一律に径 5mm 標點距離 10mm (G. L=2D) を有する特別な小試験片とし、同一位置に對して3本宛とした。第7圖は鍛造比と抗張力及び延伸率との關係圖であつて管狀気泡の壓著狀況を明かにせるものである。實驗結果を綜合すると次の如し

第7圖 鍛造材の抗張試験

外殻一燒鈍



先づ無気泡の上半部に就て吟味するに、鍛造せざる鋼塊儘の状態では成績稍々不揃ひであるが、1/2 に鍛造すれば力及び延伸率を増加し且つ不同を減じその後鍛造を加へるも殆ど變化なく一定である。然るに管狀気泡圈を含む下半部の場合極軟鋼で1/2 鍛造(壓縮率約 60%) のものは既に無気泡の上半部と全く一致せる力と伸びを示し、軟鋼質では1/2 鍛造のものゝ力は可成り出てゐるが、伸びは漸く上半部の半であつて1/4 鍛造(壓縮率 75%)して始めて上半部と一致する。

而して斯くの如く気泡を含む部分と含まざる部分との抗張試験値の一致せる限界を以て気泡壓著の限界とすれば、組織實驗の結果とよく一致する。即ち兩試験によつて管狀

気泡は壓著の可能性あり且つ鋼質として軟鋼は極軟鋼より壓著性劣り大なる壓縮を要すると結論され得る H. Esser<sup>9)</sup> は真空爐中で各種炭素の熱間鍛接試験を行ひ低炭素鋼は著しく鍛接性の良好なることを明かにせるが本實驗の結果とこの點符合せるを知る。

鍛造前の鋼塊片に就いて気泡の空隙率を求むるに極軟で 42.2% 軟鋼片で 46.7% となつてゐる、これを壓著最小限の壓縮率夫々 60% 及び 75% との差を求むるに極軟鋼で約 15% 又軟鋼で約 30% となつてゐる。

而して抗張試験成績に於て鍛造を或る程度以上に加ふれば其の後は抗張力に變化ないが延伸率を減少する傾向がある、例へば第7圖軟鋼の如く 1/6, 1/8 の鍛造比のものに其の甚しきを觀る。この原因は気泡直接の影響に非ずして気泡壓著部の偏析の影響と考へ得る、即ち抗張試験片の寸法は各鍛造材を通じて同一のものを使用したる故に鍛造を加へるに従つて抗張試験片の單位長さ對し気泡壓著部の偏析の數を増し、換言すれば次第に層狀組織となる爲めである。軟鋼に於て一層偏析性の顯著なることは組織實驗に認めたる所であつて斯く考へれば抗張試験結果とよく符合する。

(6) 要約 縁付鋼塊に潜在する気泡は熱間鍛延によつて押し潰され容易に壓著し得る。この事實を組織實驗及び抗張試験によつて立證した。而して壓著部は組織上微弱なるフェライトライン型の偏析線を痕し、且つフェライトラインに小氣孔を介在し気泡の殘骸をとどめる。極軟鋼より壓著し易きことを知つた。

### 3. 鋼塊壓延試験

(1) 試験の概要 略同一條件を以て鑄造されたる極軟鋼の2組鋼塊を種々の斷面積なる角型鋼片に壓延し、前述の鍛延試験と同様に上半部と下半部の代表位置に就いて、気泡壓著の経過を吟味し、尙これに附隨して壓延加工に對する縁付鋼塊の材質的影響を明かにせるものである。

(2) 試験の方法 同一チャージより鑄入順番の連続せる5個の上注ぎ鋼塊を選定し、その中1個を鋼塊斷面研究用とし、他の4個は直送分塊によつて 350mm, 250mm, 150mm, 100mm の角鋼片に壓延し、100mm 鋼片の一部を更らに中形工場に於て 70 及び 50mm の角鋼に壓延した。而して壓延試験片は鍛造試験に述べたると同様の理由

<sup>9)</sup> H. Esser; Arch. Eisenhüttenwes. 4 (1930/31) S. 199.

で、原料鋼塊の上半部 25% 及び下半部 75% の 2箇の位置に一定し此の部分に相當し長さ約 1m 乃至 2m 宛採取することゝせり。その内譯及び鋼塊断面の基準とせる断面壓縮率の關係を示せば次の如し。

試験片番號	1	2	3	4	5	6	7
断面寸法 mm×mm	485×485	350×350	250×250	150×150	100×100	70×70	50×50
壓縮率%	0	48	73	90	96	98	99

但し試験片番號 1 は鋼塊儘のものにして實際の断面は 25% の位置で 470×470mm<sup>2</sup>、75% の位置で 500×500mm<sup>2</sup> あるがその平均値を採れり。

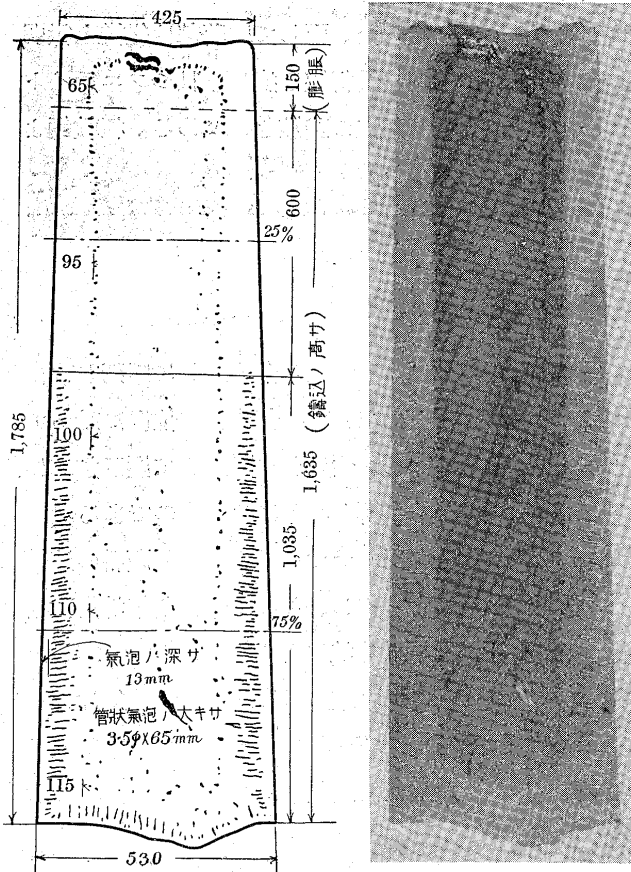
試験は極軟及び軟鋼の 2 チャージにしてその化學成分次の如し。

試験番號	製鋼番號	取鋼分析%				
		C	Si	Mn	P	S
Ex. 3	S. 76,320	0.07	0.010	0.34	0.018	0.020
Ex. 4	S. 76,298	0.24	0.018	0.49	0.020	0.023

分塊壓延に於ける溫度は均熱爐抽出 1,145°~1,215°C, 第一ロール嚙込 1,115°~1,160°C, 仕上溫度 950°~1,115°C であり、中形再熱壓延に於ける溫度は夫々 1,150°~1,220°C, 1,130°~1,170°C, 935°~1,100°C である。

第 8 圖 Ex. 3 鋼塊断面圖

製鋼番號	鋼塊單重 kg	化學成分%					備 考
		C	Si	Mn	P	S	
S. 76,320	C 54 2,900	0.07	0.010	0.34	0.018	0.020	鋼塊壓延試験



斯く準備されたる鋼塊及び鋼片に就いてサルファープリント、マクロ腐蝕及び檢鏡の組織實驗及び抗張試験を行つた。機械試験に對しては壓延儘のもの及び 900°C に焼鈍せるものの 2種類である。

各試験片の記號は次の如く定め組合せてあらはすことにした。

- M.....Ex.3 極軟鋼
- H.....Ex.4 軟鋼
- T.....鋼塊上半部
- B.....鋼塊下半部
- 1,2,..7..鋼塊及び鋼片の大きさ

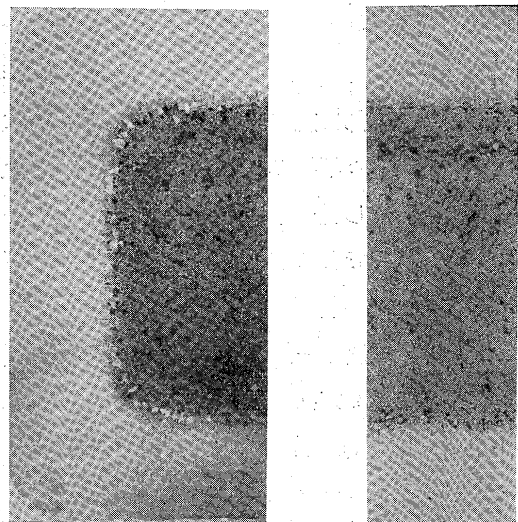
(3) 極軟鋼の組織實驗

(i) 原料鋼塊 第 8 圖は鋼塊断面の見取圖及びサルファープリントである。これによつて試験位置に相當する鋼塊上半部 25% の位置を吟味するに逆偏析<sup>\*</sup>の外殻は無氣泡にして正偏析<sup>\*</sup>の内質は偏析梢々濃厚にして粒狀氣泡の存在すること、下半部 75% の位置は管狀氣泡發生圈内にある。而して内質に尙粒狀氣泡を認むるも偏析少く地質の良好なるを確め得る。従つて同一チャージより略々同一條件によつて鑄造された鋼塊を壓延して得たる各鋼片に就いて外殻部の上下の位置を比較すれば、管狀氣泡の壓著性を確め得べし。又一方内質を比較して偏析及び粒狀氣泡の影響等を知るを得べし。

(ii) 鋼片の全般的組織 第 9 圖は上半部試験位置に相當する鋼塊及び 350mm 以下 50mm 角鋼片に至る横断面及び縦断面のサルファープリントであり、又第 10 圖は下

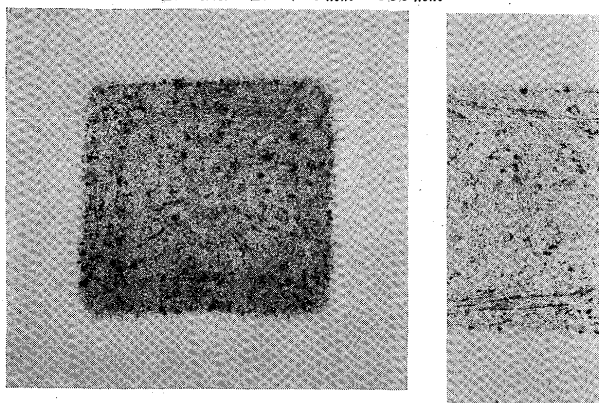
第 9 圖 鋼塊及び鋼片断面サルファープリント  
極軟鋼—上半部

1. MT 1. 470mm×470mm

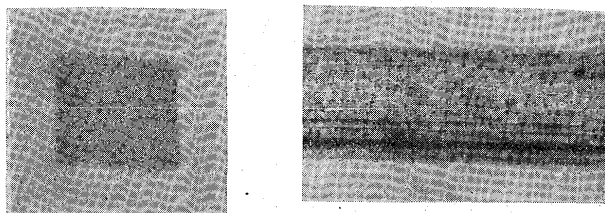


\* 逆偏析 (Negative Segregation) とは取鋼分析に對し C,P,S の如き偏析性成分の低値であり、正偏析とは反對に高値である。鋼塊分析の結果は附録第 1 表に示した。

2. MT 2. 350 mm × 350 mm

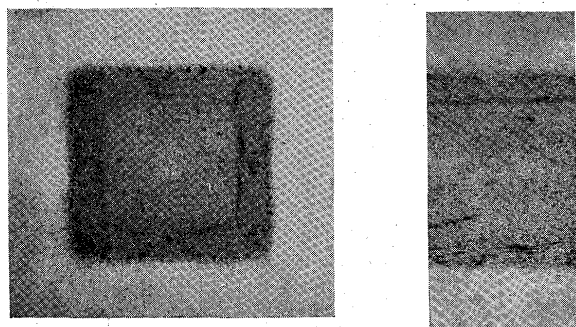


7. MT 7. 50 mm × 50 mm

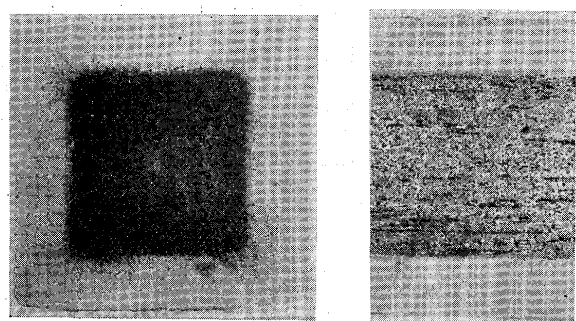


第 10 圖 鋼塊及び鋼片断面サルファープリント  
極軟鋼—下半部

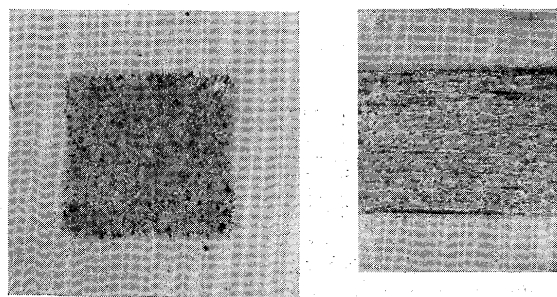
3. MT 3. 250 mm × 250 mm



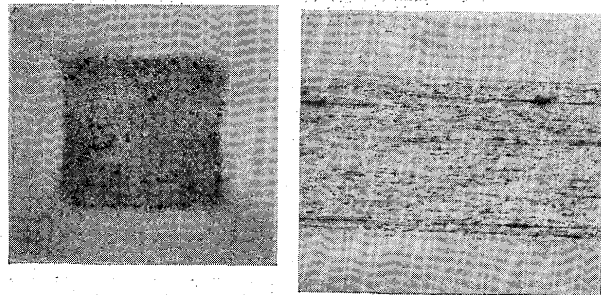
4. MT 4. 150 mm × 150 mm



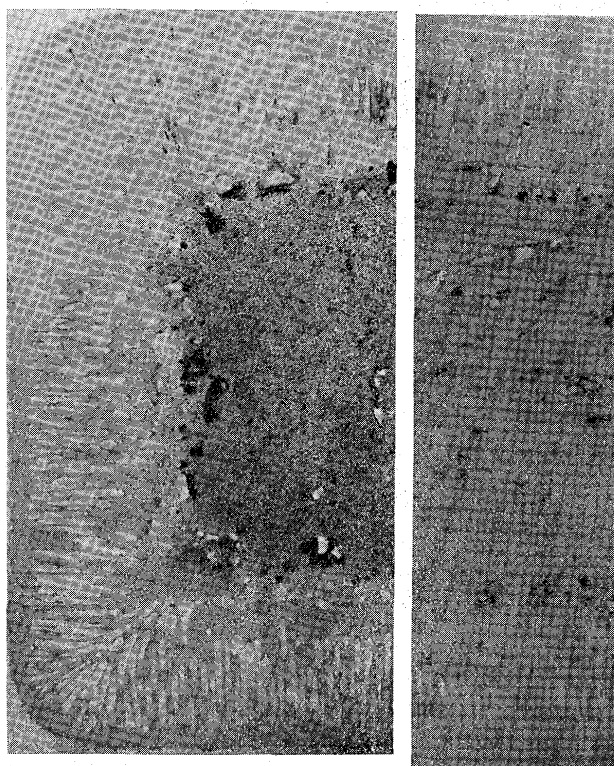
5. MT 5. 100 mm × 100 mm



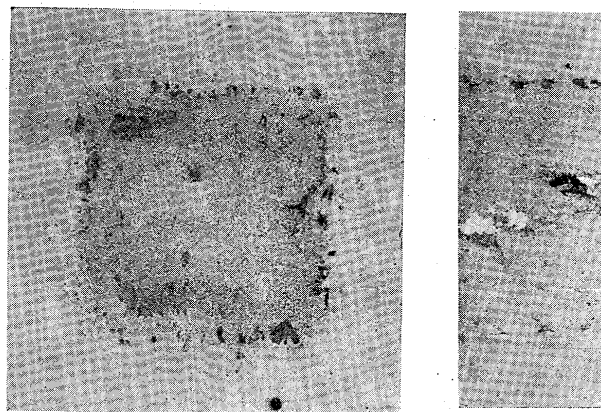
6. MT 6. 70 mm × 70 mm



1. MB 1. 500 mm × 500 mm

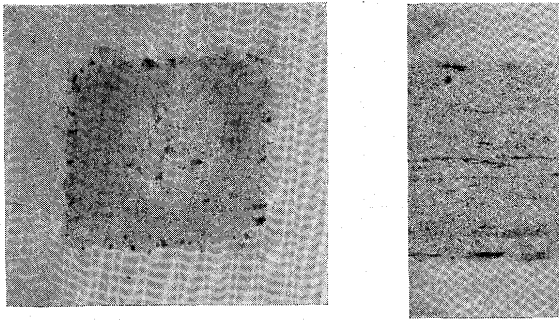


2. MB 2. 350 mm × 350 mm

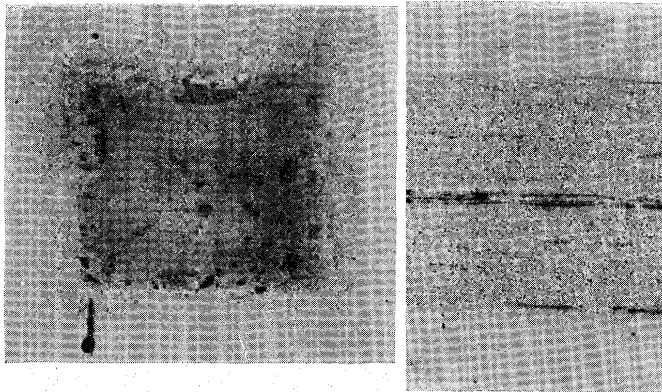




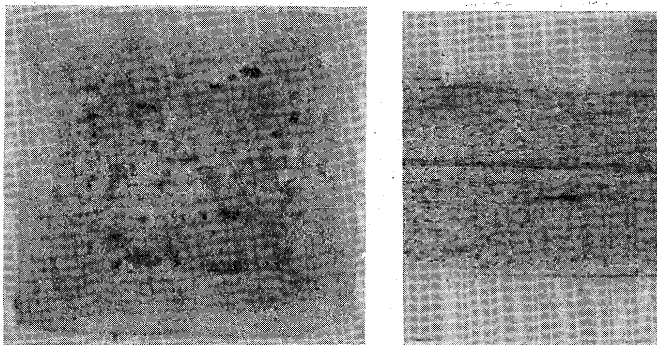
3. MB 3. 250 mm × 250 mm



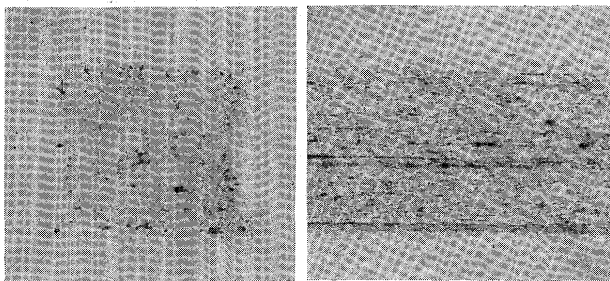
4. MB 4. 150 mm × 150 mm



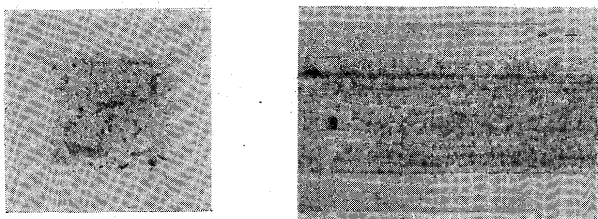
5. MB 5. 100 mm × 100 mm



6. MB 6. 70 mm × 70 mm



7. MB 7. 50 mm × 50 mm



半部試験位置の同様のサルファープリントである。兩者の比較實驗によつて次ぎの諸點を知る。

外殼及び内質の全般的狀況は壓延加工による變化移動殆んどなく、横斷面にては原料鋼塊の狀態を鋼片に於てその儘各壓縮率に相應して縮尺されて居り、縦斷面に於て偏析群は延び層狀組織となつてゐるに過ぎない。

試験片全部に亘つてサルファープリント及びマクロ腐蝕による肉眼組織並に檢鏡組織の結果と一括して第 3, 4 表に示した。

第 3 表 極軟鋼塊及壓延鋼片の内部形状及組織

上半部の位置

番號	試料種別 (斷面積) mm × mm	肉 眼 組 織		顯 微 鏡 組 織	
		外 殼	内 質	外 殼	内 質
MT 1	鋼 塊 470 × 470	地質甚し き逆偏析 均齊良質	地質甚しき正 偏析、劣質、内 質の周縁に粒 狀氣泡並列す 又中央部に數 多の偏析群及 び氣泡散在す 粒狀氣泡の大 きさ 6 mm	良質ドマー ン組織	不均質 外殼に比し炭 素高く又局部 的に不純物偏 析す
MT 2	鋼 片 350 × 350	良 質	數多の偏析群 及び氣泡散在 す氣泡の大なる もの 横斷面にて 2 mm 縦斷面にて 5 mm に達するもの あり	再結晶質	再結晶質
MT 3	鋼 片 250 × 250	同 上	偏析群延び層 狀組織 氣泡は未だ充 分に壓著せず 微細なる龜裂 狀	同 上	同 上 氣泡尙殘存し 延びて細長き 溝となる
MT 4	鋼 片 150 × 150	同 上	氣泡なし、層 狀組織	同 上	氣泡なし
MT 5	鋼 片 100 × 100	同 上	層狀組織一層 著し	同 上	同 上
MT 6	鋼 片 70 × 70	同 上	同 上	同 上	同 上
MT 7	鋼 片 50 × 50	同 上	同 上	同 上	同 上

(iii) 管狀氣泡の壓著狀況 第 3, 4 表によつて先づ管狀氣泡の壓著すべき過程及びその際鋼片の狀況を探查するに、壓著限界は 150 mm 角、壓縮率約 90% に相當する而して壓著部は偏析異常殆ど痕さざること鍛造實驗の結果と同様なるを知る。以下壓著の階梯を述べる。

ギー氏マクロ腐蝕を施し、原態には氣泡を存せし MB<sub>2</sub> 350 mm 角鋼片を検するに外殼に稍々規則正しき曲線狀の無數のフェライト偏析線を微かに認めた、この偏析線に沿うて細隙が介在するを見る。之れ管狀氣泡の押し潰されたる所であることは其の位置、疵の狀況及び無氣泡上半部

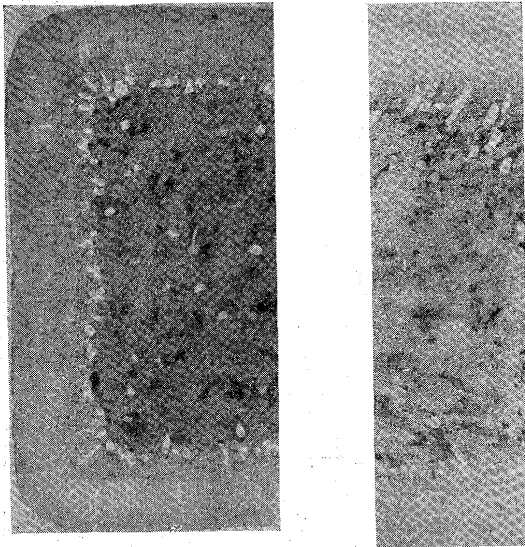




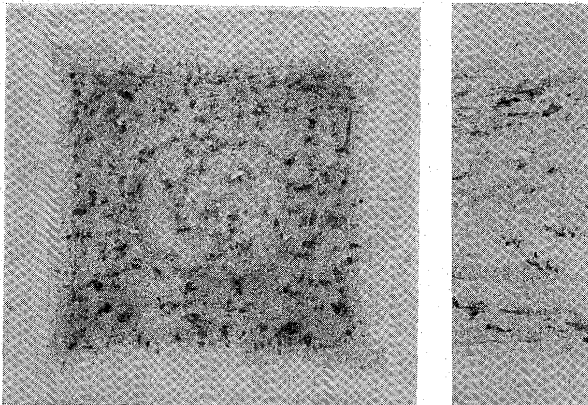
第 13 圖 鋼塊及び鋼片断面、サルファープリント

軟 鋼—上半部

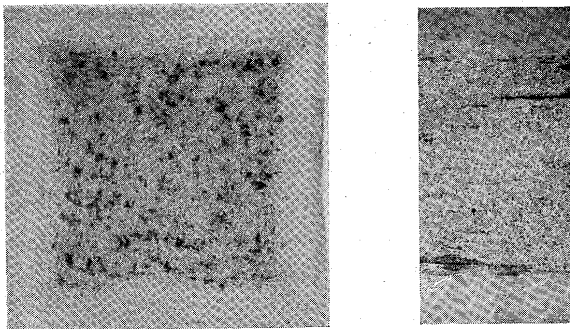
1. HT 1. 470 mm × 470 mm



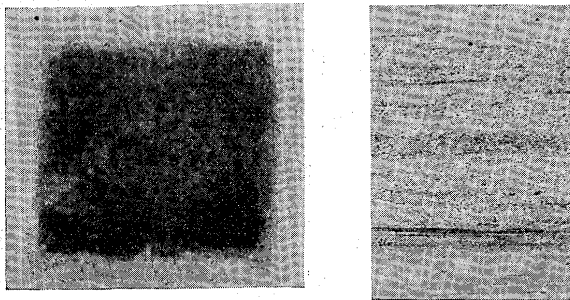
2. HT 2. 350 mm × 350 mm



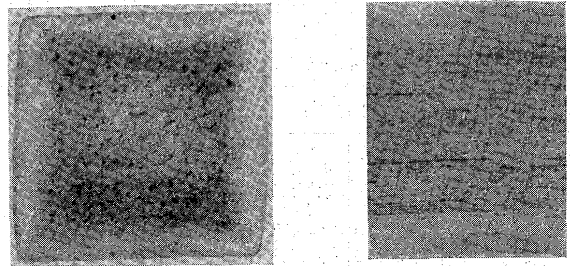
3. HT 3. 250 mm × 250 mm



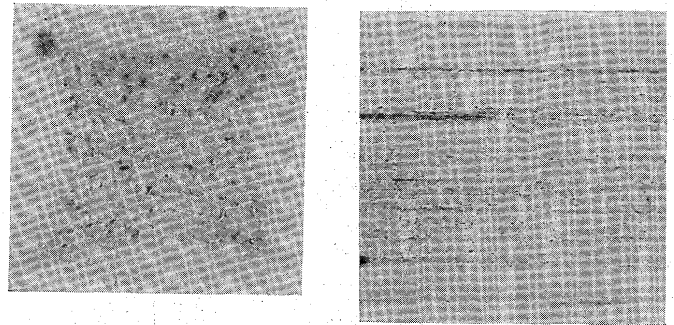
4. HT 4. 150 mm × 150 mm



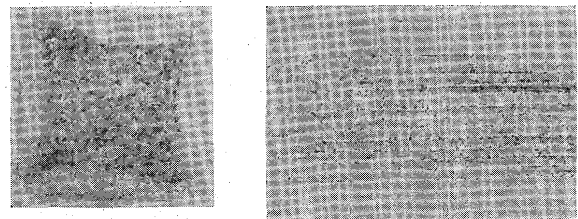
5. HT 5. 100 mm × 100 mm



6. HT 6. 70 mm × 70 mm



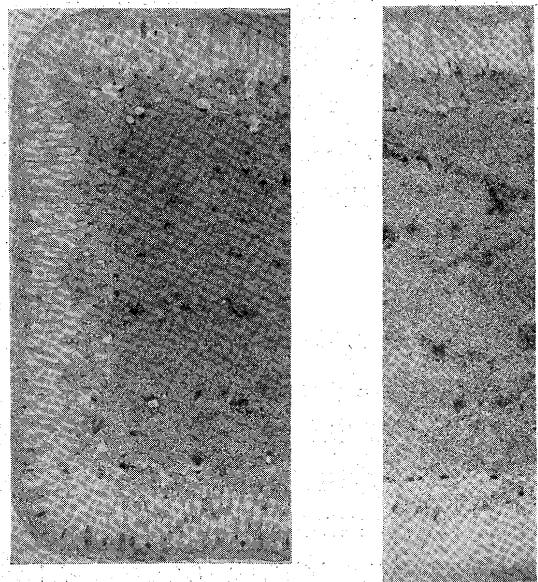
7. HT 7. 50 mm × 50 mm



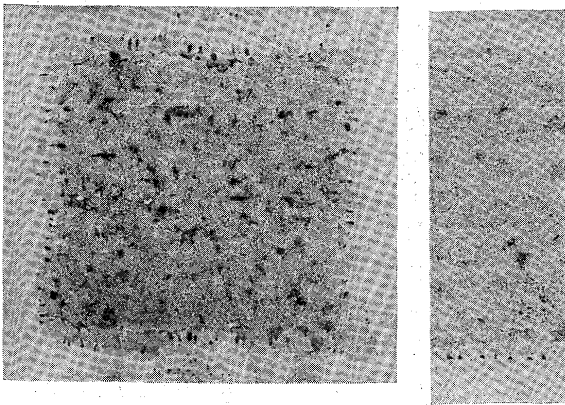
第 14 圖 鋼塊及び鋼片断面、サルファープリント

軟 鋼—下半部

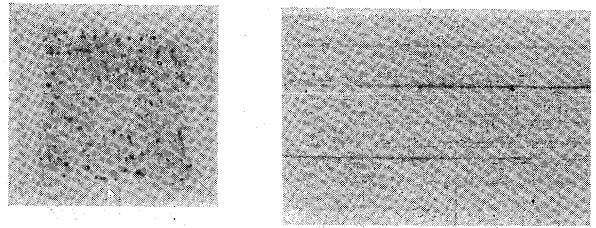
1. HB 1. 500 mm × 500 mm



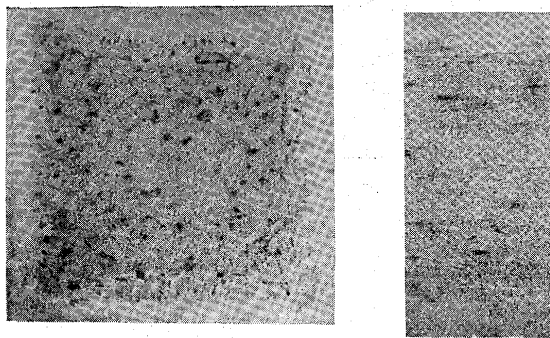
2. HB 2. 350 mm × 350 mm



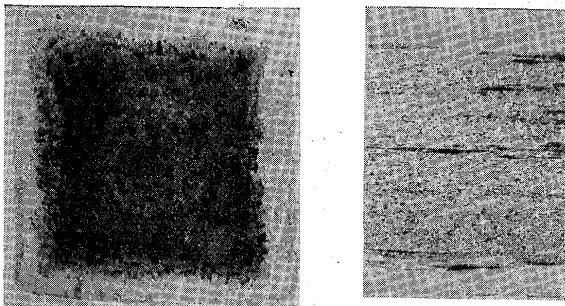
7. HB 7. 50 mm × 50 mm



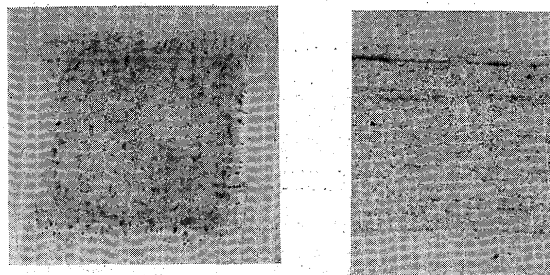
3. HB 3. 250 mm × 250 mm



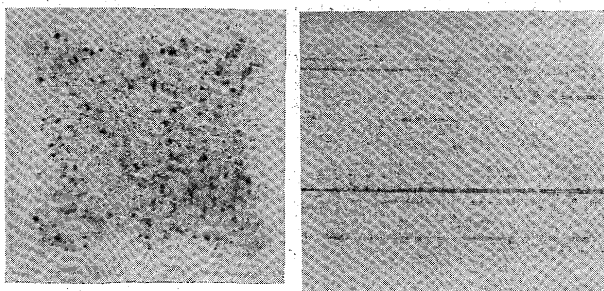
4. HB 4. 150 mm × 150 mm



5. HB 5. 100 mm × 100 mm



6. HB 6. 70 mm × 70 mm



壓延横断面に就いてであるが壓延平行面にては壓縮の増加に従つてフェライトラインは壓延方向に延び纖維組織を呈する。併その程度は第 11 圖 e, d に示す如く微弱である (iv) 粒狀気泡 第 3, 4 表記録に示す通りで、管狀気泡の壓著すべき壓縮率に達すれば粒狀気泡も亦完全に消失してゐる。

(4) 軟鋼の組織實驗 第 12 圖は鋼塊断面の見取圖及びサルファープリントであり、第 13, 14 圖は試験位置に於ける鋼塊及び鋼片の断面サルファープリントである。全般的狀況は極軟鋼鋼塊の例と同様なることを知る。

第 5 表 軟鋼々塊及壓延鋼片の内部形状及組織  
上半部の位置

番號	試料種別 (斷面積) mm×mm	肉眼組織		顯微鏡組織	
		外殼	内 質	外殼	内 質
HT 1	鋼 塊 470×470	逆偏析、 良質、小 管狀気泡 小數	正偏析、劣質、 周圍に粒狀気 泡並列し又中 央部に気泡あ り數多の偏析 群散在す、粒 狀気泡の大き さ14mm	良質、ウ キドマン ステーテ ン組織	劣質、ウキド マンステーテ ン組織炭素高 く局部的に不 純物偏析甚し
HT 2	鋼 片 350×350	良 質	大なる偏析群 及び気泡散在 す、気泡の大き さ 横断面にて 3mm、 縦 6mm に達するもの あり	再結晶質 微かにフェ ライト線を示す	同 上
HT 3	鋼 片 250×250	同 上	気泡未だ痕あ る偏析群は大 いに延び層狀 組織を呈す	同 上	気泡未だ壓著 せず 横断面にて 1mm、 縦 2mm 次第に層狀組 織に變化す、 硫化物等の不 純物明瞭に認 む
HT 4	鋼 片 150×150	同 上	気泡は殆んど 壓著の状態に 達す、層狀組 織	同 上	地質尙鑄鋼組 織を痕すも次 第に壓延組織 に變化す、氣 泡は略壓著の 状態に達す
HT 5	鋼 片 100×100	同 上	壓 著 同 上	同 上	層狀組織、氣 泡なし
HT 6	鋼 片 70×70	同 上	同 上	同 上	同 上
HT 7	鋼 片 50×50	同 上	同 上	同 上	同 上

第 6 表 軟鋼々塊及壓延鋼片の内部形状及組織

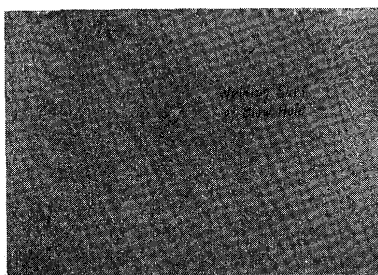
下半部の位置 (管狀氣泡あり)

番號	試料種別 (斷面積) mm×mm	肉眼組織		顯微鏡組織	
		外殼	内質	外殼	内質
HB 1	鋼塊 500×500	管狀氣泡の発生、大きき	劣質、周部に粒狀氣泡並列す、泡及偏析の大きき	ウキドマステン組織	稍々不均質、ウキドマステン組織に不純物偏在す
HB 2	鋼片 350×350	氣泡は押し潰され、横斷面に曲線状の縞を呈す、氣泡は未だ著せず	氣泡の痕跡層状組織	再結晶質、氣泡は明瞭な線を示す、氣泡の大きき、横斷面に 3mm、縦 4mm	地質向鑄鋼組織を示す、周部の粒狀氣泡は残存す、偏析は延びて次第に偏析線に變化す
HB 3	鋼片 250×250	氣泡の合せ目は曲線状の縞を示す	氣泡未だ著せず、微かなる氣泡を認む層状組織を呈す	氣泡の痕跡あり、大部分著した状態に達す	壓延組織變化しつつあるも依然として鑄鋼組織を認む氣泡未だ残存す
HB 4	鋼片 150×150	壓著部に微かにフェライト線を示す	氣泡の痕跡層状組織	氣泡の痕跡	氣泡の痕跡
HB 5	鋼片 100×100	同上	同上	微かなるフェライト線も地質著しく均	同上
HB 6	鋼片 70×70	同上	同上	同上	同上
HB 7	鋼片 50×50	同上	同上	同上	同上

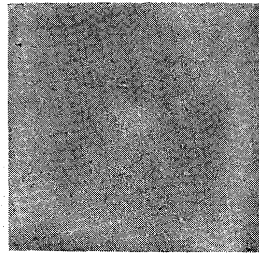
組織實驗の結果を概括して第 5, 6 表に示した。軟鋼々塊に於て組織上の氣泡壓著限度は極軟鋼の場合よりも一層壓縮したる HB 4, 100mm 鋼片壓縮率 96% に相當する第 15 圖はマクロ腐蝕による氣泡の押し潰され行く狀況を示すものであつて、外殼に認める數多の不規則なる曲線状の偏析線が氣泡の合せ目である。第 16 圖はそれ等の組織寫眞であつて、同圖中の a は第 15 圖 a に於ける氣泡合せ目の偏析線に相當する。その他の狀況に於ても極軟鋼の場合と大同小異であるので説明を省略する。

第 15 圖 軟鋼々塊のマクロ組織 (横斷面)

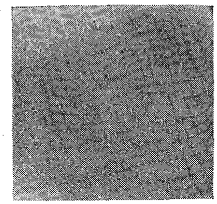
HB 2 × 1/4



HB 3 × 1/4



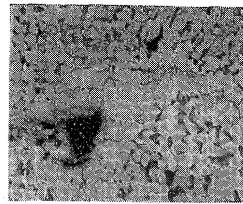
HB 7 × 1/2



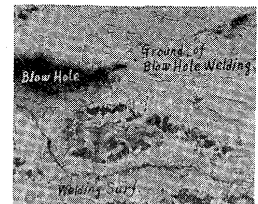
第 16 圖 Ex.4 軟鋼鋼片の檢鏡組織寫眞

管狀氣泡壓著の經過 × 25 HNO<sub>3</sub>

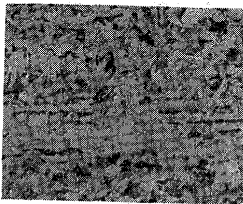
a. HB 2 (横斷面)



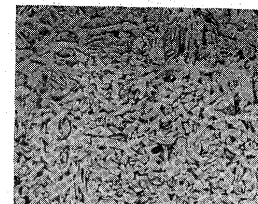
b. HB 2 (平行面)



c. HB 4 (平行面)



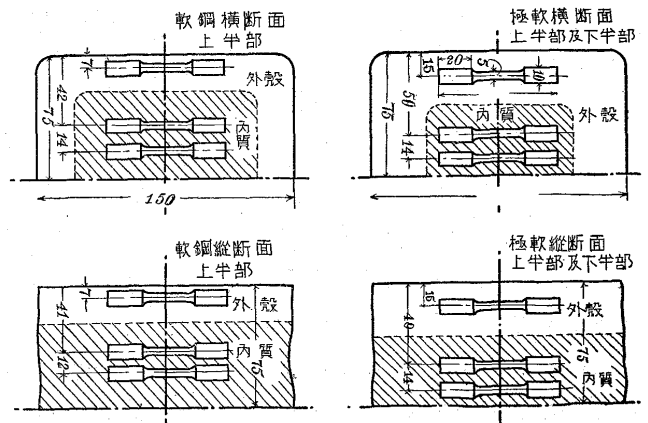
d. HB 7 (平行面)



(5) 抗張試驗

(i) 試驗片の採取 抗張試驗は鋼塊及び鋼片の全部に就いて壓延方向に對する横斷面及び縦斷面より各々外殼及び内質に區分し是等の組合せを以て行ひ、試片の數は 1 箇所に對し少くとも 2 本とし、材質の不同に應じて 5 本まで増加した。試驗片の寸法は鋼塊及び鋼片を通じて一定とし徑 5mm 標點距離 15mm (G.L=3D) である、採取位置は豫めサルファープリントによつて外殼と内質とを確め嚴密に區別した。その一例として 150mm 角鋼片の場合を示せば第 17 圖の如し。

第 17 圖 抗張試片の採取位置 (150mm 角鋼片の一例)



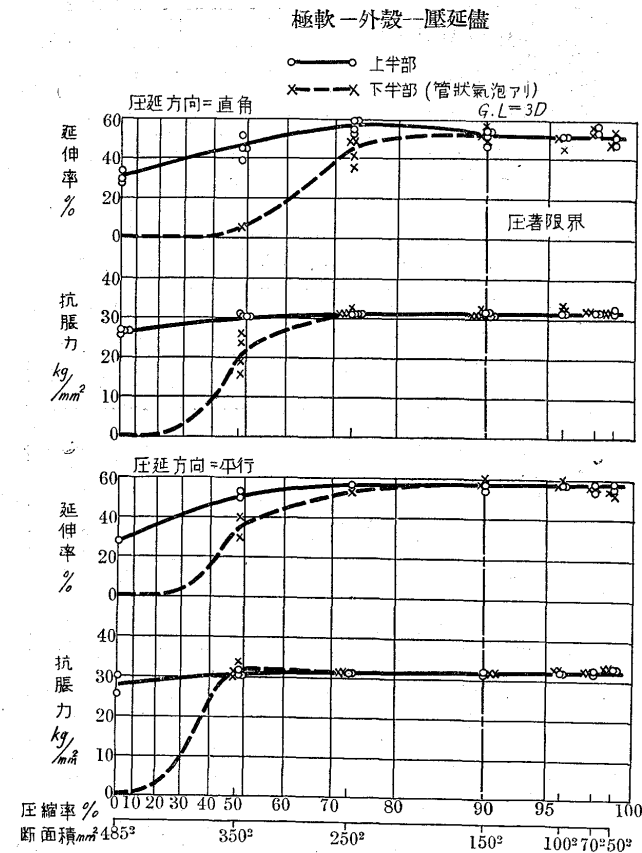
(ii) 抗張試験成績の概況 抗張試験成績を附録第 2~9 表に示す。此等の表を通覧し鋼質、試験位置及び壓縮割合等につき全體の成績を綜合するに其の要點は次の如し。

- a) 極軟鋼及び軟鋼の何れも全般的に同様の経過を示す
- b) 鋼塊及び大形鋼片は同一位置に於ける抗張試験値に不同多く小鋼片となるに従つて不同減じ揃つてくる。
- c) 壓延方向による差即ち鋼片の横断面及び平行面に於ける試験値を比較するに抗張力は殆ど差なし。平行面に於ては概して不同少く、延伸率及び断面收縮率の幾分大なるを見る。

d) 外殼と内質とに於ける抗張試験値を比較するに後者は不同多く且つ大であり、其の延伸率低し。内質の上半部は下半部より一層この傾向甚し。何れも材質の變差によるものである。

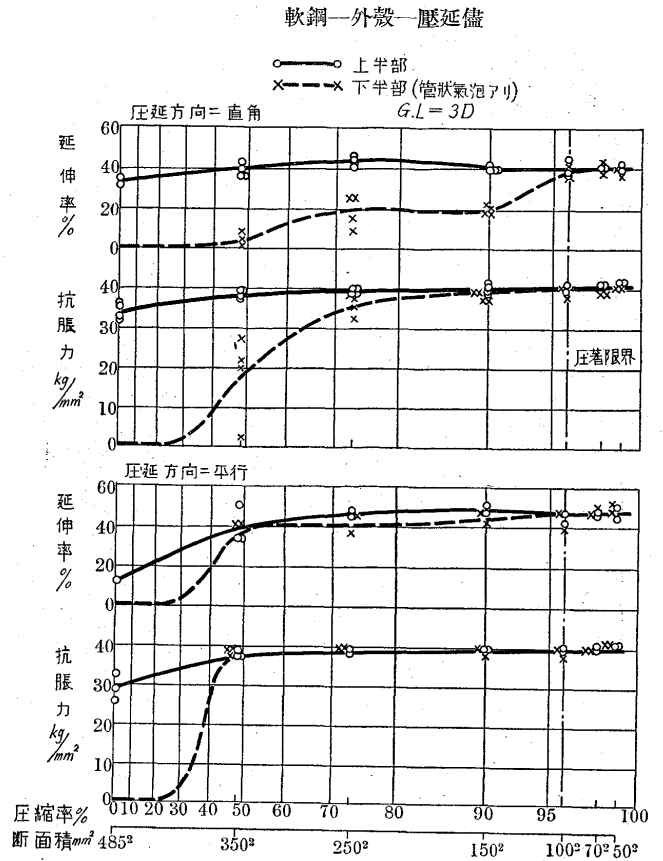
(iii) 管狀氣泡の壓著限界 第 18, 19 圖は夫々極軟鋼及び軟鋼の抗張試験結果を圖示したるものである。これに

第 18 圖 壓延條材の壓縮率對抗張試験



據り氣泡の共に存する外殼上半部と外殼下半部とを比較するに初程に於て下半部は試験値低く不良である。然るに壓縮増進するに従ひ上半部との差縮まり、抗張力は一致し次いで延伸率も亦一致する限界に達する。而して横断面に於ける抗張力は平行面のものよりも斯の如き一致の過程が遅

第 19 圖 壓延條材の壓縮率對抗張試験



れてゐることを知る横断面に於ける此の遅れは其の氣泡の壓著位置に對して直角なるに因ることを組織實驗の對照に依りて首肯し得る。従つて嚴密に壓著の限界を判定するには横断面の方向の試験成績を採るべきである。

斯く一致せる壓著位置を以て氣泡の壓著限界を定めるに次の如し。

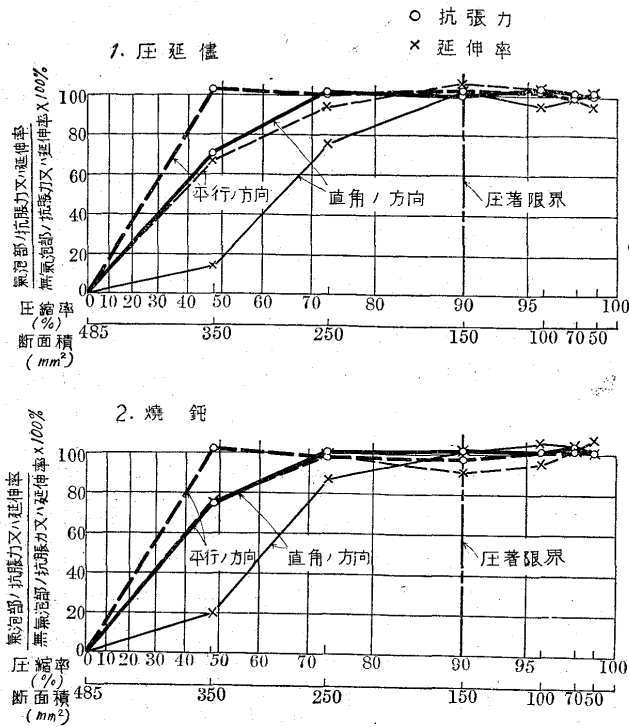
鋼種	壓著 限界	
	鋼片の寸法 mm	壓縮率%
Ex. 3 極軟鋼	150×150	90
Ex. 4 軟鋼	100×100	96

抗張試験値より判定したる此の壓著限界は組織の觀察と能く符號する。第 20, 21 圖は壓著の關係を示す一つの方法として無氣泡の上半部の値を 100 とし氣泡を含む下半部の値の比率を求めたるものでその差が零に達せる位置を以て限界を決定し得る。尙同圖中には直角及び平行方向に於ける兩試験の比較並に後述する焼鈍に於ける比較をも示した。

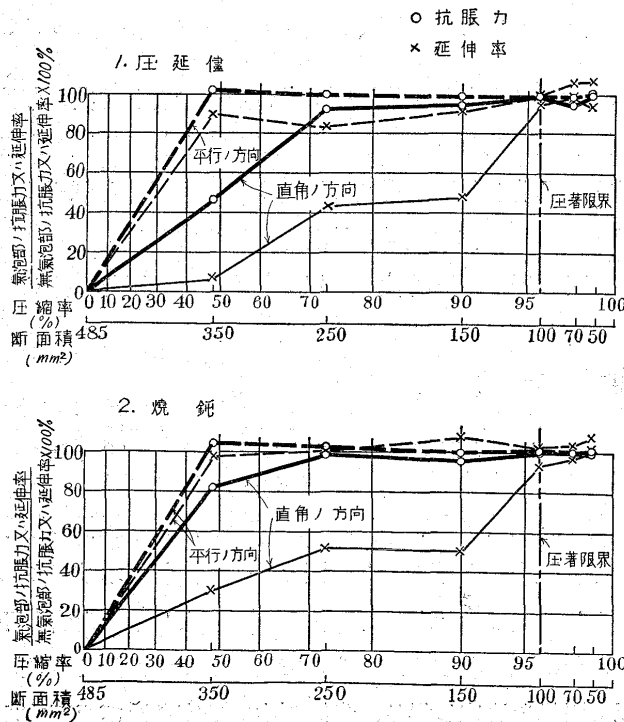
さて實用問題として氣泡の壓著限界は無氣泡部の抗張力及び延伸率と同等とするといふ上述の如き嚴重なる限界とせず、抗張力を同一とし延伸率を約 1/2 以上の見當のもので充分なりと見做し得るならば換言すれば用途が市場向き



第 20 圖 管狀氣泡壓著比較表 (極軟鋼塊塊)



第 21 圖 管狀氣泡壓著比較表 (極軟鋼塊塊)

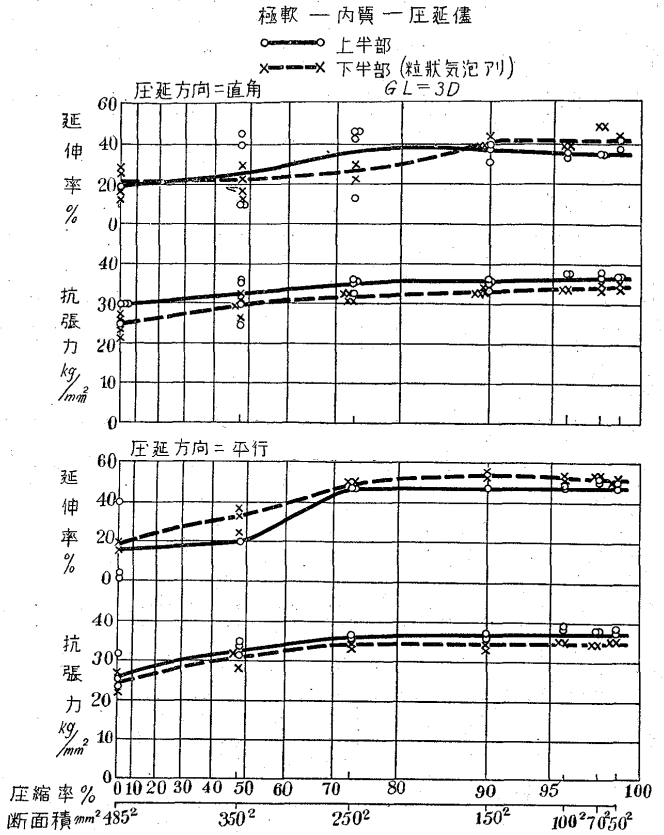


程度の鋼材ならば、鋼片を一段大に保ち得る壓縮率を採用して差支なしと考へられる。即ちこれを實用上の壓著限界とすれば次の如く更に一段大なる鋼片寸法のものとなる。

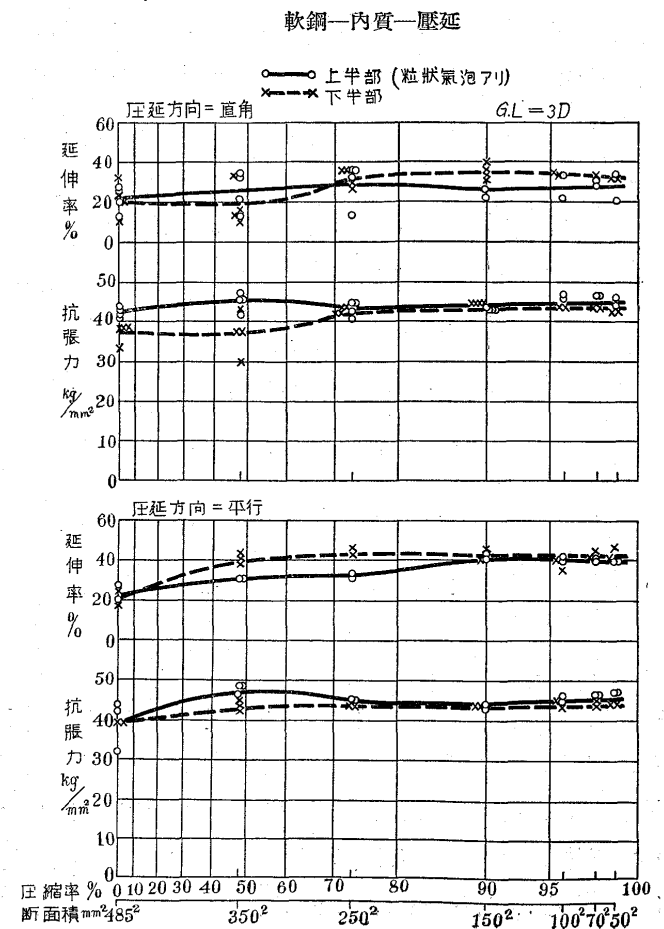
實用上の壓著限界

	鋼片の寸法 mm	壓縮率 %
Ex. 3 極軟鋼	250×250	73
Ex. 4 軟鋼	150×150	90

第 22 圖 壓延條材の壓縮率對抗張試驗



第 23 圖 壓延條材の壓縮率對抗張試驗





(iv) 粒状気泡の壓著限界 内質に於ける比較關係圖を第 22, 23 圖に示した。原料鋼塊の断面觀察によつて知らるるが如く、内質は外殻と違ひ粒状気泡の分布は上半部に多く、極軟鋼にては下半部にも相當多く且つ気泡は密集せず、其の他地質に気泡性偏析、 $\Delta$  偏析群等の材質的不良部を共存する。これ等の影響も加つてくるので内質は気泡のみの關係を求むることが困難である。特に大形鋼片では圖の如く不同の多きはこの理由によるものと考へる。併し壓縮率を増し前述の外殻気泡の壓著限界と同一の鋼片寸法に達すれば不同は大に減じて、鋼質成分に相應する試験成績を示す。更にこの限界以上に壓縮率を増加するも殆ど變化なきことより外殻と同一の限界を以て粒状気泡の壓著を判定し得べし。

粒状気泡の場合も管状気泡の場合と同様に實用上の壓縮率限界を求むれば、一段大なる鋼片断面程度に止むるも實用の限界値として充分なりと考へる。即ち内質に於ける實用の壓縮限界も亦外殻によつて求めたる値 73 及 90% になる。

(6) 焼鈍材の抗張試験 900°C に 30 分保定焼鈍して既述の壓延儘の試験と平行し全く同様の抗張試験を行つた。試験成績を附録第 10~17 表に示す。全般的に壓延儘の場合と殆ど同様の結果であつて同一の壓著限界を得る。而して焼鈍による影響は壓延儘のものに比較し、降伏點少しく減じ、抗張力及び延伸は殆ど同様であつて僅かに軟化の傾向を認むるに止まる。

第 7 表 鋼片各部の機械的性質の差異

(壓延儘の材料)

取鋼分析 (%)	鋼塊の位置		機械試験		化學成分%			
	長さの位置	断面	抗張力 $kg/mm^2$	延伸率% $G.L=3D$	C	Mn	P	S
極軟鋼 C 0.07 Si 0.10 Mn 0.34 P 0.018 S 0.020	上部 25%	外殻 T	31.7	52.4	0.04	0.32	0.015	0.013
		L	31.7	56.0				
		内質 T	36.8	36.6				
		L	37.3	48.3				
	下部 75%	外殻 T	32.1	52.5	0.05	0.35	0.017	0.011
		L	32.1	56.8				
		内質 T	33.9	44.0				
		L	34.6	53.5				
軟鋼 C 0.24 Si 0.018 Mn 0.49 P 0.020 S 0.023	上部 25%	外殻 T	40.8	41.6	0.20	0.51	0.018	0.018
		L	40.1	46.4				
		内質 T	46.6	28.8				
		L	46.4	40.5				
	下部 75%	外殻 T	39.3	39.3	0.18	0.50	0.015	0.016
		L	39.4	47.7				
		内質 T	44.4	33.9				
		L	44.1	41.4				

T=横断面(壓延方向に直角)

L=縦断面(壓延方向に平行)

(7) 鋼片中各部の機械的性質の差異 第 7 表は抗張試験の結果を基礎として鋼塊の外殻と内質間の差異及び鋼塊上下による差異を示したものであつて抗張試験値は壓著限界以下の小鋼片全體の平均値によつたものである、鋼塊位置によつて化學成分の差ある如く抗張力に於ても亦これに相應して差がある。即ち抗張試験成績は

- a) 外殻は鋼塊の上下による差なし。
- b) 外殻と内質とを比較すれば鋼塊上半部は特に差が大きく抗張力約 5kg 延伸率 10% 以上に及ぶ。
- c) 材質の劣質なる部分即ち内質の上半部の如きは試験片の採取位置によつて試験値に不同あり。

(8) 鋼片に於ける偏析及び微滓 気泡壓著の研究と關係して縁付鋼塊に於ける偏析及び夾雜微滓の組織狀況を附記せん。気泡は壓延によつて壓著し得るとしても内質に潜在する気泡性偏析及び  $\Delta$  偏析群) は其の儘殘存して壓延の方向に延びてゐる、之は既に鋼片サルファープリント (第 9, 10, 13, 14 圖参照) にて知れる通りである。故に規格鋼材に對しては気泡問題より寧ろ材質上の缺陷として偏析を重大視すべきである。

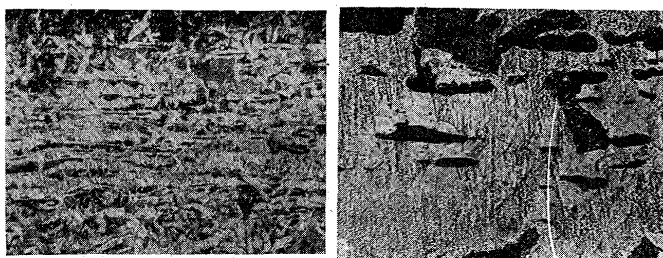
本實驗の代表資料として 100mm 鋼片に就いてその狀況を述べる。

(i) 偏析線 檢鏡により偏析線を觀るにその大きさは壓延平行断面にて普通のもので幅 1.0~1.5mm 長さ 30~100mm あり。其の他無数の小偏析を共存しフェライトラインの層状組織を形成する。

第 24 圖 a は檢鏡組織の一例である。而してこの部分を高度に廓大して見れば各種形態の硫化系及び珪酸系の不純物、小気泡、小龜裂を包含してゐて、硫化系は長形粒状をなし壓延方向に並列點在し、その大きさは平行断面にて 0.01mm x 0.03mm (幅 x 長さ) 程度のものである。又珪酸系は一般に微滓と稱するものの大部分を占め壓延の方向に

第 24 圖 内質に於ける微滓の組織  
軟鋼質 HE, HNO<sub>3</sub>

a. 内質の層状組織 x25      b. 微滓の狀況 x150



1) 小平勇; 鐵と鋼 18 (1932) P. 548.

c. 大なる鋼滓の嵌入状況 ×125



紐状形に延び 0.005 mm × 0.02 mm (幅 × 長さ) を普通とする。第 24 圖 b はこの微滓を廓大して示せるものである。而して屢々是等の異物の密集部は熱脆性に依る割疵を伴

るので恰も氣泡が壓著せざる如く誤り考へられ易き所である。

(ii) 鋼滓の嵌入 比較的大なる鋼滓が機械的に嵌入せるを認める。その分布範圍は外殻たると内質たるとを問はず各所に散在し殊に内質外周の粒状氣泡附近及び鋼塊上半部内質に於けるものは形状大である。壓延平行面の研磨面に腐蝕せざるも明瞭なる縞線を指摘し得るので、之は偏析線と容易に區別し得る。その大きさは 100 mm 角鋼片にて 0.02 mm × 30 mm (幅 × 長さ) 位なるも時にこれ以上大なるものがある第 24 圖 c はその一例である。而して多くは不純物偏析線とは無關係に散在し周圍の地質に何等異常なく脱炭を伴はざるを普通とする。

尙本實驗に據りて縁付鋼塊より壓延せる鋼片は脱酸鋼塊より壓延せる鋼片に比較して微滓の含有全量は少いが局部的に集團をなし形状の大なる缺點を認める。従つて縁付鋼塊を原料とする成品を旋削加工する場合には注意を要する

(9) 要約 條鋼壓延試験に於ける氣泡の壓著状況は鍛造試験の結果と全く同様の階梯を示すことを確めた。而して無氣泡部の抗張力及び延伸率と同一の基準を以て壓著限界を定むれば極軟鋼及び軟鋼の壓著限界は原料鋼塊 C54 型に對し夫々壓縮率 90%, 96% である。實用上抗張力を同一延伸率を 1/2 以上を以て實用壓著限界とすれば夫々 73%, 90% である。

本試験に據つて氣泡自身は壓著して輕微なるフェライトラインを痕すも材質より觀ればその抗張値への影響は僅少である。寧ろ氣泡に附隨する偏析群、微滓等の影響を重大視すべきことを明かにした。

#### 4. 氣泡による鋼材の表面疵

(1) 實驗の概要 鋼塊鑄肌に近く氣泡の潜在する爲めに壓延鋼材に表面疵を生ずる事は平常の作業實例に屢々遭遇する所である。茲には縁付鋼塊を原料とせる大形丸鋼及び厚鋼板の實例を挙げ管状氣泡による表面疵の特徴を明か

にし氣泡障害の状況を述べんとする。實驗の方法は一般に行はれてゐる通りサルファープリント、マクロ腐蝕及び鏡實驗に據れり。

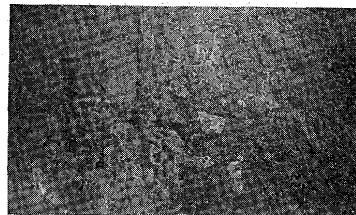
#### (2) 大型丸鋼の實例

(i) 化學成分及び表面疵の狀態 資料は 3,000 kg 角鋼塊より壓延せる直徑 6" の軟鋼の丸鋼にして次の取鍋成分を有す。

試験番號	鋼質	化學成分%				
		C	Si	Mn	P	S
Ex.A	軟丸鋼	0.26	0.016	0.52	0.041	0.029

第 25 圖は壓延儘の黒肌の外觀にして壓延方向に平行して大小不同の無数の縦疵(Seam)を認める。此縦疵は一條毎にある限度の長さを有し、個々に獨立し連續せざるを特徴とする。疵の幅は 0.3 mm 以下の極めて微細なるものにして長さ 30~50 mm を有する。而して疵の分布状態を見るに概ね 90° 或は 180° の間隔を以て特に密集する傾向

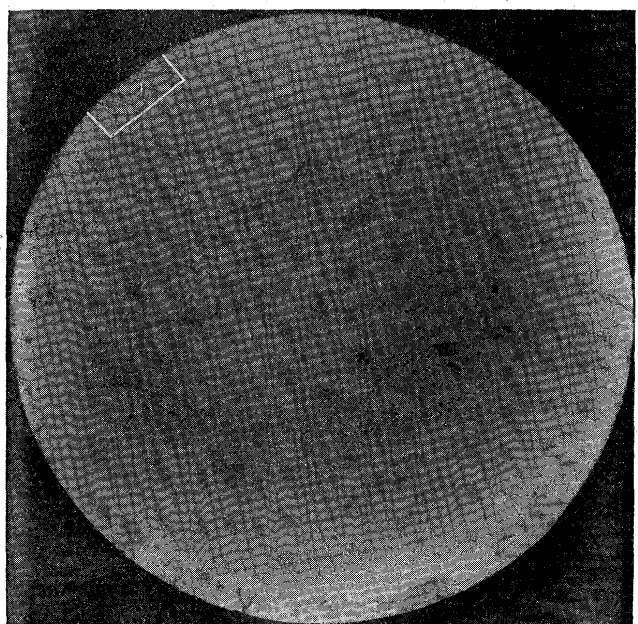
第 25 圖 丸鋼壓延肌の縦疵 × 5



があり、酸洗して表面のスケールを除去するに疵は丸鋼の全面に互り、比較的疵の大なるものが外觀上に現はれてゐるのである。

(ii) 断面内部の組織狀況 第 26 圖は横断面のマクロ

第 26 圖 Ex.A 不良大形丸鋼の横断面に於けるマクロ組織(ギエー氏腐蝕) × 5

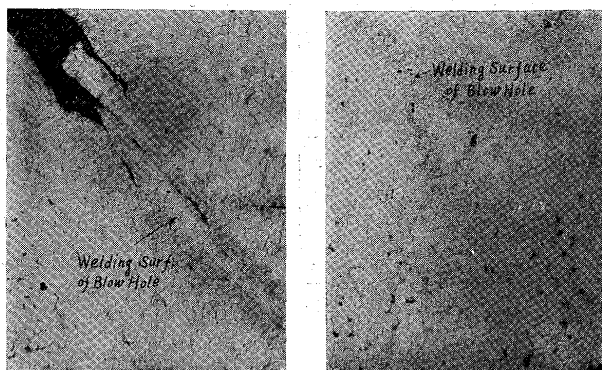


腐蝕であつて、これによつて疵の發生狀況、原料鋼塊の輪廓及び疵との位置的關係を検する。疵は場所によつて異な

るもので表面より深さ約 6mm あり、甚しく屈曲せるもの  
又中心に向つて直線形に割れたる所もある。内部偏析状況  
より前者は丁度鋼塊の隅角に相当し、後者は鋼塊の側面に  
相當する位置であること、且つ疵の發生範圍は全く鋼塊の  
外殻に限定されてゐることを知る。第 27 圖は疵の部分の  
檢鏡組織であつて同圖 a は黒肌に近い所で割疵は外方に開  
口し内部には酸化鐵を嵌入しその周囲の地質は脱炭され疵  
に沿ふてフェライトラインを形成してゐる。併し附近には  
何等不純物偏折を見出さず、小氣孔を認むるのみである。  
同圖 b は黒肌より約 5mm の深部の状況で最早や割疵なく  
壓著の痕を認め得るに止まる。

第 27 圖 檢鏡組織 寫眞位置 (第 26 圖参照)  
(ピクリン酸+ヂケンソン氏液) × 25

a. の 位置                      b. の 位置



(iii) 疵の原因 實驗結果より疵の原因は鋼塊外殻に於  
ける管狀氣泡の不充分なる壓著に依ること明かである。之  
れ其氣泡位置が比較的鑄肌に近い爲め或は不注意なる長時  
間の加熱に依つて氣泡の尖端が大氣中に露出せる爲め、表  
面に近き所は全然壓著する機會を失ひたるものである。而  
して内部疵の形狀に不同あるは、鋼塊の角部と側面部とが  
自ら壓縮の状況を異にするが爲めである。又疵の特徴とし  
て縦疵となるは氣泡の口を開きたる儘一方の方向に主に延  
ばされる爲である従つて個々の氣泡が數多の不連続線をな  
すことは蓋し當然なるべし。

(3) 厚鋼板の實例

(i) 化學成分及び表面疵の状態 壓延の性質上、板の  
面となるべき鋼塊の兩側面が主として壓縮を受けるのでこ  
の面の氣泡は押潰され同時に壓延の方向及びこれと直角の  
方向に擴げられる。従つて若し原料鋼塊の表面氣泡が内面  
酸化した状態で壓延さるれば板の表面に橢圓形の班狀疵を  
生ずべく、之を痘疵 (Pitted face) と稱される。

第 28 圖 a は壓延肌に規則正しくあらはれた例で、板の

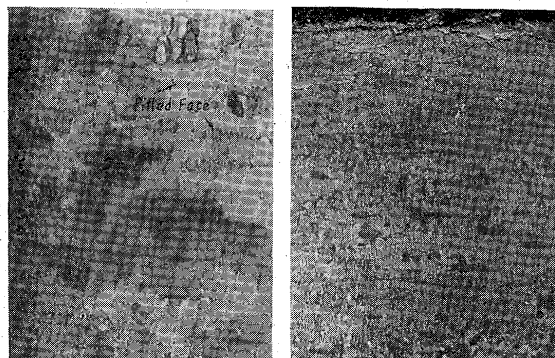
厚さ 25mm にして次の取鍋成分を有する。

試料番號	鋼 質	化學成分%				
		C	Si	Mn	P	S
Ex. B	軟鋼板	0.19	0.03	0.57	0.050	0.048

同圖 b は同一鋼板の側縁部にして板の端は擴がりを多く  
受けるので無数の皺襞狀の割疵を生じたのである。

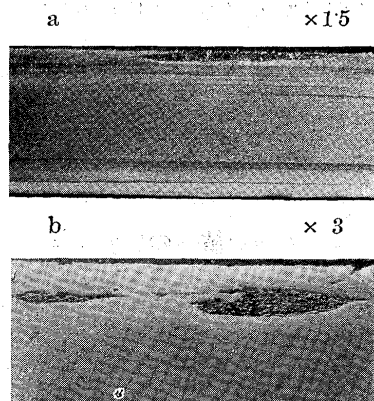
第 28 圖 厚板壓延肌の痘疵

a. 板の中央部                      b. 板の側縁部  
壓延方向→                      壓延方向→



(ii) 断面内部の組織狀況 第 29 圖は壓延方向に對す  
る直角のマクロ腐蝕組織にして、a は痘疵の断面をあらは  
し表面に氣泡露出し、b は氣泡の位置が少々深部にあり、  
上端が板面に露出し一見縦疵を示すものである。この種  
の疵の特徴としては寫眞の如くレンズ狀の小空洞を形成し空  
洞の直上の表皮は板面より膨れ上つてゐる。空洞部には酸  
化鐵を嵌入し、周囲の地質に脱酸現象を起してゐる、然し  
板の内質には何等異常を認めぬ。

第 29 圖 厚板断面のマクロ組織  
壓延方向に直角断面  
(ヂケンソン氏液腐蝕)



(4) 要約 縁付鋼  
塊の管狀氣泡は鑄肌  
接近して發生すれば條  
鋼材に對しては縦疵と  
なり、板鋼に於ては痘  
疵として特徴をあらは  
し之等の障害は表面的  
には輕微の如く見える  
が相當深部まで達する  
が故に當事者の注意を  
要すべきものなる事を  
明にした。

5. 結 論

縁付鋼塊に潜在する氣泡は鍛造及び壓延の如き熱間加工  
によつて壓著し得ることを實驗上より立證した即ち條鋼材

壓延試験に準じ横斷面積 485mm×485mm 鋼塊に於ける壓著の階梯を示すに第 30 圖の如し。同圖は管狀氣泡圈を含む鋼塊下半部横斷面の鍛延の進行と組織變化との關係を示したるものである。之を其の抗張試験結果と對照するにその鍛壓限界は（無氣泡部の抗張試験と比較し抗張力及び延伸率の同値を以て定むるとき）夫々圖に記入の通り、極軟鋼では壓縮率 90%，軟鋼では 96% である、實用上の壓縮限界（抗張力同値延伸率を 1/2 以上とせるとき）として、夫々 73% 及び 90% なることを確めた。

氣泡壓著部の組織的特徴は合せ目に輕微なるフェライトラインを痕し且つ小氣孔の存在することである。

氣泡壓著試験によつて注意すべきことは鋼塊横斷面積を増大するも、その割合に氣泡の形狀は大とならず、従つて本實驗の結果は他の斷面鋼塊にも適用し得ると考へられる。

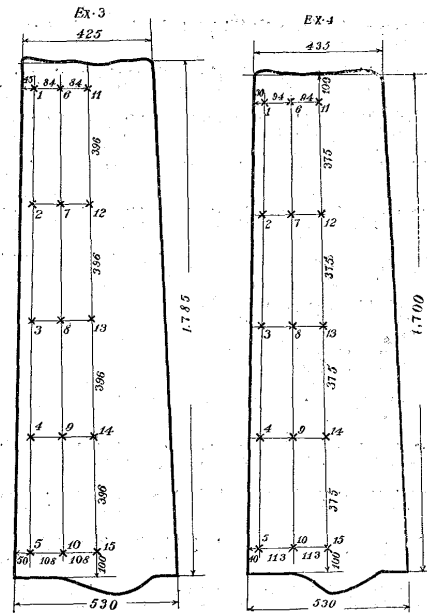
第 30 圖 組織試験による氣泡の壓着の狀況

C 0.07% 極軟鋼塊			
I 断面/大キサ mm 485×485 圧縮率% 0	II 350×350 48	III 250×250 79	
IV 150×150 90	V 100×100 96	VI 70×70 98	VII 50×50 99
C 0.24% 軟鋼鋼塊			
I 断面/大キサ mm 485×485 圧縮率% 0	II 350×350 48	III 250×250 79	
IV 150×150 90	V 100×100 96	VI 70×70 98	VII 50×50 99

附 録 第 1 表 鋼塊分析表

分析箇所	鋼塊分析%							
	C	Si	Mn	P	S	Cu		
Ex. 3	外殼	1	0.04	0.012	0.31	0.020	0.014	0.13
		2	0.04	0.012	0.32	0.015	0.013	0.12
		3	0.06	0.011	0.31	0.015	0.011	0.12
		4	0.05	0.011	0.31	0.017	0.011	0.12
		5	0.05	0.012	0.35	0.017	0.012	0.11
	平均	0.05	0.012	0.32	0.017	0.012	0.12	
	内質	6	0.17	0.010	0.38	0.043	0.062	0.15
		7	0.11	0.010	0.36	0.035	0.051	0.14
		8	0.10	0.008	0.35	0.028	0.032	0.14
		9	0.08	0.009	0.33	0.022	0.026	0.13
		10	0.07	0.008	0.32	0.018	0.017	0.12
	平均	0.11	0.009	0.35	0.029	0.038	0.14	
	中心部	11	0.11	0.011	0.38	0.034	0.048	0.15
		12	0.11	0.021	0.37	0.029	0.034	0.14
		13	0.08	0.009	0.33	0.024	0.025	0.13
14		0.08	0.013	0.33	0.024	0.024	0.13	
15		0.07	0.011	0.33	0.019	0.020	0.13	
平均	0.09	0.013	0.35	0.026	0.030	0.14		
Ex. 4	外殼	1	0.22	0.015	0.51	0.019	0.024	0.16
		2	0.20	0.014	0.51	0.018	0.020	0.14
		3	0.20	0.020	0.51	0.018	0.018	0.15
		4	0.18	0.020	0.50	0.015	0.016	0.13
		5	0.20	0.020	0.51	0.019	0.022	0.14
	平均	0.20	0.018	0.51	0.018	0.020	0.14	
	内質	6	0.40	0.028	0.55	0.039	0.074	0.15
		7	0.30	0.021	0.52	0.024	0.035	0.15
		8	0.29	0.021	0.51	0.029	0.044	0.15
		9	0.26	0.014	0.50	0.020	0.024	0.14
		10	0.24	0.014	0.50	0.021	0.024	0.15
	平均	0.30	0.020	0.52	0.027	0.040	0.15	
	中心部	11	0.38	0.021	0.55	0.032	0.045	0.17
		12	0.27	0.021	0.47	0.025	0.037	0.15
		13	0.25	0.014	0.49	0.020	0.027	0.14
14		0.23	0.015	0.50	0.022	0.029	0.14	
15		0.20	0.015	0.51	0.019	0.021	0.14	
平均	0.27	0.017	0.50	0.024	0.032	0.15		

鋼塊番號	鋼塊單重 kg	取鋼分析%					備 考
		C	Si	Mn	P	S	
Ex. 3	C 54 2,900	0.07	0.010	0.34	0.018	0.020	鋼塊壓延試
Ex. 4	C 54 2,900	0.24	0.018	0.49	0.020	0.023	驗



附録 第2表 壓延條材の抗張試験表

極軟—外殻—壓延儘

G.L=15mm(3D)

試験方向 試片の置	壓延方向に對し直角									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀
0 (485)	17.8 18.0 18.7 17.6 18.0	26.6 26.4 26.3 26.1 26.4	35.0 28.0 30.6 — 31.2	58.5 55.1 52.3 — 55.3	横 疵 " 氣 横 "					
48 (350)	19.8 17.8 — — 18.8	30.8 30.5 30.5 30.3 30.5	53.3 60.0 40.0 46.5 46.6	64.8 60.5 56.6 59.4 60.3		19.0 16.4 16.3 16.1 16.9	26.2 24.2 19.4 16.4 21.6	— — 6.7 — 6.7	— — 35.2 — 35.2	横 氣 " 泡 " 泡
73 (250)	17.8 17.6 16.0 18.4 17.5	31.3 31.0 31.0 30.9 31.1	56.5 60.0 60.0 56.5 58.3	77.0 78.8 78.8 77.8 78.1		20.3 22.0 21.8 17.1 20.3	32.0 31.9 31.7 31.6 31.8	36.6 43.3 50.0 50.0 45.0	51.1 79.7 79.8 66.8 69.4	微 層
90 (150)	16.4 16.4 16.9 15.9 16.4	31.4 31.3 31.2 31.0 31.2	54.0 53.0 53.7 47.0 51.9	75.8 71.6 73.9 70.0 72.8		18.1 16.4 17.0 16.4 17.0	32.0 31.2 31.1 31.1 31.4	48.6 58.0 53.4 51.7 52.9	70.7 74.8 45.2 69.5 65.1	
96 (100)	21.8 18.7 20.3	31.7 31.7 31.7	52.0 52.0 52.0	71.2 71.9 71.6		20.3 20.4 20.4	33.0 32.6 32.8	46.7 52.0 49.4	64.0 68.7 66.4	
98 (70)	17.3 16.7 17.0	31.8 31.6 31.7	54.0 57.3 55.7	77.0 74.2 75.6		17.0 16.1 16.6	32.3 32.1 32.2	54.7 57.0 55.9	78.0 79.6 78.8	
99 (50)	23.3 — 23.3	32.4 31.8 32.1	48.0 52.0 50.0	75.1 76.0 75.6		21.2 20.5 20.9	32.2 31.9 32.1	48.7 54.6 51.7	77.0 76.1 76.6	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附録 第3表 壓延條材の抗張試験表

極軟—外殻—壓延儘

G.L=15mm.(3D)

試験方向 試片の置	壓延方向に對し平行									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀
0 (485)	— 17.0 — 17.0	30.0 25.7 — 27.9	— 28.0 — 28.0	— 40.5 — 40.5	横 疵 横 粒					
48 (350)	24.2 16.0 15.2 18.5	31.7 30.7 30.3 30.9	— 50.0 53.3 51.7	— 64.7 67.8 66.3	粒 狀	17.2 18.4 16.7 17.4	34.0 31.2 30.6 31.9	30.0 40.0 — 35.0	64.7 77.5 — 71.1	氣 泡 " 氣 泡
73 (250)	19.4 16.9 18.2	31.1 30.9 31.0	— 56.6 56.6	— 76.9 76.9		20.0 21.4 20.7	31.3 31.0 31.2	53.3 — 53.3	74.8 — 74.8	

90 (150)	18.8 18.5 18.7	31.2 30.8 31.0	57.7 54.6 56.2	78.5 79.6 79.1		18.2 17.5 17.9	31.6 31.5 31.6	58.2 61.2 59.7	80.6 79.6 80.1	
96 (100)	21.3 20.8 21.1	31.6 31.6 31.6	56.7 56.0 56.4	81.7 82.0 81.9		20.1 20.6 20.4	32.3 31.9 32.1	57.3 60.0 58.7	80.7 79.8 80.3	
98 (70)	17.5 15.6 16.6	32.0 31.6 31.8	53.3 56.7 55.0	84.7 82.2 83.5		17.0 17.6 17.3	31.8 31.7 31.8	55.2 55.2 55.2	83.2 81.5 82.4	
99 (50)	18.0 17.9 18.0	32.5 32.3 32.4	55.3 57.3 56.3	81.4 80.7 81.1		17.6 18.0 17.8	32.9 32.8 32.9	52.7 54.0 53.4	77.8 80.8 79.3	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附録 第4表 壓延條材の抗張試験表

極軟—内質—壓延儘

G.L=15mm(3D)

試験方向 試片の置	壓延方向に對し直角									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀	降伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張 力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 率 %	斷面 收縮 率 %	破斷の 形 狀
0 (485)	18.7 20.3 — — 19.5	30.6 30.6 30.5 25.1 29.2	20.3 — — — 20.3	27.0 — — — 27.0	氣 泡 粒 狀 " 粒 狀 " 粒 狀	15.3 11.5 — 15.3 14.0	27.3 26.9 24.2 21.2 24.9	13.3 27.3 19.3 28.3 22.1	27.6 50.8 37.0 9.3 31.2	氣 粒 横 疵 " 粒 狀
48 (350)	20.1 22.2 22.4 18.3 20.8	36.3 35.5 30.2 24.9 31.7	40.0 43.0 10.0 10.0 25.8	53.9 60.7 33.5 29.7 44.5	氣 泡	20.4 18.8 19.1 18.9 19.3	32.3 31.0 30.2 26.7 30.1	30.0 23.3 16.6 13.3 20.8	46.7 47.2 36.0 28.5 39.6	氣 泡 " 粒 狀 " 層 狀
73 (250)	22.9 19.5 20.5 22.2 21.3	36.1 35.7 35.4 32.5 34.9	46.5 46.5 43.3 13.3 37.4	61.5 66.1 58.7 33.5 55.0	微 層 " 層 狀	20.6 20.4 16.3 21.2 19.6	32.7 32.3 31.8 31.6 32.1	30.0 — 23.3 — 26.7	44.3 — 42.4 — 43.4	層 氣 " 泡 " 粒 狀
90 (150)	20.8 17.4 17.9 18.6 18.7	36.0 35.6 35.6 33.5 35.2	30.7 40.0 38.7 — 36.5	41.0 53.5 45.0 — 46.5	微 層 氣 泡 微 層 " 層 狀	15.3 16.7 17.6 18.1 16.9	33.6 33.1 33.0 33.0 33.2	45.2 41.6 41.0 — 42.6	60.0 68.3 56.4 — 61.6	層 狀
96 (100)	19.4 18.7 19.1	37.7 37.7 37.7	35.3 33.4 34.4	50.8 52.1 51.5	層 狀 " 層 狀	17.6 19.1 18.4	33.7 33.6 33.7	40.0 40.0 40.0	61.5 64.2 62.9	
98 (70)	18.6 17.9 18.3	38.0 36.9 37.5	35.3 35.3 35.3	59.8 46.7 53.3		18.5 16.0 17.3	35.2 34.3 34.8	50.0 50.0 50.0	59.8 56.0 57.6	
99 (50)	— — —	36.9 36.9 36.9	38.0 42.0 40.0	75.9 64.4 70.2		21.5 21.6 21.6	34.5 33.0 33.8	43.3 — 43.3	62.7 — 62.7	微 層

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質



附錄 第5表 壓延條材の抗張試驗表  
極軟—内質—壓延儘

G.L=15mm(3D)

Table with columns for test direction, specimen position, upper/lower half properties (tensile strength, elongation, etc.), and fracture appearance. Includes data for specimens 0, 48, 73, 90, 96, 98, 99.

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第6表 壓延條材の抗張試驗表  
軟鋼—外殼—壓延儘

G.L=15mm(3D)

Table with columns for test direction, specimen position, upper/lower half properties, and fracture appearance. Includes data for specimens 0, 48, 73, 90.

Table with columns for specimen number, tensile strength, elongation, and fracture appearance. Includes data for specimens 96, 98, 99.

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第7表 壓延條材の抗張試驗表  
軟鋼—外殼—壓延儘

G.L=15mm(3D)

Table with columns for test direction, specimen position, upper/lower half properties, and fracture appearance. Includes data for specimens 0, 48, 73, 90, 96, 98, 99.

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第8表 壓延條材の抗張試驗表  
軟鋼—内質—壓延儘

G.L=15mm(3D)

Table with columns for test direction, specimen position, upper/lower half properties, and fracture appearance. Includes data for specimen 0.

試験方向	壓延方向に對し直角									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
試片の位置	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状
48 (350)	30.8	47.0	35.3	36.5		25.0	42.9	34.0	54.0	
	20.8	45.8	33.3	48.3		18.7	37.6	14.0	32.3	
	—	45.4	22.7	32.8		—	37.5	16.0	36.1	
	27.0	42.0	13.3	32.9		12.1	29.3	10.0	15.4	
73 (250)	26.9	44.9	33.3	41.4		—	43.0	26.6	32.3	
	28.7	44.9	36.6	43.4		23.8	42.6	36.6	35.1	
	27.5	43.0	36.6	48.2		24.4	42.5	36.6	44.8	
	25.9	40.9	13.3	31.8		24.6	42.5	30.0	35.6	
90 (150)	23.4	43.8	26.6	30.6	層狀	30.1	44.4	35.3	53.0	
	24.5	43.5	—	—	層狀	29.6	44.4	37.3	48.0	
	22.5	43.5	—	—	層狀	36.0	44.4	42.0	47.7	
	22.5	43.4	22.3	29.3	層狀	35.0	44.2	32.7	32.3	
96 (100)	21.9	47.0	22.0	20.7	層狀	21.4	43.7	34.6	50.7	
	23.3	46.6	34.6	50.6	層狀	18.9	43.5	35.3	42.2	
	22.6	46.8	28.3	35.7	層狀	20.2	43.6	35.0	46.5	
	—	—	—	—	層狀	—	—	—	—	
98 (70)	24.4	47.2	30.6	47.5	層狀	21.6	44.0	33.4	50.6	
	24.4	47.2	29.3	34.0	層狀	22.4	43.7	—	—	
	24.4	47.2	29.9	40.8	層狀	22.0	43.9	33.4	—	
	—	—	—	—	層狀	—	—	—	—	
99 (50)	27.3	46.6	21.3	40.0	層狀	22.7	42.8	33.3	49.0	
	22.4	44.8	35.3	57.3	層狀	31.1	42.6	33.3	49.8	
	24.8	45.7	28.3	48.7	層狀	26.9	42.7	33.3	49.4	
	—	—	—	—	層狀	—	—	—	—	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破断面の縞状を呈するもの  
粒狀—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第9表 壓延條材の抗張試験表  
軟鋼—内質—壓延儘

G.L=15mm(3D)

試験方向	壓延方向に對し平行									
	上半部					下半部				
試片の位置	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状
0 (485)	27.9	43.8	—	—	層狀	24.2	38.9	17.6	40.0	粒狀
	20.7	42.3	20.0	20.4	層狀	20.8	38.8	26.6	40.1	粒狀
	22.4	31.9	27.3	36.3	層狀	—	—	—	—	—
	23.7	39.3	23.7	28.3	層狀	22.5	38.9	22.1	40.1	層狀
48 (350)	34.5	48.7	30.6	41.7		23.8	44.4	41.5	56.2	
	31.8	48.5	30.6	48.3		23.6	43.2	40.5	55.0	
	19.6	46.2	—	—		—	42.3	42.8	38.3	粒狀
	28.6	47.8	30.6	45.0		23.7	43.3	41.6	39.8	
73 (250)	22.4	45.6	33.0	49.5		21.9	43.6	46.6	59.1	
	22.4	45.4	31.5	47.9		22.5	43.6	43.3	53.8	
	22.4	45.5	32.3	48.7		22.2	43.6	45.5	56.5	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
90 (150)	20.4	44.0	41.6	55.0		22.1	43.7	43.3	54.8	
	21.6	43.0	43.0	54.7		22.1	43.2	45.6	56.0	
	21.0	43.5	42.3	54.9		22.1	43.5	44.5	55.4	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
96 (100)	25.8	46.0	42.0	59.8		23.9	45.0	40.0	62.2	
	25.6	44.8	40.0	59.2		—	43.5	34.7	64.0	
	25.7	45.4	41.0	59.5		—	44.3	37.4	63.1	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
98 (70)	24.4	46.8	42.7	59.5		23.2	44.7	42.0	58.7	
	23.2	46.8	40.0	55.7		25.3	43.7	44.6	62.2	
	23.8	46.8	41.3	57.6		24.3	44.2	43.3	60.5	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
99 (50)	22.2	47.2	39.3	61.1		20.9	44.0	46.7	64.8	
	21.9	47.0	39.3	61.1		21.9	43.5	40.0	64.6	
	22.1	47.1	39.3	61.1		21.4	43.8	43.4	64.7	
	—	—	—	—		—	—	—	—	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破断面の縞状を呈するもの  
粒狀—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第10表 壓延條材の抗張試験表  
極軟—外殼—焼鈍

G.L=15mm(3D)

試験方向	壓延方向に對し直角									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
試片の位置	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状
0 (485)	22.1	29.0	36.6	42.2	横疵	—	—	—	—	—
	16.3	28.9	33.3	56.2	横疵	—	—	—	—	—
	17.9	26.5	38.0	44.4	横疵	—	—	—	—	—
	19.2	25.8	36.7	39.0	横疵	—	—	—	—	—
48 (350)	19.2	32.0	53.5	83.9		16.3	26.0	16.0	27.7	粒氣
	19.0	32.0	55.3	81.2		15.4	25.1	12.0	40.2	粒氣
	19.4	31.3	56.8	80.6		15.8	22.4	4.0	26.0	横疵
	19.4	31.2	54.7	79.2		15.9	21.0	11.3	11.4	横疵
73 (250)	17.9	31.6	53.3	82.0		19.1	32.0	53.3	78.6	
	17.7	31.6	53.3	81.4		19.5	31.8	46.6	70.0	
	18.0	31.4	53.3	81.0		19.6	31.6	46.6	79.4	
	17.7	31.4	53.3	81.0		18.4	31.4	40.0	56.2	層氣
90 (150)	19.5	32.3	53.3	76.1		19.9	32.4	50.0	73.5	
	20.2	31.8	53.3	76.9		19.8	32.4	53.3	70.0	
	20.2	31.6	54.0	76.6		20.6	32.2	53.3	72.5	
	19.2	31.6	53.3	75.2		19.5	31.8	60.0	78.5	
96 (100)	20.9	31.6	53.0	72.0		20.4	31.8	56.0	72.9	
	19.1	31.3	54.0	72.0		20.8	31.8	57.5	75.0	
	20.0	31.5	53.5	72.0		20.6	31.8	56.8	74.0	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
98 (70)	22.3	32.6	50.0	74.5		22.4	33.9	52.6	78.0	
	22.1	32.4	51.3	78.2		22.0	33.5	53.3	79.0	
	22.2	32.5	50.7	76.4		22.2	33.7	53.0	78.5	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
99 (50)	19.0	32.3	53.5	75.5		18.8	32.4	53.3	75.5	
	18.8	31.6	53.5	74.8		19.2	32.2	54.0	76.5	
	18.9	32.0	53.5	75.2		19.0	32.3	53.7	76.0	
	—	—	—	—		—	—	—	—	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破断面の縞状を呈するもの  
粒狀—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第11表 壓延條材の抗張試験表  
極軟—外殼—焼鈍

G.L=15mm(3D)

試験方向	壓延方向に對し平行									
	上半部					下半部(管狀気泡あり)				
試片の位置	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面収縮率 %	破断の形状
0 (485)	17.7	28.8	23.4	32.3	横疵	—	—	—	—	—
	19.1	27.8	24.0	29.8	横疵	—	—	—	—	—
	16.8	27.3	26.7	43.2	横疵	—	—	—	—	—
	17.9	28.0	23.4	35.1	横疵	—	—	—	—	—
48 (350)	16.4	29.9	50.6	78.8		17.3	31.1	40.0	67.4	
	16.4	29.3	55.3	61.4		16.3	30.3	—	—	氣泡
	17.4	29.2	52.6	76.8		17.8	29.3	—	—	
	16.7	29.5	52.8	72.3		17.1	30.2	40.0	67.4	
73 (250)	18.5	31.4	53.3	84.0		18.9	31.4	53.3	81.5	
	18.5	30.8	53.3	81.0		13.0	30.0	53.3	77.5	
	18.5	31.1	53.3	82.5		16.0	30.7	53.3	79.5	
	—	—	—	—		—	—	—	—	
90 (150)	18.8	32.0	53.3	78.5		18.7	31.5	53.3	79.0	
	19.1	31.6	56.6	80.1		18.5	30.5	46.6	76.9	
	19.0	31.8	55.0	79.3		18.6	31.0	50.0	78.0	
	—	—	—	—		—	—	—	—	

96 (100)	21.0	31.5	56.5	82.4		21.7	31.8	54.5	79.7
	—	31.4	58.0	80.7		21.7	31.6	55.5	80.6
	21.0	31.5	57.3	81.6		21.7	31.7	55.0	80.2
98 (70)	20.9	31.5	55.5	82.2		20.9	32.1	58.0	81.5
	20.7	31.4	55.5	83.9		21.4	31.8	56.0	82.2
	20.8	31.5	55.5	83.1		21.2	32.0	57.0	81.9
99 (50)	22.2	32.6	52.0	79.3		22.0	33.0	58.0	82.0
	21.7	31.8	50.7	79.5		21.4	32.4	52.7	80.5
	22.0	32.2	51.4	79.4		21.7	32.7	55.4	81.3

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第 12 表 壓延條材の抗張試驗表

極軟—内質—燒鈍

G.L=15mm(3D)

試驗方向 試片の置位	壓延方向に對し直角									
	上半部					下半部				
	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀
0 (485)	—	36.3	34.7	68.5	粒狀	19.8	31.0	20.0	38.8	粒狀
	20.8	34.5	31.6	44.5	〃	19.2	27.6	20.0	41.8	粒狀
	21.8	29.6	20.0	24.2	〃	16.6	27.0	25.0	28.0	粒狀
	21.0	28.1	20.0	36.4	〃	17.3	26.5	33.5	41.2	粒狀
	21.2	32.1	26.6	43.4	〃	18.2	28.0	24.6	37.4	粒狀
48 (350)	21.8	37.7	33.4	54.1	氣泡	19.0	35.2	33.4	43.0	横疵
	21.3	36.2	—	—	〃	18.9	33.8	40.0	58.7	横粒
	20.0	32.3	11.3	32.3	〃	18.9	33.2	33.4	57.6	横粒
	21.6	27.2	6.7	32.8	〃	18.5	31.5	—	—	粒
	21.2	33.5	17.1	39.7	〃	18.8	33.4	35.6	53.1	粒
73 (250)	20.8	36.7	43.3	68.1	層狀	19.3	34.3	43.3	69.5	〃
	21.6	36.6	36.6	51.5	〃	19.8	34.1	50.0	75.0	〃
	20.4	36.2	46.6	67.2	〃	19.1	34.0	50.0	70.2	〃
	21.1	36.1	43.3	68.0	〃	19.1	33.4	50.0	69.5	〃
	21.0	36.4	42.5	63.8	〃	19.3	34.0	48.3	71.1	〃
90 (150)	20.8	36.3	42.7	64.2	氣泡	20.4	34.4	50.0	69.6	〃
	21.6	36.2	36.7	46.3	〃	20.4	34.4	50.0	70.4	〃
	21.1	35.8	50.0	68.2	層狀	19.3	34.4	46.0	67.4	〃
	21.0	35.7	53.3	49.5	〃	19.1	34.3	46.6	70.0	〃
	21.1	36.0	40.7	57.1	〃	19.8	34.4	48.3	69.4	〃
96 (100)	22.3	37.3	44.0	61.7	層狀	20.6	34.4	46.5	61.6	層狀
	22.8	37.0	46.5	64.2	〃	20.1	34.1	46.5	64.0	〃
	22.6	37.2	46.3	63.0	〃	20.4	34.3	46.5	62.8	〃
98 (70)	22.2	37.6	40.6	64.5	〃	21.5	34.7	45.3	68.0	〃
	23.4	37.2	40.0	67.4	〃	22.0	34.5	44.6	69.5	〃
	22.8	37.4	40.3	66.0	〃	21.8	34.6	45.0	68.8	〃
99 (50)	22.4	36.5	44.7	66.2	層狀	19.4	34.5	45.3	63.4	層狀
	21.4	36.2	45.4	66.2	〃	21.9	34.2	43.4	67.2	〃
	21.9	36.4	45.1	66.2	〃	20.7	34.4	44.4	65.3	〃

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第 13 表 壓延條材の抗張試驗表

極軟—内質—燒鈍

G.L=15mm(3D)

試驗方向 試片の置位	壓延方向に對し平行									
	上半部					下半部				
	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀
0 (485)	19.2	35.8	36.7	46.6	粒狀	—	27.6	20.0	28.0	粒狀
	18.8	35.8	46.7	65.4		17.4	25.8	20.0	22.2	
	20.2	31.3	23.4	37.5		18.4	21.5	13.3	13.8	
	19.4	34.3	35.6	49.8		17.9	25.0	17.8	21.3	
48 (350)	20.2	36.1	46.7	73.8	横疵	18.5	33.9	47.3	71.7	氣泡
	21.3	36.1	46.7	74.5		18.4	33.5	44.0	76.0	
	19.4	35.7	35.3	51.0		18.5	32.3	32.1	73.7	
	20.3	35.9	42.9	66.4		18.5	33.2	41.1	73.8	
73 (250)	21.5	36.6	46.7	71.8	〃	16.3	34.4	50.0	77.1	〃
	21.2	36.2	46.7	74.8		16.3	32.4	50.0	79.8	
	21.4	36.4	46.7	73.3		16.3	33.4	50.0	78.5	
90 (150)	22.2	36.0	50.0	72.5	〃	21.1	35.7	46.6	70.8	〃
	22.1	36.0	46.6	70.5		20.4	34.3	50.0	80.2	
	22.2	36.0	48.3	71.5		20.8	35.0	48.3	75.5	
96 (100)	25.0	37.6	46.0	71.8	〃	21.7	34.3	52.5	77.0	〃
	24.6	37.2	49.5	70.9		22.4	33.8	52.5	77.0	
	24.8	37.4	47.8	71.4		22.1	34.1	52.5	77.0	
98 (70)	23.4	37.2	46.5	72.9	〃	23.0	34.6	55.5	72.5	〃
	24.0	36.8	48.5	71.9		22.4	33.8	55.5	77.9	
	23.7	37.0	47.5	72.4		22.7	34.2	55.5	75.2	
99 (50)	24.1	37.4	48.6	73.2	〃	23.0	34.9	53.4	76.8	〃
	24.0	37.0	46.8	72.8		22.4	34.9	52.0	80.6	
	24.1	37.2	47.7	73.0		22.7	34.9	52.7	78.7	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層狀—破斷面の縞狀を呈するもの  
粒狀—破斷面の結晶粒の粗大質

附錄 第 14 表 壓延條材の抗張試驗表

軟鋼—外殼—燒鈍

G.L=15mm(3D)

試驗方向 試片の置位	壓延方向に對し直角										
	上半部					下半部(管狀氣泡あり)					
	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	斷面收縮率 %	破斷の形狀	
0 (485)	22.7	38.8	41.4	65.2	氣泡						
	22.3	38.2	33.3	44.2		〃					
	22.4	38.0	43.3	59.2		〃					
	21.4	37.4	32.7	58.9		〃					
	22.2	38.1	37.7	55.7		〃					
48 (350)	21.2	38.4	46.7	68.0	〃	20.3	36.7	20.7	33.6	層狀	
	21.4	37.8	40.0	72.5		18.8	30.2	11.3	26.3		
	19.1	37.4	43.4	68.5		19.6	28.6	10.0	30.8		
	19.7	36.8	50.0	72.2		18.8	26.5	10.7	36.0		
	20.4	37.6	45.0	70.3		18.4	30.5	13.2	31.7		
73 (250)	21.3	38.5	41.4	66.7	〃	20.8	39.6	23.3	52.7	層狀	
	21.2	38.2	43.3	68.2		21.3	38.2	33.3	50.7		
	21.2	38.2	43.3	70.2		21.8	35.6	16.6	35.7		
	21.0	38.0	43.3	68.8		22.0	35.2	13.3	35.6		
	21.2	38.2	42.8	68.5		21.5	37.2	21.6	43.7		
90 (150)	21.8	39.8	43.3	57.8	〃	22.4	37.5	27.6	51.0	層狀	
	21.8	39.2	43.3	66.2		20.4	37.0	23.6	42.0		
	23.7	39.0	45.0	63.6		22.6	36.1	18.3	34.1		
	21.8	38.6	43.3	60.0		20.5	29.3	13.3	29.0		
	22.8	39.2	43.7	61.9		21.9	36.9	21.5	39.0		

96 (100)	23.7	38.8	43.5	66.0		23.0	38.0	41.5	57.9	層 状
	23.7	38.4	45.5	62.8		23.2	38.0	40.5	45.2	
	23.7	38.6	44.5	64.4		23.1	38.0	41.0	51.6	
98 (70)	23.6	39.2	43.3	67.0		—	39.0	40.7	63.8	微 層
	24.0	39.1	42.0	66.2		—	38.2	41.3	63.6	
	23.8	39.2	42.7	66.6		23.1	38.6	41.0	63.7	
99 (50)	24.0	39.0	41.3	63.6		23.0	38.4	40.5	56.3	微 層
	24.0	38.1	42.7	63.6		23.6	38.0	43.5	58.4	
	24.0	38.6	42.0	63.6		23.3	38.2	42.0	57.8	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層状—破断面の縞状を呈するもの  
粒状—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第 15 表 壓延條材の抗張試験表  
極軟—外殼—焼鈍

G.L=15mm(3D)

試験方向 試片の置 位	壓延方向に對し平行									
	上 半 部					下半部(管状気泡あり)				
	機械試験 降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状
0 (485)	22.6	39.2	21.5	42.7	微横気泡					
	22.4	37.4	32.0	39.8						
	24.5	33.7	13.3	32.6						
	23.2	36.8	22.3	38.4						
48 (350)	21.2	37.2	37.3	72.7	層 状	21.8	35.9	21.3	43.6	気 泡
	22.0	33.5	22.5	35.8		21.6	35.9	30.7	53.4	
	21.5	28.2	12.5	15.1		20.1	30.6	18.3	32.1	
	21.6	33.0	24.1	41.2		21.2	34.1	23.4	43.0	
73 (250)	19.0	38.5	43.3	66.2		19.9	38.7	40.0	69.4	
	19.2	37.8	43.3	68.0		21.5	38.4	46.6	68.1	
	19.1	38.2	43.3	67.1		20.7	38.6	43.3	68.8	
90 (150)	21.8	39.3	43.3	66.0		21.4	38.4	46.6	68.5	
	21.7	38.7	43.3	63.6		21.1	38.2	46.6	66.4	
	21.8	39.0	43.3	64.8		21.3	38.3	46.6	67.5	
96 (100)	24.2	39.0	46.5	69.8		22.9	38.7	46.0	68.5	
	24.0	38.4	44.0	63.2		23.7	38.0	46.5	68.5	
	24.1	38.7	45.3	66.5		23.3	38.4	46.3	68.5	
98 (98)	22.9	38.7	46.5	68.5		22.7	38.4	47.5	66.4	
	23.4	38.4	46.5	70.8		22.7	38.0	47.5	69.8	
	23.2	38.6	46.5	69.7		22.7	38.2	47.5	68.1	
99 (50)	29.1	42.0	40.0	60.8		29.0	40.7	44.0	63.6	
	29.1	41.2	42.7	61.2		28.8	39.8	44.7	63.6	
	29.1	41.6	41.4	61.0		28.9	40.3	44.4	63.6	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層状—破断面の縞状を呈するもの  
粒状—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第 16 表 壓延條材の抗張試験表  
軟鋼—内質—焼鈍

G.L=15mm(3D)

試験方向 試片の置 位	壓延方向に對し直角									
	上 半 部					下 半 部				
	機械試験 降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状
0 (485)	23.8	46.7	33.3	56.2	粒 状	26.5	43.6	40.0	55.1	
	25.6	46.4	33.7	64.4		23.5	42.9	43.5	59.0	
	24.1	46.2	30.7	56.2		24.5	42.8	38.4	45.4	
	24.1	46.2	35.3	57.0		24.2	42.8	46.7	60.5	
	24.4	46.3	33.3	58.5		24.7	43.0	42.2	55.0	

48 (350)	—	46.2	33.4	50.7	層 状	22.1	42.6	50.0	58.6	粒 状
	26.5	45.7	33.4	50.8		23.4	42.6	23.4	46.4	
	—	45.4	—	—		23.5	42.6	23.4	50.7	
	—	44.7	36.7	52.0		22.2	42.2	40.0	57.6	
	26.5	45.5	34.5	51.2		22.8	42.5	34.2	53.3	
73 (250)	22.4	44.4	36.6	43.6	層 状	23.2	42.1	40.0	62.6	
	22.8	44.2	33.0	54.5		21.5	42.0	40.0	57.0	
	23.2	44.0	33.0	51.0		21.4	42.0	40.0	57.5	
	23.6	43.8	30.0	32.3		23.4	41.8	23.3	34.6	
	23.0	44.1	33.2	45.4		22.4	42.0	35.8	52.9	
90 (150)	23.8	44.4	33.3	56.5	層 状	23.1	42.5	36.6	41.3	層 状
	24.0	43.6	26.6	34.1		23.2	42.3	36.6	45.2	
	22.7	42.2	36.6	54.2		23.1	41.9	36.6	49.8	
	22.4	41.9	31.5	47.6		23.6	41.9	33.3	33.0	
	23.2	43.0	32.0	48.1		23.3	42.2	35.8	42.3	
96 (100)	25.2	45.5	28.5	40.8	層 状	25.2	43.5	36.5	48.6	層 状
	23.7	43.0	33.5	48.1		24.0	43.2	27.5	34.3	
	24.5	44.8	31.0	44.5		24.6	43.3	32.0	42.0	
98 (70)	—	46.4	32.0	43.4	微 層	—	43.1	39.3	48.0	
	—	44.8	33.3	51.0		—	43.1	35.3	53.5	
	24.5	45.6	32.7	47.2		24.6	43.1	37.3	50.8	
99 (50)	29.6	45.8	32.0	47.8		24.7	42.5	36.0	52.3	微 層
	24.6	43.0	33.3	54.8		25.6	42.1	40.7	56.5	
	27.1	44.4	32.7	51.3		25.2	42.3	38.4	54.4	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横割れ疵  
層状—破断面の縞状を呈するもの  
粒状—破断面の結晶粒の粗大質

附録 第 17 表 壓延條材の抗張試験表  
軟鋼—内質—焼鈍

G.L=15mm(3D)

試験方向 試片の置 位	壓延方向に對し平行									
	上 半 部					下 半 部				
	機械試験 降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	断面 收縮率 %	破断の 形 状
0 (485)	24.0	44.7	30.0	42.3		24.3	42.9	28.5	36.3	
	24.0	43.1	33.3	35.8		23.5	42.7	23.5	34.6	
	23.0	39.3	13.3	30.2		23.1	41.9	36.6	32.4	
	23.7	42.4	25.5	36.1		23.6	42.5	29.5	44.4	
48 (350)	22.0	42.4	40.0	60.2		22.7	45.5	—	—	気 泡
	22.0	42.2	44.6	58.7		21.9	44.5	33.3	57.8	
	22.0	42.7	38.0	59.0		21.4	35.7	16.6	35.9	
	22.0	42.4	40.9	59.3		22.0	41.9	25.0	46.9	
73 (250)	24.0	46.0	40.0	57.5		23.5	43.6	36.6	56.1	
	23.6	45.2	40.0	57.5		24.0	43.2	40.0	56.0	
	23.8	45.6	40.0	57.5		23.8	43.4	38.3	56.1	
90 (150)	25.4	46.5	33.3	56.0		23.8	43.8	40.0	60.2	
	24.5	45.4	36.6	59.0		24.4	43.3	40.0	59.0	
	25.0	46.0	35.0	57.5		24.1	43.6	40.0	59.6	
96 (100)	27.0	46.8	38.0	49.6		25.4	44.4	40.0	56.4	
	27.0	46.4	37.0	55.0		26.8	44.2	37.0	59.1	
	27.0	46.6	37.5	52.3		26.1	44.3	38.5	57.8	
98 (70)	26.5	46.6	35.5	52.4		24.6	43.8	40.0	56.4	
	26.5	46.4	39.0	55.1		23.9	43.2	59.0	58.0	
	26.5	46.5	37.3	53.8		24.3	43.5	39.5	57.2	
99 (50)	—	46.7	35.2	51.0		—	43.8	40.0	56.0	
	—	46.4	35.2	53.6		—	43.5	36.7	54.1	
	26.5	46.6	35.2	52.3		24.3	43.7	38.4	55.1	

備考 横疵—試片表面に生ぜる横に割れ疵  
層状—破断面の縞状を呈するもの  
粒状—破断面の結晶粒の粗大質