

最高位を示す。周縁の最高硬度は $Mo\ 1.99\%$ のものに於て見られ油浴にあっては $Mo\ 0.97\%$ は最も硬化度高く 1.99% のものは最も低い。今 $0.97\% Mo$ のものを見るに水浴油浴共周縁の硬度は大差ないが中央は水浴のものが却て低い結果を示す、然も油浴は周縁、中央の硬度の差少く略一様の分布に近い $900^{\circ}C$ に於ける焼入状態を見るに(第44 圖)水浴の場合では硬度の分布状態は周縁稍高く中央少しく低く目となるが油浴の場合では $Mo\ 0.97\%$ のものを除いては寧ろ水平の分布状態を見る $Mo\ 1.99\%$ の水焼入以外は水浴、油浴何れも硬化状態は大同小異なり $950^{\circ}C$ 油浴の場合は(第45 圖) $Mo\ 0.97\%$, 及 $Mo\ 1.99\%$ は殆ど水平の分布状態を示すが $0.97\% Mo$ の方は全體

的に硬度高く又 $1.52\% Mo$. でに周縁に向ふだけ硬度は低下す、要するに Mo . の大なるもの程全體的に硬度を増加することが肯かれる。

Mo . は其含有量と共に、冷却の際に起る變態點の降下を促進するが同時に加熱温度の上昇と共に残留オーステナイトの量を増し反對に硬度の低下を來す。試験試料の周縁と中央との冷却速度の遅速によりマルテンサイトよりトルースタイトに迄進む程度は焼入温度の低いもの程大なり、第45 圖に於て $1.52\% Mo$ の試料の油浴と水浴とを比較するとき残留オーステナイト及熱歪等の條件が相當複雑に働き其等合成結果として此分布状態を説明し得べきものと考へられる。

構造用軟鋼鋼片の熱間剪断面状態とその材質に就いて

(日本鐵鋼協會第 17 回講演大會講演 昭和 12 年 4 月)

前 田 元 三*

ON THE CHARACTERISTICS OF HOT SHEARED SURFACES OF SOFT STEEL BILLETS FOR STRUCTURAL USES.

Genzo Maeda.

SYNOPSIS:—Hot sheared surfaces of rimmed steel billets show always various appearances. The author classified them into five kinds and pointed out that these appearances of billets depend mainly upon their degree of soundness.

Conversely, it is possible to determine the degree of soundness of a billet by the appearance of its sheared surface, which may profitably be applied to the selection of the material for its proper use.

目 次

- 1. 緒 言
- 2. 剪断面の外観
- 3. 剪断面状態と材質の凝離
- 4. 剪断面状態と鋼片の熱間及常温の機械的性質
- 5. 結 論

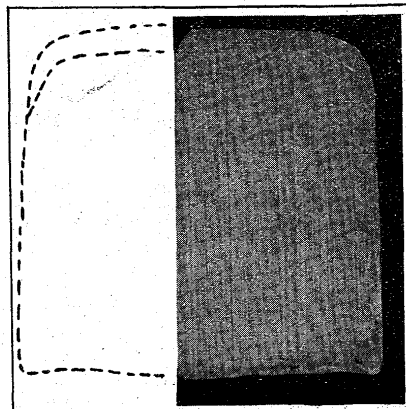
1. 緒 言

構造用軟鋼々塊を鋼片に壓延し熱間剪断して適當の長さとなす場合冷却後その剪断面を見ると同一熔解に於ても種々の状態のものを生ずる。然してその或断面を呈するものは材質不良と目され成品工場で歓迎されない場合が多く剪断面の状態と材質の關係を明かにし断面の状態から直ちに鋼片材質の良否を判断することが出来れば作業上甚だ便利なわけである。

尤もこの剪断面状態は材質のみならず剪断の仕方及び剪

断時の鋼片温度に影響されるものと思はれる。中でも剪断の仕方換言すれば剪断機の型式はかなり大きな影響を及ぼすもので剪断の鋭さ即ち上双と下双の食違ひの緊密さ及び

第 1 圖 剪断作用の鋭利な場合の鋼片剪断面(半面) $\times 1/2$



双先の水平となす角度によつて同一材料を切断しても断面状態が違ってくる場合がある。一般の大量生産工場に於ては簡單堅牢な水平な双で上から下に剪る型式が多くしかも上双と下双の食違ひに

* 八幡製鐵所研究所

2 — (6) 鋼 片

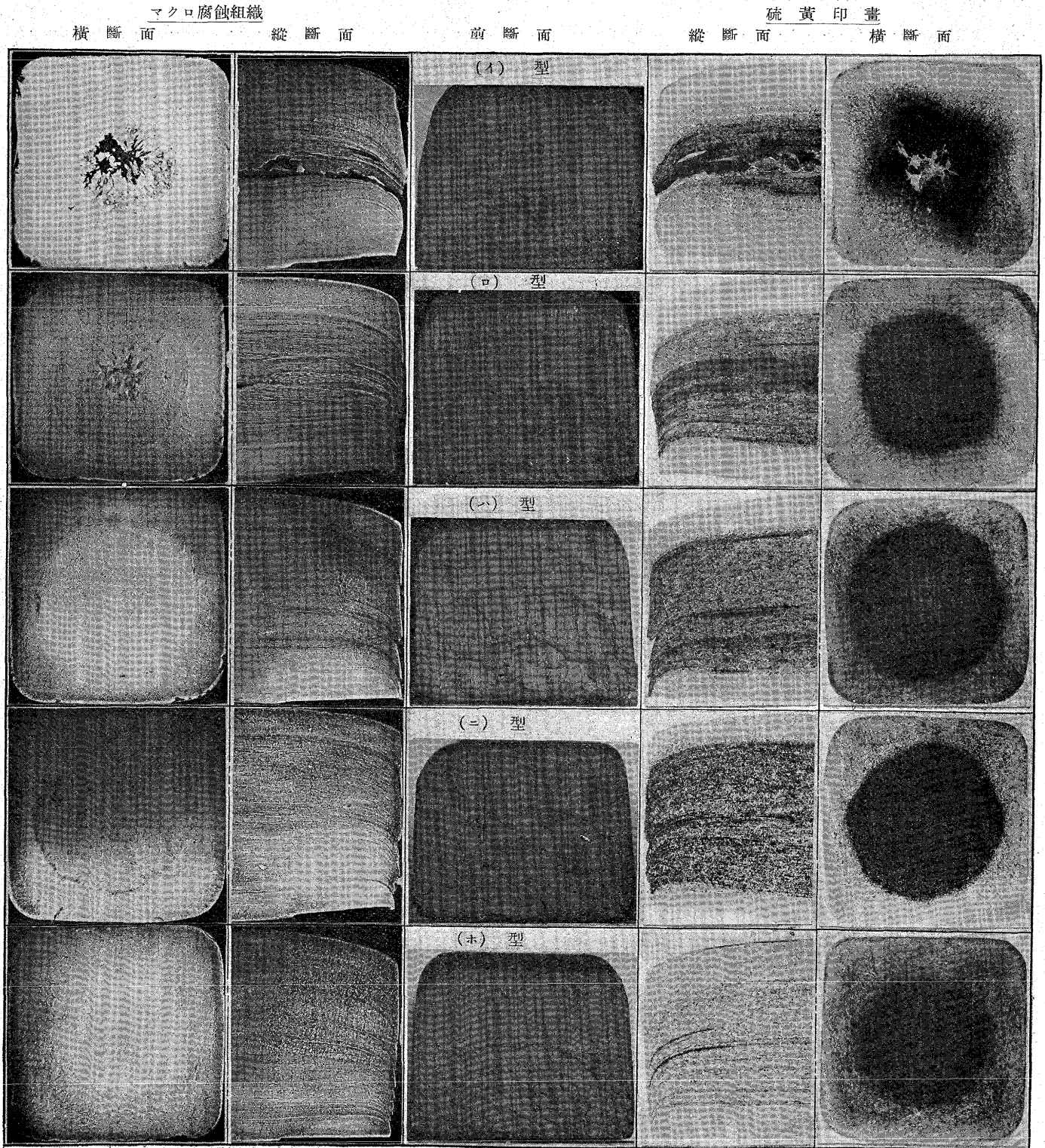
並 21 $61 \times 57 = 3477$ 18

相當の隙間を有するのが普通である。剪斷作用が極めて鋭利に行はれる場合は断面には滑かな部分が多く特性を示す部分が少なくなり甚だしい場合は第1圖の如く全面滑かとなり材質的判斷を下し難くなる場合もある。之に反し上双と下双間の隙間が増し剪斷作用の鋭利さが減少すれば特性の現はれ方が明瞭となる。これはこの場合は鋼片は剪斷作用と同時に若干の引張作用を受けて切斷されるからである

普通の剪斷機では剪斷作用が鋭利と云ても尙上双と下双に多少の隙間を有するものであるから程度の差はあるが大概の場合材質を判斷するに足る特性を示すものである。

又剪斷時の鋼片温度も嚴密には影響を及ぼす筈であるが實際上工場が正常の状態では滑かに作業されて居る場合は温度差は比較的少ないものでこれによつて剪斷面の肉眼的状態に著明な相違を生ずると云ふことは殆んどない。

第2圖 リムド型極軟鋼片熱間剪斷面及其の材質 (× $\frac{1}{2}$ を縮寫す)



本実験は構造用軟鋼の殆んど全部を占めるリムド鋼を主例としこれを最も普通に使用される双先の水平な上から下に剪る型式のしかも上双と下双間に相當の隙間のある剪断機で剪た場合で剪断時の鋼片温度が略 1,000°C 前後の場合である。

2. 剪断面の外観

軟鋼鋼片の剪断面は種々の外観を呈するがこれを分類すると大體第2圖剪断面に示す如き5種類となる。即ち(イ)は中央に凹み疵があり普通パイプ或はスラグ入りと稱せられるもの。(ロ)は最も問題の多い断面で中央部以下は双を受けず一時に破断した如き岩石状態を呈するもの。(ハ)(ニ)(ホ)は中央部が鱗状を呈するものである。

リムド型軟鋼鋼片の剪断面として最も一般的であり最も多數に生ずるものは(ハ)(ニ)(ホ)の如く外周が半月状を爲し内部が鱗状を呈するものであって鱗の形状には圖の如く大小色々ある。一般に中軟鋼程度のものには鱗状断面のものが多く(ロ)断面のものは少ないが低炭素となる程(ロ)断面のものが殖える傾向があり或特殊の極軟鋼に於ては殆んど全部にこの断面のものを生ずる場合がある。第2圖に示したものは次の如き成分(%)を有する 96mm 角の線材用極軟鋼片の一例で一熔解で各種の断面を生じた甚だ都合な例である。

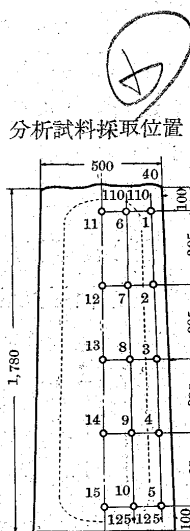
C	Si	Mn	P	S
0.08	0.005	0.31	0.039	0.040

即ち同圖は連続的に剪断した一熔解分の鋼片から代表的なものを選び縦横断面の硫黄印畫、マクロ腐蝕組織を検査し剪断面と材質の關係を調査したもので以下主として本例に就いて述べるが他の例に於ても全くこれと同様である。

3. 剪断面状態と材質の凝離

周知の如くリムド鋼塊の組織は 3~4t 級の四角型鋼塊に於ては表皮約 5mm はチル部、その内方 80~90mm は柱状晶部、更にその内方は自由晶部となり普通このチル部と柱状晶部を一緒にして外殼、自由晶部を内質と稱する。然してこの兩層は各成分の分布状態を異にし第1表に例示する如く取鍋分析に比し外殼部は各成分とも低く所謂 negative segregation を起し内質部はこれに反し各成分とも濃縮された positive segregation を呈する。更に外殼部は位置による成分の差は殆んどないが内質部は上下に

第1表 リムド型極軟鋼塊成分凝離の一例
四角型 重量 3,800kg



分析箇所		化學成分%					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
外	1	0.07	0.03	0.31	0.031	0.009	0.204
	2	0.07	0.03	0.32	0.027	0.011	0.216
	3	0.07	0.03	0.34	0.037	0.010	0.208
	4	0.09	0.03	0.33	0.03	0.012	0.210
	5	0.06	0.03	0.32	0.034	0.011	0.206
殼	平均	0.07	0.03	0.32	0.033	0.011	0.209
内	6	0.18	0.03	0.39	0.069	0.046	0.258
	7	0.13	0.03	0.36	0.061	0.032	0.244
	8	0.12	0.03	0.3	0.065	0.030	0.226
	9	0.12	0.03	0.34	0.049	0.028	0.230
	10	0.12	0.03	0.35	0.049	0.025	0.214
内	平均	0.13	0.03	0.36	0.059	0.032	0.234
質	11	0.32	0.03	0.45	0.150	0.110	0.290
	12	0.15	0.03	0.37	0.072	0.041	0.240
	13	0.11	0.03	0.35	0.047	0.012	0.232
	14	0.10	0.03	0.35	0.045	0.026	0.228
	15	0.13	0.03	0.36	0.051	0.029	0.184
質	平均	0.16	0.03	0.38	0.073	0.044	0.235

於て著しく異なる。これがリムド鋼塊一般の顯著な特徴であつてこの組織的特性は極く小断面の成品にも明瞭に残るものである。

本実験例に於ても第2圖に示す如くこの組織的特徴は断面に明瞭に現はれて居り試みに圖示の試料各につき外殼部及び内質部の成分凝離を調べると第2表の如くであつて是等を剪断面と對比して見るとリムド鋼塊の組織的特性が鋼片剪断面状態と最も大なる關係を有することが解る。

第2表 リムド型極軟鋼片外殼、内質成分凝離

鋼片試料		化學成分%			
		C	Mn	P	S
イ	外殼	0.03	0.26	0.031	0.025
	内質	0.08	0.31	0.062	0.064
ロ	外殼	0.03	0.26	0.028	0.020
	内質	0.14	0.37	0.127	0.169
ハ	外殼	0.04	0.28	0.030	0.026
	内質	0.08	0.28	0.049	0.054
ニ	外殼	0.04	0.29	0.032	0.028
	内質	0.08	0.32	0.059	0.068
ホ	外殼	0.03	0.28	0.030	0.024
	内質	0.05	0.28	0.041	0.042

即ち第2圖剪断面に於ては各鋼片とも剪断の方向に對し第一、第二層は滑かに伸び殆んど断面の中央に達し何の型式に於ても大差はない。これを同圖縦断面と對照して見ると第一、第二層はそれぞれ鋼塊のチル部及び柱状晶部に相當しこれが半月状を呈するのは鋼片周圍に存在するこの部がよく伸びるからであつて第三層以下は鋼塊内質部に相當することが解る。即ち断面状態として問題になるのは第三層以下の鋼塊内質相當部である。而してこの部が種々の状

態を呈するのは次の如き理由による。

(イ)型:— 中央に凹痕を有するもの 中央部に大形のスラグを嵌入し剪斷に當てこれが凹痕として現はれるもので鋼塊頭端に近い氣泡性收縮孔部に相當すること明かである。切捨不足に原因するものである。

(ロ)型:— 岩石的斷面を呈するもの 外殼と内質が極めて明瞭に區別され内質は凝離が非常に多く材質不良であ

第3圖 (ロ)斷面内質凝離部の微滓 ×150



って鋼塊頭部に近い凝離の濃い位置に相當する。此種斷面を生ずるもの内質部を檢鏡すると地質一帯に硫

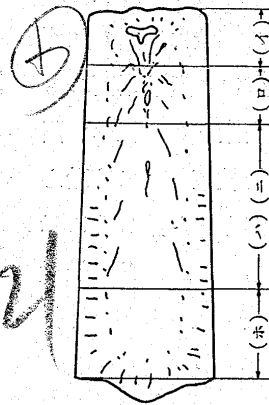
化物其他の非金屬微滓が散在し特に凝離の濃い部分に於ては第3圖の如く微滓の形が他のものと異なり細長く伸びず結晶粒界に網狀に生ずるものがある。これはこの種斷面を呈するものの特徴であつてこの部はSの凝離が多く(0.1~0.2%に達す)恐らくFeSに富んだ熔融點の低い硫化物と想像され熱脆性の一誘因と考へられる。斯くの如くこの種のもの内質が全體的に不良であり後述する如く鋼片仕上げ溫度附近に於て極めて脆弱であるため剪斷に當て外殼部が切斷すると同時に内質部も一時に破斷し岩石的状態を呈するに至るものと考へられる。

(ハ)型, (=)型:— 鱗模様の粗いもの 凝離の状態からいづれも鋼塊の主體部に屬するものと考へられる。剪斷面と縦斷面とを對照して見ると鱗模様の境目が内質凝離線に相當することが解る。鱗模様の比較的粗いのは凝離線が太く出て居るからである。

(ホ)型:— 鱗模様の細かいもの 外殼と内質の境界がやゝ明瞭を缺きSの凝離が比較的少なく鋼塊最底部と推定される。鱗の境目が凝離線に相當することは(ハ)型, (=)型と同様であるが凝離線が比較的均等に分布されて居るので鱗模様も細かく揃て居る。

以上の事實により剪斷面に生ずる鱗模様は鋼片内部に層狀を爲して存在する凝離が地質に比して脆いため鋼片が若干の引張作用を受けつつ剪斷される場合地質より先にこの

第4圖 鋼塊位置と剪斷面の關係



部が切れることに依て生ずるもので鱗模様の大小は内質凝離の粗密換言すれば材質の均質程度を示すものであることが解る。又凝離が著しく濃厚となれば全體が一時に破斷し岩石的状態を呈するに至るもので結局これ等の現象は根本的にはリムド鋼塊の特性に起因するものであることを知る。第4圖はこれ等剪斷面を鋼塊位置と對照圖示したものである。

尙鎮靜鋼鋼片の剪斷面について一言すれば鎮靜鋼塊は内外共に均質であるからその鋼片剪斷面は内外共によく伸びて第5圖の如き状態となり下部の粗面な細かい纖維狀を呈し材質が均質となるに従ひ鱗模様が細かくなると云ふ上記の推論とよく一致する。

第5圖 鎮靜鋼片剪斷面とその材質 (×1/2を縮寫す)

マクロ腐蝕組織

硫黄印畫

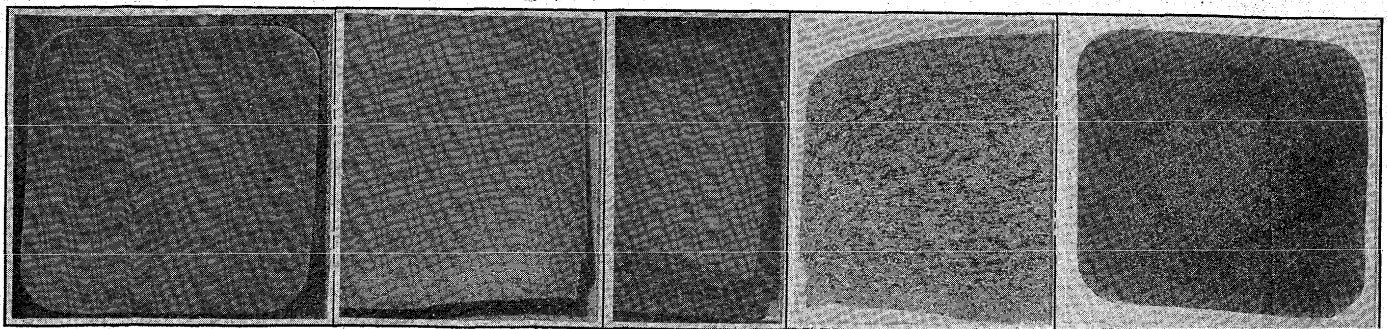
横斷面

縦斷面

剪斷面(半面)

縦斷面

横斷面



57 x 13 = 7.41

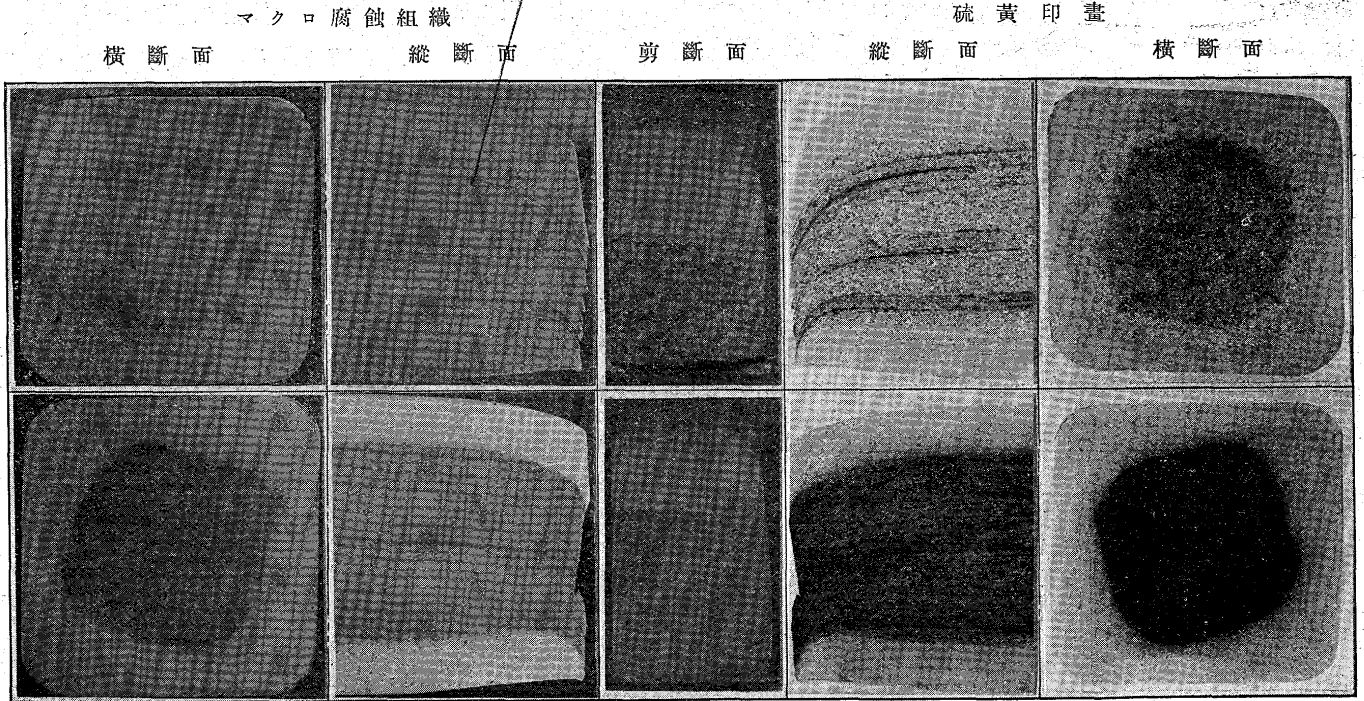
4. 剪断面状態と鋼片の熱間及び
常温の機械的性質

以上各種剪断面の内でも最も問題の多いのは(口)型である。この型は前述の如く普通は鋼塊頭部の凝離部に生ずるものであって凝離の濃淡により数の多いことも少ないこともある。然しC, Mn共に低い或特殊の極軟鋼に於ては殆んど全部がこの型になる場合がある。これはC, Mnが低くなるとリミングアクションが充分に行はれ外殻が厚くなりその結果として外殻、内質の成分凝離の差が著しくなる。と云ふリムド鋼塊の特性によつて誘起されるものでこの種

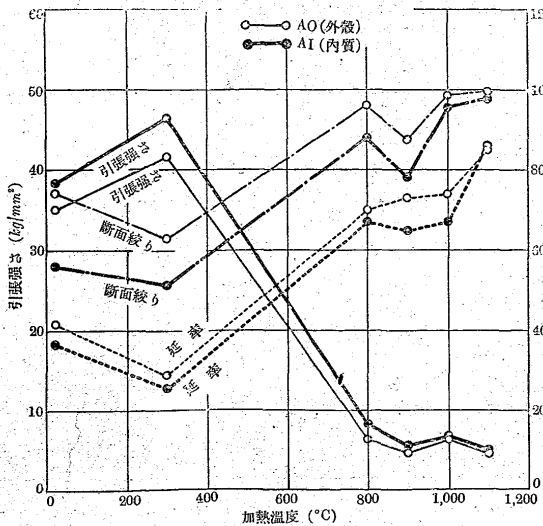
第3表 鋼塊位置と丸鋼の成分及引張試験成績
試験鋼片位置

鋼片位置	化学成分(%)					引張試験(JES. No. 4)				
	C	Si	Mn	P	S	降伏点 kg/mm ²	引張強 kg/mm ²	伸 (%)	断面絞 り(%)	
I	T	0.10	0.024	0.41	0.032	0.052	31.5	42.9	38.0	61.4
	M	0.10	0.024	0.42	0.027	0.040	30.5	40.6	41.0	69.8
	B	0.08	0.023	0.35	0.020	0.017	30.0	35.0	46.0	79.0
II	T	0.12	0.030	0.32	0.10	0.059	38.0	49.7	29.0	45.2
	M	0.08	0.030	0.32	0.089	0.040	31.9	43.4	39.0	68.9
	B	0.06	0.025	0.30	0.054	0.019	29.4	37.7	43.8	76.7
III	T	0.15	0.030	0.33	0.090	0.041	34.4	48.2	34.0	58.9
	M	0.11	0.025	0.33	0.071	0.030	33.3	44.3	36.4	63.7
	B	0.08	0.030	0.32	0.051	0.019	29.2	40.2	41.5	72.8

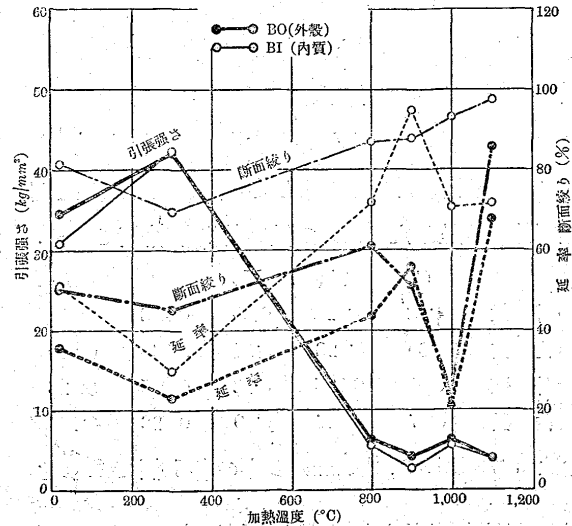
第6圖 機械的試験用鋼片 (×1/2を縮寫す)



第7圖 (ホ)型剪断面鋼片外殻及内質引張試験
試料符號 A (JES. No. 4)



第8圖 (ロ)型剪断面鋼片外殻及内質引張試験
試料符號 B (JES. No. 4)



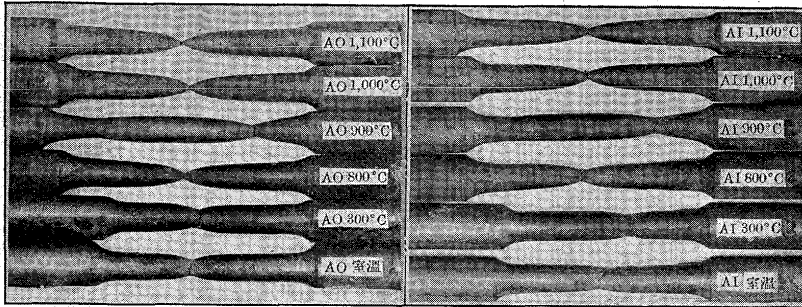
47 x 22 = 10.34

並 24

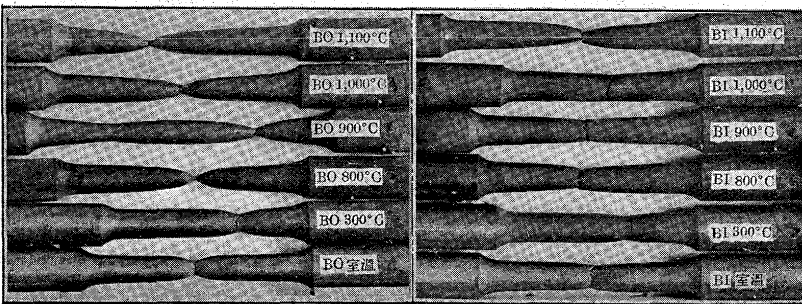
鋼質では内質全體が恰かも一般リムド鋼塊の頭部凝離部に相當する如き外殼。内質の凝離状態をとるためである。更に又この種の鋼質は *Mn* が低いので *S* が *FeS* に富んだものとなること及び精鍊中熔鋼が過酸化される場合も往々あるので酸素の影響等もその一因を爲すと考へられる。

要はかくの如き剪断面を呈するものを使用する可否であ

第 9 圖 (ホ)型 剪断面鋼片外殼、内質熱間引張試験片破斷狀態
試料符號 A (JES No. 4) A O-外殼 A I-内質



第 10 圖 (ロ)型 剪断面鋼片外殼、内質熱間引張試験片破斷狀態
試料符號 B (JES No. 4) B O-外殼 B I-内質



るが第 3 表はこれに対する回答を示す一例である。即ち極軟鋼塊の頭部、中央部、底部の 3 箇所から採た鋼片を丸鋼に壓延しそのまま常溫で引張試験を行った結果であつて頭部鋼片は鋼塊頭端切捨部の隣からとつた (ロ)型を示すものである。これで見ると頭部試料は力が強く伸が少ないが用途によって充分使用し得るものであることが解る。

又この關係を更に詳しく調べるために (ロ)型及び (ホ)型を呈する鋼片の外殼と内質とを區別して各の部分につき熱間及常溫の機械的試験を行った。使用した試料は次の如き成分(%)のものでその剪断面は第 6 圖に示す如く A は (ホ)型、B は (ロ)型 断面のものである。尚 B は殆んど全鋼片が (ロ)型 断面を呈した *Mn* の低い特別極軟鋼である。

		C	Si	Mn	P	S
A (ホ)型	外殼	0.08	0.023	0.29	0.053	0.030
	内質	0.09	0.023	0.31	0.060	0.049
B (ロ)型	外殼	0.05	0.025	0.13	0.015	0.023
	内質	0.07	0.027	0.19	0.023	0.104

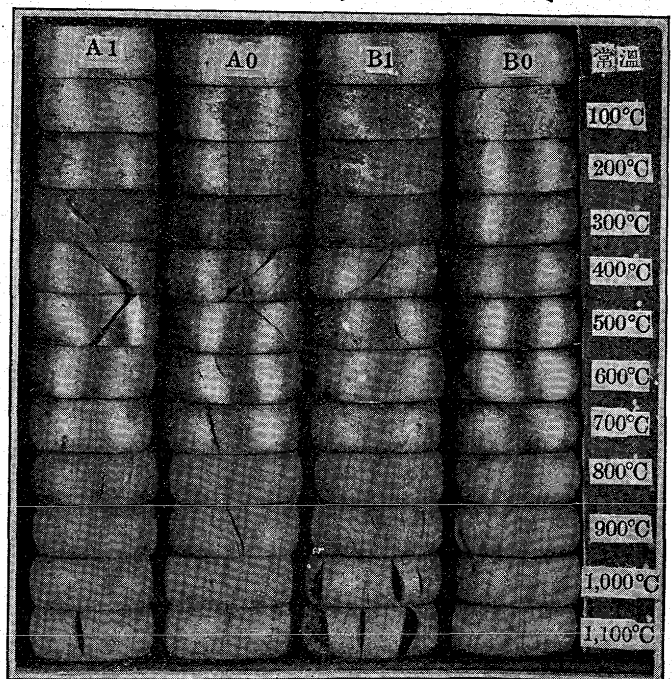
試験鋼片は 96×96×1,400mm のもの各 1 個でこれを適當に切斷し外殼部及内質部の試験片を採取し熱間及び常

溫の引張、打縮、衝擊、硬度試験等を調べた。第 7 圖及第 8 圖は引張試験結果を外殼、内質に就いて比較したもので第 9 圖、第 10 圖はその破斷狀態である。圖中の符號 A, B は前述の如くそれぞれ (ホ) 型, (ロ) 型を示し、O は外殼、I は内質を示すものである。尙試験片は JES 4 號 (G, L, 50mm) により各 2 個の平均値である。圖に示した 900°C の數値は正確には 900°C よりやゝ下位のものである。即ち 900°C に於てはそれ以下の部より試料が強くなるのでこの溫度で引張ると 900°C よりやゝ低溫の試料兩側に局部收縮が起りその一方より破斷し眞の 900°C の數値は求め得ない。第 7 圖及び第 8 圖では假にこれを 900°C の位置に印し参考とした。B I にはこの現象が起らなかったでこのみは眞の 900°C の數値と認めることが出来る。2 個所に局部收縮を生じたものの伸は破斷した一方のみを測定しこれを G, L, 5mm に換算した。

次に可塑性の良否を表示する断面絞りを見ると 300°C で一度低下しその後溫度の上昇と共に増加の傾向をとるが 900°C 附近で又低下する。然しその量は AO, AI に於ては 4~5%

第 11 圖

(ホ)型(ロ)型 剪断面鋼片外殼及内質熱間打縮試験狀態
(ホ)型 (ロ)型



の減少、BO に於ては増加が停止せる程度である。試料の

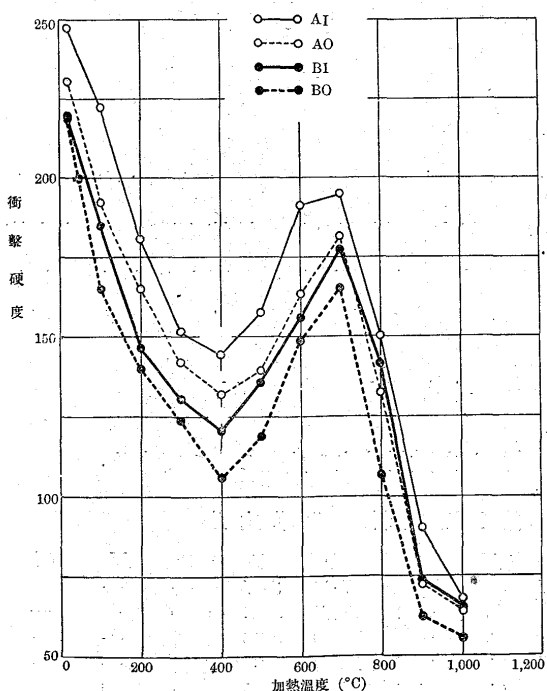
28x27 = 7.56

中央部即ち真の 900°C の部分に於てはもつと脆いと思はれるが一方第 11 圖の打縮試験で見ると是等は 900°C に於て甚だしい脆性を示して居ない。即ちこの三者は 900°C に於て可塑性を減ずるがその程度は甚だしいものではないと考へられる。之に反し BI の断面絞りは 900°C に於ても減ずるがそれよりも 1,000°C に於て更に著明に減少し僅かに 12.5% となり甚だしい熱脆性を示す。BI のみが 1,000°C で異常變化を起し然かも端切れを呈しない理由は種々あるであらうが不純物の濃厚凝離特に FeS の影響が大であると考へられる。

即ち (ロ) 型 断面を呈する鋼片内質は熱間に於て甚だ脆くしかも 1,000°C 附近に於て特に著明でありこの温度附近で剪断される鋼片断面が岩石的状态を呈することよく符合する。

一方常温に於ては外殻、内質或は (ホ) 型、(ロ) 型による伸、断面絞りの差は共に

第 12 圖 (ホ) 型及 (ロ) 型鋼片外殻及内質熱間衝撃硬度 A··(ホ)型 B··(ロ)型



比較的少なくその靱さには熱間に於けるが如き大差はない

打縮試験は直径 15mm、高さ 30mm の圆柱形試料を所定温度で 1/2t 蒸気鎚により 3 打で高さ 1/3 に打縮するものであるがその結果も引張試験と同様であつて打縮状態は第 11 圖の如くである。同圖は疵の最も多い部分を示したものであるが常温に於てはいつれも疵を生じなかつた。

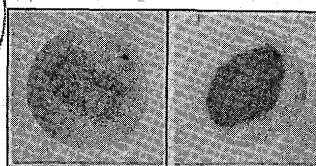
第 12 圖は衝撃硬度の變化であるがこれでは常温、熱間共に内質が外殻より硬いことを示す以外特殊の變化を認め

ない。

尙これ等兩種の鋼片を直径 16mm の丸鋼に壓延しそのまま JES 2 號により同様の引張試験を行つた結果が第 13 圖の如くであり、第 14 圖はこれ等試験丸鋼横断面の硫黄印畫である。

以上の如く熱間に於ては鋼片内質は外殻に比し一般に脆くしかもこれが 900~1,000°C の異常變化に於て特に著

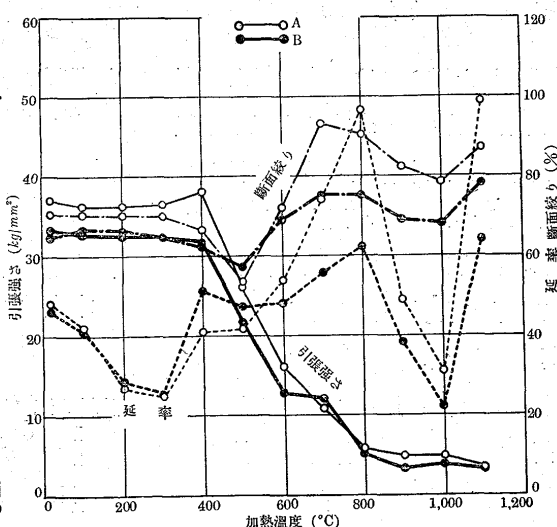
第 14 圖 (ホ) 型及 (ロ) 型鋼片より壓延した丸鋼硫黄印畫 ×1 A(ホ)型 B(ロ)型



明で且その程度は (ロ) 型断面のものに甚だしい。然し常温に於てはその差は著しいものではない。構造用軟鋼成品は一般に内質を良質の外殻で包圍

した形で使用されるものであるから (ロ) 型断面のものに於てもその機械的性質は第 3 表及第 13 圖に示せる如く一層差が小となり。決して禁止的數値を示すものではない。即ち (ロ) 型断面のものでも用途に注意すれば成品として差支ないと考へられる。

第 13 圖 (ホ) 型及 (ロ) 型鋼片より壓延した丸鋼成品熱間引張試験成績 (JES No. 2)



5. 結論

構造用軟鋼片の剪断面状態は専ら材質の均質程度によるものである。従て断面状態から逆に鋼片材質の良否を判定することも可能である。

即ち (ハ)、(ニ)、(ホ) 型の如く鱗模様を呈するものは普通の用途には何等差支はない。特に良質を求める場合はなるべく鱗の細かい

(ホ) 型或は (ハ)、(ニ) 型でも鱗の比較的よく伸びた形の揃つたものを選べば間違は少ない。(ロ) 型には 2 種ある。即ち 1 は鋼塊頭部相當部にこの型を生ずる場合であつてこれは濃厚凝離部に當り材質不良であるが用途を選べば充分使用には堪え得る。その 2 は全體的にこの型を生ずる特殊極軟鋼の場合でその性質は第一の場合と似たものであるがこの場合は鋼質から来る寧ろやむを得ない結果で一概に不良とは云へない。尤もこの種の鋼質は用途上大なる應力を受けない場合が多い。

(イ) 型はすべての場合に不適當である。(終)