

構造用高張力鋼板の試作研究

(日本鐵鋼協會第 21 回講演大會講演 昭 14, 4)

小平 勇*・森寺一雄*・前田元三*

STUDY ON THE EXPERIMENTAL MANUFACTURE OF HIGH-TENSILE STRUCTURAL STEEL SHEETS.

Isamu Kohira, Kazuo Moridera and Genzo Maeda.

SYNOPSIS:—Four kinds of high-tensile structural steel sheets of *Mn*-series, *Cr*-series; and *Mo*-series, each of which contains small quantity of the corresponding element, were manufactured experimentally and studied with reference to the melting, working efficiency in rolling and properties of the sheet. The specimens of the following analyses were taken from the sheet of 12 mm. thickness which had been rolled from the ingot each weighing 7,500 kg and being made by the basic electric furnace.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu
<i>Mn</i> -series	0.18	0.18	1.65	0.018	0.007	—	—	0.246
<i>Cr</i> -series	0.18	0.19	1.09	0.016	0.007	0.66	—	0.246
<i>Mo</i> -series	0.18	0.24	1.21	0.018	0.004	—	0.28	0.254
Ducol Steel	0.25	0.30	1.31	0.017	0.018	—	—	0.320

No difficulty was met with in melting and rolling. The properties of the sheet as rolled fall in the range: tensile strength 55-65 kg/mm², yield point 40-45 kg/mm², and elongation 20%. When various analyses were compared, they showed negligible difference in mechanical properties either as rolled or as simply heat-treated; but the single-*Mn* series steels which are currently used were proved to be economical and practical; and, when subjected to a further heat treatment such as quenching and tempering, the *Cr*- and *Mo*-series proved to be slightly better.

I 緒 言

構造用鋼材として高張力鋼を使用する主なる目的は云ふまでもなく使用材料の重量を軽減し且工費を節約する爲でかなり古くから試みられて居たことである。然しこれが盛んに發達したのは第一次歐洲大戰以後であつて C 0.1~0.3%, Mn 0.8~2.0% の範圍の所謂 *Mn* 系のものが最も廣く使用されて今日に及んで居る。

Mn 系高張力鋼として本邦でも良く知られて居るのは英國の Ducol Steel でこれに類似のものは八幡製鐵所で早くから盛んに製造されて居る。

普通の炭素鋼でも炭素含有量を高めることに依て抗張力を適宜大ならしめることが出来るが反面延伸率及衝擊値を減ずる不利がある。或る特殊成分を加へるとこの不利を防ぐことが出来る所から低合金高張力鋼が生れたわけであつて中でも *Mn* 系のものは製鋼、壓延が容易で且安價であるため廣く用ひられるに至つたものである。

ところが最近になつて鋼材用途が次第に複雑となり單に強度の問題のみならず耐蝕性、熔接性、加工性、耐疲勞性

等の改善も要求される様になりこれに應ずるために鋼質も單一成分系から漸次複雑成分系へ發展する傾向となつた。(附録表参照)。即ち *Mn* (1.8% 以下), *Cr* (1.5% 以下), *Si* (1.0% 以下) *Ni* (3% 以下), *Mo* (0.5% 以下), *V* (0.2% 以下) 等の少量を數種組合はせ添加したものが研究され且實用されて居る。

尤も之等複雑成分系と云ても從來の *Mn* 單一系を基礎とし *Mn* の一部を他の成分で置き代へた形を採るものが多い。例へば *Mn* の一部を *Cr* 及 *Cu* に代へた獨逸の Union 構造用鋼、英國の Chromador 又 *Mn* の一部を *Cu* 及 *Ni* に代へた米國の *Ni*-Steel 同じく *Mn* の一部を *Cr* 及 *Si* に代へた米國の Cromansil の如きものである。

以上の諸成分の他に *Ti*, *Al*, *P* 等も夫々獨特の效果があると稱せられ之等成分を種々に組合はせたものが實に數十種に上つて居る(附録表参照)。

斯くの如く現在所謂低合金高張力鋼と稱せられるものが夥しい數に上りその優劣は俄かに斷じ難い状態であるが然し之等のものが夫々示して居る近代的高級構造用鋼の具備すべき條件と云ふべきものは何れも相似したものでこれを

* 日本製鐵八幡製鐵所

綜合すると凡そ次の如くである。

1. 降伏點が大であつてしかも相當の靱性を有すること。
2. その具體的目標としては

降伏點	抗張力	延伸率
40~45kg/mm ²	55~65kg/mm ²	20%以上(G.L.200mm)
3. 耐蝕性を有し、熔接し易きこと。
4. 加工容易なること。
5. 熱處理を施さずして使用し得ること。
6. 安價なること。即ち普通鋼の2~5割増し程度なること。

この種の鋼材は壓延儘で高度の機械的性質を有するのが理想であるが使用目的例へば構造材でも組立を主とし熔接を行ふ場合には前記抗張力標準の下限のものが選擇せられ又材質の特に均等性を必要とするものには熱處理を行ふを有利とする場合もある。然し後者の場合には概して低温加熱程度を限度とするのが最近の傾向である。

以上の諸條件を目標として鋼質の研究が行はれるわけであつて中でも成分は製造者の最も苦心する所である。成分は製鋼様式、用途、規格、値段等に依り研究さるべき問題であつて發達の情勢からすれば前述の如く複雑成分系のものが有力である。

本邦に於ては早くから Mn 系高張力鋼が船舶用として使用されて居るが最近では他の方面即ち土木、建築、運輸機關等にも次第に普及されて來た。一方複雑成分系のものに就ては鋼材を輸入して使用した例はあるがこれを製造して使用した報告は聞かない。然し今後鋼材用途が複雑化するにつれて複雑成分系のものが今日よりも一層問題になる時期が來ると考へられる。従て複雑成分系のものが實際の製鋼、壓延作業に於て又は成品鋼材として如何なる性質を有するものであるかと云ふことを机上を離れて現場的に吟味して置くことは將來への準備として必要なことと考へられる。

本報告はこの見地から行はれた第一段の研究結果である。即ち C を夫々 0.2% としこれに Mn, Cr, Mo を加へた厚板を試作し製鋼、壓延の作業的難易、鋼板の機械的性質從來の Mn 單一系のもの (D.S. 鋼) との優劣比較等を行つたものである。茲に C を 0.2% としたのはこの程度のもものが比較的製鋼し易いことと構造用鋼としての色々の性質例へば熔接性、加工性等から云へばなるべく C を下げ抗張力を他の成分で補た方が良くと云ふ見地に據たものである。

又合金成分として Cr, Mo を採用したのは合金の入手

が容易で安價であること、少量で効果のあること、鹽基性平爐で使い易いこと等を考慮したものである。

目標強度は前述の降伏點 40~45kg/mm² 抗張力 55~65kg/mm² 延伸率 20% 以上に置き試験項目としてはこの他に比例限界、断面收縮率、屈曲試験、シャルピー衝撃試験等を加へた。

合金成分の配合割合は第1表の如くであつてこの割合は種々の實例を参考とし上述の目標強度に適合する様定められたものである。

第1表 豫定成分

鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo
I Mn 系	0.20	0.25	1.7	—	—
II Cr 系	0.20	0.25	0.9	0.75	—
III Mo 系	0.20	0.25	1.2	—	0.3

この3種の他に普通成分の D.S. 鋼を一種加へ比較参考に資した。尙之等の鋼は後掲の如く原料の關係上自然に Cu を 0.2~0.3% 含有し低合金高張力鋼の見地よりすれば一種の含銅鋼に相當する。

製鋼はエルー式鹽基性電氣爐を以て行ひ壓延は板用鋼片分塊を經由し厚板を製造する作業系統に従た。鋼塊、鋼片成品厚板の寸法次の如し。

鋼塊寸法	底部	頭部	高さ	重量*
	660mm × 660mm	720mm × 720mm	1,800mm	7,200kg

* 押湯割合 19%

板用分塊鋼片寸法 幅 600mm 厚さ 260mm 長さ 1,470mm
重量 1,800kg

鋼塊1個よりこの鋼片を次の如く3個採る。

鋼塊頭部 → No. 1 No. 2 No. 3 → 鋼塊底部

厚板の寸法 厚さ 12mm 幅 1,350mm 長さ 14,000mm
重量 1,250kg

材質試験は前記 No.2 鋼片を延した板即ち鋼塊中央部に相當する板に就て行た。

II 製造試験

1. 製鋼狀況 熔解はエルー式 6t 鹽基性電氣爐で行た本來平爐で行ひ度き試験であるが製品の未知性と平爐では多量の合金鐵を必要とする等の點から差當り容量の小さい電氣爐を選んだわけである。製出鋼の成分は第2表の如くである。

第2表 製出鋼成分

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu
I Mn 系 E. 12,839	0.18	0.18	1.65	0.018	0.007	—	—	0.246
II Cr 系 E. 12,751	0.18	0.19	1.09	0.016	0.007	0.66	—	0.246
III Mo 系 E. 12,740	0.18	0.24	1.21	0.018	0.004	—	0.28	0.254
IV D.S. 系 E. 12,856	0.25	0.30	1.31	0.017	0.018	—	—	0.320

氣味であったが暫時にして収まり宜しく、又仕上鋼滓はカーバイド質となり分析結果とも一致する。

以上の如く本試作熔解例はその爐況いづれも概ね順調である。

尙参考として製鋼進行中の地金及鋼滓の分析試料を次の如く各熔解共4回採取しその成績を第4表に示した。

試料①……熔落ち(酸化期)

試料②……還元鋼滓熟成期(還元前半期)

試料③……強制脱酸劑加入前(還元後半期)

試料④……取鍋

2. 鑄鋼狀況 出鋼温度は 1,620~1,625°C で各チャージ共殆んど平均し又鑄鋼温度は D.S. が最も低く 1,560°C でその他のチャージは 1,580°C でやゝ高熱である。使用鑄型は E. 7 インパーテット型押湯付で上注法により鋼塊単重は 7,500 kg である。鑄鋼速度は 15~20 kg/sec. (或ひは 3.8~4.5 mm/sec) で湯上り平靜で鑄鋼状況良好である。鑄鋼終了後押湯部には藁を焚く。

鑄鋼前鑄型温度は 40°C 前後、タールを内塗す。鑄鋼終了後より型抜きまでの経過時間は3時間乃至4時間で鋼塊は赤熱のまま分塊工場の灼熱爐に装入し灼熱す。作業記録は第5表参照。

第5表 鑄鋼及分塊記録

1. 造 塊

製鋼 番 號	鑄型及 鑄入方法	鋼塊 單重 kg	鑄 入			型 抜	
			時 間	速 度 kg/sec	温 度 °C	時 間	温 度 °C
E. 12,839	E. 7 下注	7,500	11°30'40'' ~38'20''	16.3	1,580	3°52'0''	900
E. 12,751	"	"	12°44'35'' ~53'17''	14.4	1,575	4°48'0''	865
E. 12,740	"	"	3°13'20'' ~20'20''	17.9	1,580	6°30'0''	—
E. 12,856	"	"	4° 0'35'' ~15'45''	20.3	1,560	8°31'0''	835

2. 分 塊

製 鋼 番 號	均熱爐装入		均熱爐抽出		ロール嚙込		仕 上		切 捨	
	時 間	温 度 °C	時 間	温 度 °C	時 間	温 度 °C	時 間	温 度 °C	頭 部 kg	底 部 kg
E. 12,839	4°10' 0''	—	8°57'0''	—	59' 0''	1,050	9° 2' 0''	980	1,800	600
E. 12,751	5° 9'20''	750	10°0'10''	1,120	1'35''	1,070	4'35''	995	1,700	250
E. 12,740	7°27' 0''	700	10°26'40''	1,080	28'17''	1,065	31'30''	1,000	1,800	500
E. 12,856	9°41' 0''	650	12°21'0''	1,035	23' 0''	1,025	28' 0''	965	1,500	500

3. 分塊壓延狀況 鋼塊を灼熱すること 3~5 時間にして板用鋼片に分塊壓延す。ロール嚙込温度 1,050°C 前後。仕上温度 950~1,000°C である。詳細は第5表参照。鋼片寸法は厚さ 260mm, 幅 620mm で押湯部約 1,500~1,800 kg

及底部 300~600 kg を切捨て1個の鋼塊から長さ 1,470 mm 重量 1,800 kg の鋼片 3 個を取た。

壓延狀況は従来の D.S. 鋼と何等の差無くよく伸び割疵を生ぜず良好である。冷却後鋼片の形状を検査するに縁に沿ふて縦方向に軽微な割疵を認めたまものがあるがその程度極く軽く簡単な手入れにより除去することが出来た。尙鋼片對鋼塊の歩留りは約 70% である。

4. 鋼板壓延狀況 原料鋼塊1個に對し頭, 中, 底に該當する鋼片3個を取り, 4 チャージ分合計 12 個の鋼片全部を再熱し略同一條件の下で次の寸法に壓延した。

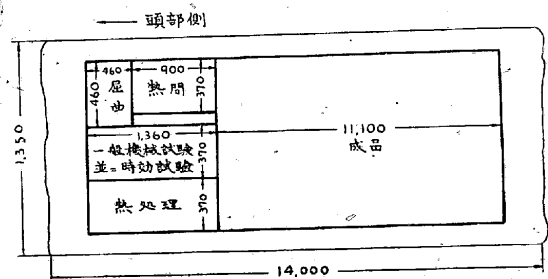
厚さ 12mm 幅 1,350mm 長さ 14,000mm 單重 1,250kg

壓延歩留りは原料鋼片に對し 70% に相當する。壓延温度はロール嚙込み最初に於て 1,150~1,180°C 仕上げは略 750°C である。正味壓延時間約 3 分 30 秒又矯正ロール通過時間約 3 分である。壓延狀況に何等異常はない。鋼板の形状は極めて良好で表面疵なく試みに板の側縁の狀況を検するも纖維状によく伸び脆性の跡を認めない。

III 成 品 試 験

1. 試験方法 成品鋼板から第1圖に示す位置より諸種の試験片を採取し常温及熱處理後の機械的性質及金屬組織等を試験した。

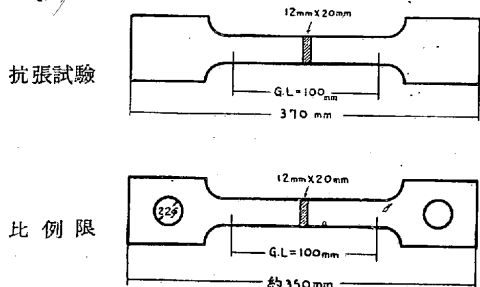
第1圖 材質並に熱處理試料採取位置



試験項目は前述の如く規格通りの抗張力, 降伏點, 延伸率, 屈曲試験以外に比例限界, 断面收縮率, シヤルピー式衝撃試験をも追加した。試験片の寸法, 試験条件等次の如し。

- (i) 試験はすべて壓延方向に對して直角即ち材質的に弱い方向に行た。
- (ii) 抗張試験及比例限試験は別個の試験片に就て行ひ(第2圖参照) その寸法は次の如く一定した。

第2圖 試験片寸法

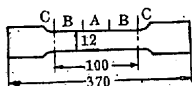


幅 20mm, 厚さ, 板の厚さの儘, 12mm, 標点距離 100mm, 尙日本標準規格第1號片との關係を便にするため本試験片と標準規格片とに就き夫々断面積及標点距離との比を求め計算上より標準規格に相當すべき延伸率を與へた。

(ii) 比例限の測定方法は荷重を少量宛かけながら力と伸を読み圖を畫き直線部の終點を以て限界とした。

第6表 壓延儘の試験 (牽引方向は壓延方向と直角)

切斷位置



鋼種	壓延經過日數	比例限界 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率%		断面收縮率 %	破断面狀	屈曲試驗
					日本標準規格第1號片(換算)	本試験片			
E. 12, 839 Mn系	1	16.5	35.3	60.2	22.0	20.2	48.3	A	良
	3	15.0	34.7	60.0	22.0	20.2	45.5	A	
	5	16.0	35.1	62.1	22.0	20.2	48.6	B	
	7	14.8	35.0	60.5	22.5	20.7	45.7	A	
	10	15.1	35.1	60.5	23.0	21.2	47.2	A	
	15	16.4	35.1	59.7	23.0	21.2	47.8	A	
	20	14.8	35.1	60.6	23.0	21.2	49.3	A	
	30	16.4	34.8	61.0	24.0	22.1	51.3	A	
平均	15.6	35.0	60.6	22.7	20.9	48.0			
E. 12, 751 Cr系	1	15.0	35.4	62.7	19.0	17.4	43.7	B	良
	3	14.2	37.3	63.3	19.5	17.9	45.7	B	
	5	14.7	35.6	62.5	20.5	18.8	48.5	B	
	7	13.2	38.4	64.0	21.0	19.3	55.0	A	
	10	14.8	36.5	63.2	21.0	19.3	50.6	A	
	15	14.8	37.0	64.0	22.0	20.2	53.4	A	
	20	13.1	36.1	64.0	21.5	19.7	—	B	
	30	13.1	36.2	63.0	18.5	17.0	54.2	B	
平均	14.1	36.6	63.3	20.4	18.7	50.2			
E. 12, 740 Mo系	1	18.4	38.0	65.4	17.0	15.6	28.9	B	良
	3	15.9	40.3	66.5	17.5	16.1	31.2	A	
	5	14.7	42.2	66.2	18.5	17.0	35.4	A	
	7	15.1	41.9	66.5	20.0	18.3	45.3	A	
	10	15.0	40.0	65.1	17.0	15.6	44.9	B	
	15	14.7	40.2	66.8	18.5	17.0	43.5	A	
	20	14.7	40.5	67.3	18.5	17.0	46.4	A	
	30	14.5	41.0	65.7	19.0	17.4	47.2	A	
平均	15.4	40.5	66.2	18.3	16.8	40.4			
E. 12, 856 D.S	1	27.4	42.2	64.3	24.0	22.1	48.1	B	良
	3	27.9	41.9	65.4	24.5	22.5	51.8	B	
	5	29.0	42.5	65.7	24.5	22.5	52.7	A	
	7	28.7	42.4	65.1	25.0	23.0	53.8	A	
	10	29.5	42.5	65.4	24.0	22.1	55.2	A	
	15	—	—	—	—	—	—	—	
	20	29.3	42.7	65.2	23.0	21.2	54.7	B	
	30	28.2	41.9	64.3	25.0	23.0	54.3	A	
平均	28.6	42.3	65.1	24.3	22.3	52.9			

(iv) 屈曲試験は内側半径 6mm (即ち板厚の 1/2) とし 180 度曲げその表面彎曲部に裂疵を生ずるや否やを検した

2. 壓延儘の試験 構造用鋼は壓延儘の状態で使用されるのが普通であるから先づ壓延儘の試験を行った。試験は凡て壓延後第1日目より順次適當の日數を隔てて 30 日目まで合計 8 回行ひこれによって一般抗張試験値を知ると同時に經過日數に對する變化即ち時效の影響をも併せ試験した。試験結果を一括して第6表に示す, 同表より次の諸點を指摘し得る。

(i) 抗張力は 60~65 kg/mm² で豫定範囲内にあるが降伏點は 34~43 kg/mm² で少しく低いものがある。比例限は低炭素質のものは凡て 15 kg/mm² 前後, 炭素の高いものは 29 kg/mm² あつて相違の大なるを知る。延伸率は Mn 系のものは 20% あるが Cr, Mo 系のものはやゝ低く 17~18 % を示す。

(ii) 抗張試験片の破断面を見るとよく伸び「白」等の異狀なく断面收縮率は 40~55% あつて抗張力を標準に考へると材質は良好である。

(iii) 屈曲試験良

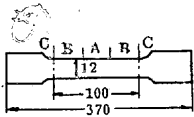
(iv) 時效の影響としては延伸率, 断面收縮率が少しく増加し時日を置く方が有利である。

3. 熱處理試験 一般に構造用鋼としては壓延儘の状態て材質が優秀であることを理想とするものであるが簡単な熱處理を施し僅かの手數と費用で一層優秀な機械的性質を得ることが出来れば作業的にも考慮の價值ある問題である。又用途によつては熱處理に相當の手數と費用を拂ても一層高度の材質を希望する場合もあり殊に Mn, Cr, Mo 等の特殊成分は熱處理によつて一層その機能を發揮すべきことも考へられるので之等の一般的見地から熱處理試験を行った。便宜上これを變態點以上の處理と變態點以下の處理に分けて述べる。尙熱分析及熱膨脹により實測した變態點は 670~710°C である。

a. 變態點以上の熱處理 熱處理法としては爐中冷却 空中冷却, 焼入焼戻の 3 種で爐中冷却及空中冷却は加熱溫度を 750, 850, 950°C とし, 焼入焼戻は 850°C 油焼入 620°C 及 670°C 焼戻とした。試験結果は第7表の如くであつてこれを壓延儘の試験値と對照して見ると次の諸點が知られる。

(i) 爐内緩冷せるものは鋼種により多少の相違はあるが抗張力を 2~8 kg/mm² 減じ降伏點も少しく減少し延伸率断面收縮率は少しく増加し比例限及衝擊値は著しく増加す

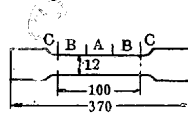
第7表-1 高温熱處理試験



F... 爐内冷却
 A... 空中冷却
 O... 油中冷却
 T... 850°C 油焼入後焼戻

鋼種	熱處理 °C	比例 限界 kg/mm ²	降伏 點 kg/mm ²	抗張 力 kg/mm ²	延伸率%		断面 收縮 率%	破斷 面狀 況	シャルピ ー衝撃 値 kg-M/cm ²	
					日本 標準第1 規程 (換算)	日本 標準第1 規程 (換算)				
E. 12,839	壓延 の儘	15.6	35.1	60.5	23.3	21.4	48.9	A	10.3	
	F	750	29.0 29.3	35.1 37.6	56.9 57.2	22.0 21.5	20.2 19.7	57.5 55.5	B B	13.32 14.41
		850	36.4 37.5	40.6 40.2	57.2 57.5	23.5 25.0	21.5 23.0	58.9 60.3	A A	13.30 15.60
	950	28.8 28.5	38.7 36.9	55.9 55.9	22.0 25.0	20.2 23.0	60.9 56.9	B B	14.95 16.02	
		A	750	12.6 14.3	38.4 38.3	66.9 66.5	11.5 14.0	10.5 12.9	46.7 57.0	C C
	850		35.6 33.2	44.9 45.7	62.1 62.2	22.0 22.0	20.2 20.2	58.0 58.3	B B	12.37 15.20
	950		17.8 18.0	42.1 41.3	60.3 60.8	19.0 21.0	17.4 19.3	57.5 59.5	B B	11.66 12.22
	O	750	17.3 15.1	45.9 45.2	92.6 95.8	16.0 12.5	14.7 11.5	32.5 17.8	A B	3.03 4.31
		850	16.9 15.1	50.7 50.6	88.7 91.4	14.5 6.0	13.3 5.7	37.1 26.4	B C	6.42 6.74
		950	16.1 15.8	61.7 62.8	94.0 92.5	2.0 1.0	1.9 0.9	35.2 34.4	C C	5.88 3.57
	T	620	49.8	54.8	65.1	19.0	17.4	54.5	B	10.18 12.80
		670	43.3	47.1	58.8	27.0	24.9	63.1	B	13.75 13.63
Mn 系	壓延 の儘	15.6	36.5	63.5	20.8	19.1	52.7	B	8.6	
	F	750	19.2 21.7	31.5 32.6	55.0 55.8	14.5 18.5	13.3 17.0	57.0 56.2	C C	18.25 18.61
		850	33.4 33.7	37.6 39.2	55.4 55.4	21.0 23.0	19.3 21.2	59.1 59.8	B C	14.86 15.17
	950	29.0 29.8	35.1 35.9	53.7 55.0	20.0 23.0	18.3 21.2	59.4 62.6	C B	14.70 18.30	
		A	750	11.2 11.3	34.8 36.1	65.7 59.2	15.0 6.0	13.9 5.7	46.3 56.3	C C
	850		25.7 20.6	43.2 42.4	60.5 60.6	20.0 20.5	18.3 18.8	59.0 59.8	B B	16.30 14.68
	950		18.4 18.0	38.7 38.6	59.9 61.0	19.5 13.0	17.9 12.0	59.7 57.7	B B	9.38 13.00
	O	750	13.1 11.2	50.9 —	101.9 —	4.5 —	4.2 —	9.6 —	C C	2.65 2.29
		850	17.5 16.5	64.9 64.9	106.3 104.4	6.5 6.5	6.2 6.2	27.8 39.1	C C	6.13 4.97
		950	23.6 23.9	59.7 61.0	97.8 97.7	11.5 3.5	10.5 3.3	38.8 29.8	B C	4.25 5.67
	T	620	49.1	59.7	76.4	8.0	7.4	55.5	C	17.40 18.70
		670	45.7	50.1	62.1	21.5	19.8	63.5	B	19.23
Cr 系	壓延 の儘	15.6	36.5	63.5	20.8	19.1	52.7	B	8.6	
	F	750	19.2 21.7	31.5 32.6	55.0 55.8	14.5 18.5	13.3 17.0	57.0 56.2	C C	18.25 18.61
		850	33.4 33.7	37.6 39.2	55.4 55.4	21.0 23.0	19.3 21.2	59.1 59.8	B C	14.86 15.17
	950	29.0 29.8	35.1 35.9	53.7 55.0	20.0 23.0	18.3 21.2	59.4 62.6	C B	14.70 18.30	
		A	750	11.2 11.3	34.8 36.1	65.7 59.2	15.0 6.0	13.9 5.7	46.3 56.3	C C
	850		25.7 20.6	43.2 42.4	60.5 60.6	20.0 20.5	18.3 18.8	59.0 59.8	B B	16.30 14.68
	950		18.4 18.0	38.7 38.6	59.9 61.0	19.5 13.0	17.9 12.0	59.7 57.7	B B	9.38 13.00
	O	750	13.1 11.2	50.9 —	101.9 —	4.5 —	4.2 —	9.6 —	C C	2.65 2.29
		850	17.5 16.5	64.9 64.9	106.3 104.4	6.5 6.5	6.2 6.2	27.8 39.1	C C	6.13 4.97
		950	23.6 23.9	59.7 61.0	97.8 97.7	11.5 3.5	10.5 3.3	38.8 29.8	B C	4.25 5.67
	T	620	49.1	59.7	76.4	8.0	7.4	55.5	C	17.40 18.70
		670	45.7	50.1	62.1	21.5	19.8	63.5	B	19.23

第7表-2 高温熱處理試験



F... 爐内冷却
 A... 空中冷却
 O... 油中冷却
 T... 850°C 油焼入後焼戻

鋼種	熱處理 °C	比例 限界 kg/mm ²	降伏 點 kg/mm ²	抗張 力 kg/mm ²	延伸率%		断面 收縮 率%	破斷 面狀 況	シャルピ ー衝撃 値 kg-M/cm ²	
					日本 標準第1 規程 (換算)	日本 標準第1 規程 (換算)				
E. 12,740	壓延 の儘	14.5	40.3	66.2	18.3	16.8	45.5	B	5.7	
	F	750	16.9 17.2	39.5 40.6	65.1 65.7	20.0 11.5	18.3 10.5	51.8 47.0	B C	3.9 10.02
		850	32.3 33.2	40.6 41.9	59.2 59.9	15.0 19.5	13.9 17.9	52.7 50.4	C B	12.34 10.71
	950	28.8 29.3	38.0 38.8	56.7 57.0	19.5 17.0	17.9 15.6	53.5 53.8	B B	8.28 14.38	
		A	750	14.2 14.8	43.0 43.8	75.3 74.0	17.5 10.0	16.1 9.4	44.8 42.5	B C
	850		12.3 14.3	41.4 41.0	68.2 67.9	14.0 13.0	12.9 11.9	50.4 50.4	B C	9.58 7.28
	950		15.0 15.9	40.2 40.3	65.5 64.9	10.0 13.5	9.4 12.5	52.3 52.6	C C	9.76 10.28
	O	750	16.2 16.4	50.2 49.6	98.9 98.9	9.5 5.5	8.9 5.2	20.4 26.5	B C	4.33 8.32
		850	13.6 18.6	61.1 64.3	94.5 80.0	4.0 10.0	3.8 9.4	38.5 33.0	C B	5.78 5.73
		950	29.1 29.0	62.7 60.5	95.3 89.2	2.0 5.5	1.9 5.2	58.8 40.4	C C	5.50 6.20
	T	620	49.0	54.8	66.6	9.0	8.2	56.8	C	13.59 14.95
		670	44.3	52.6	63.8	21.0	19.3	58.8	B	15.53 16.68
E. 12,856	壓延 の儘	29.0	42.4	64.9	24.0	22.1	54.7	A	9.2	
	F	750	32.8 30.1	35.4 35.1	60.3 61.4	20.0 21.5	18.3 19.8	55.7 55.7	B B	11.12 10.42
		850	37.3 34.7	43.8 43.8	63.6 62.8	22.0 17.0	20.2 15.6	55.2 56.7	B B	15.60 15.10
	950	32.8 32.6	41.0 40.2	61.0 60.6	17.5 20.5	16.1 18.8	55.8 54.0	B B	11.65 14.65	
		A	750	34.7 34.2	40.6 40.6	66.2 65.8	19.0 15.0	17.4 13.9	54.5 57.3	B C
	850		41.9 34.8	48.7 49.5	67.4 67.3	14.5 19.5	13.3 17.9	57.0 57.5	C B	14.15 14.75
	950		34.8 34.7	46.2 46.6	66.6 67.1	20.5 18.5	18.8 17.0	55.3 54.5	B B	13.75 15.68
	O	750	12.8 10.6	48.4 46.6	101.1 98.1	5.5 5.0	5.2 4.7	7.7 11.2	A B	2.07 2.40
		850	11.8 11.8	53.9 54.0	94.2 95.0	5.5 9.0	5.2 8.2	18.7 20.7	C B	6.21 6.74
		950	16.5 17.2	57.7 51.5	93.4 86.9	4.0 4.0	3.8 3.8	30.8 29.3	C C	5.50 5.46
	T	620	51.8	55.4	66.6	13.0	12.0	54.4	C	13.98 12.48
		670	43.9	52.9	67.6	21.0	19.3	56.2	B	15.46

る。殊に低炭素質のものは熱處理によつて比例限が2倍以上となつた點は注目に値する。衝撃値は壓延儘 6~10 kg-M/cm² のものが 11~15kg-M/cm² に増加した、焼鈍温度としては 850°C が最も有效である。

(ii) 空中冷却のものは壓延儘より抗張力、降伏點、比例限を増し硬化するが延伸率の減少する割合が少なく断面收縮率、衝撃値大であつて脆化して居ない。この場合も 850°C で行つたものが性質良好で即ち抗張力、降伏點に變化

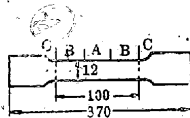
少なく比例限は2倍に増大し延伸率，断面収縮率，衝撃値等良好である。

(iii) 焼入焼戻したものは機械的性質最も良好で手数と費用とを問題外とすればこれによって高度の比例限と衝撃値が得られる。即ち比例限 $43\sim 46\text{ kg/mm}^2$ ，衝撃値 $14\sim 16\text{ kg-M/cm}^2$ となる。適当なる焼戻温度は成分によって差あるが低抗張質のもの 620°C 見當，高抗張質のもの 670°C 見當である。

(iv) 成分別に見ると單なる爐中，空中冷却では Cr ， Mo 等の特殊成分を含んだものが必しも Mn 單一系よりも良い結果を示さないが焼入焼戻の如き入念な処理になると Cr ， Mo 含有のものが良くなる。

b 變態點以下の熱處理 壓延儘の試料を 400, 500,

第8表 低温熱處理試験



A... 空中冷却

鋼種	熱處理 °C	比例 限界 kg/mm ²	降伏 點 kg/mm ²	抗張 力 kg/mm ²	延伸率%		断面 収縮 率%	破断 面狀 況	シャルピ ー衝撃値 kg-M/cm ²	
					日本標準 試片第1 號片 (換算)	換算				
E. 12, 839 Mn 系	壓延儘	15.6	35.1	60.5	23.3	21.4	48.9		10.3	
	A	400	32.3	40.3	61.4	23.5	21.5	53.7	A	9.26 8.94
		500	32.4	41.7	60.0	24.0	22.1	54.5	A	10.60 8.82
		600	35.6	39.7	56.9	24.5	22.5	55.8	A	13.33 13.36
		700	—	29.8	52.3	22.0	20.2	58.1	B	15.00 16.95
E. 12, 751 Cr 系	壓延儘	15.6	36.5	63.5	20.8	19.1	52.7		8.6	
	A	400	—	39.7	63.3	23.5	21.5	58.2	A	10.72 9.27
		500	33.6	41.6	59.1	24.5	22.5	59.0	A	9.54 11.50
		600	32.3	41.3	58.9	23.0	21.2	58.8	B	13.96 13.68
		700	34.3	38.6	54.8	16.0	14.7	60.8	點上	20.70 20.45
E. 12, 740 Mo 系	壓延儘	14.7	40.3	66.2	18.3	16.8	45.5		5.7	
	A	400	31.5	49.0	66.8	18.0	16.5	47.5	B	5.21 6.05
		500	32.4	51.2	65.8	19.0	17.4	48.8	A	5.87 5.63
		600	33.7	49.3	64.1	21.5	19.7	50.4	B	7.78 6.64
		700	37.2	42.5	56.7	22.0	20.2	55.8	B	12.37 12.00
E. 12, 856 D.S.	壓延儘	29.0	42.4	64.9	24.0	22.1	54.7		9.2	
	A	400	40.6	45.7	72.9	21.0	19.3	52.3	B	11.00 9.60
		500	39.7	46.3	73.1	22.0	20.2	49.5	A	8.47 11.00
		600	33.2	43.0	69.3	21.0	19.3	50.5	B	10.60 12.07
		700	32.4	38.3	60.0	22.0	20.2	57.8	B	10.52 10.00

600, 700°C の各温度で 30 分間加熱し空中冷却して機械的性質を調べたがその結果は第8表の如くであって總ての性質が良くなり殊に 600°C のものが最も好結果を示し比例限，延伸率，断面収縮率等皆増加して居る。

一方組織状態を調べて見ると壓延儘のものに屢々見受けられるマルテンサイトの縞が殆んど崩壊し材質が改善された形跡を認める。

この低温處理に就ては最近外國に於ても試みられて居る様であり實際作業に簡単に應用し得る可能性があり研究の餘地大である。

以上熱處理と機械的性質の關係を壓延儘の場合と比較して一括すれば第9表の如くなる。

第9表 壓延儘材と熱處理材の機械的性質比較

符號	熱處理	比例 限界	降伏點	抗張力	延伸率	断面 収縮率	衝擊値
A	850 F.C	+	+	-	○	+	+
B	850 A.C	+	+	+	-	+	+
C	600 A.C	+	+	-	+	+	+
D	850°CoQ.670°CT	+	+	-	+	+	+

(・印は僅少の意なり)

即ちこの熱處理を實際に應用することによって機械的性質を少範圍に改善或は調節することが出来る。例へば壓延儘で抗張力が規格の上限以上の場合は A，抗張力は適當であるが比例限，衝撃値等を増し度い場合は B, C, D の處置が適當と云ふことになる。

IV 顯微鏡組織

上述の如く熱處理により機械的性質の變化する關係を一層明瞭ならしめるために破断試験片に就て顯微鏡組織を検した。第3圖はその代表的實例を示したものである。寫真 1~4 は壓延儘の状態ではフェライト，パーライトより成り多少層狀の配列を呈し，屢々マルテンサイトの集合筋(寫真 3)が恰かも偏析線の如く壓延方向に延びて居るのを認める。第3圖では Mo 系のものに現はれて居るがこの現象は從來 D.S. 鋼にも散見するものでこの種のものが延びを不良ならしめ又破断面に縞狀割疵を與へる原因を爲すこの發生原因は鋼塊凝固時代に Mn その他の不純物が結晶粒界に偏析し壓延後もあまり擴散せず従て普通の冷却速度でも容易にこの部がマルテンサイト化し硬質となるものである。

次に 850°C で爐中冷却した場合は寫真 5~8 に示す如

30 X 58 = 16.8

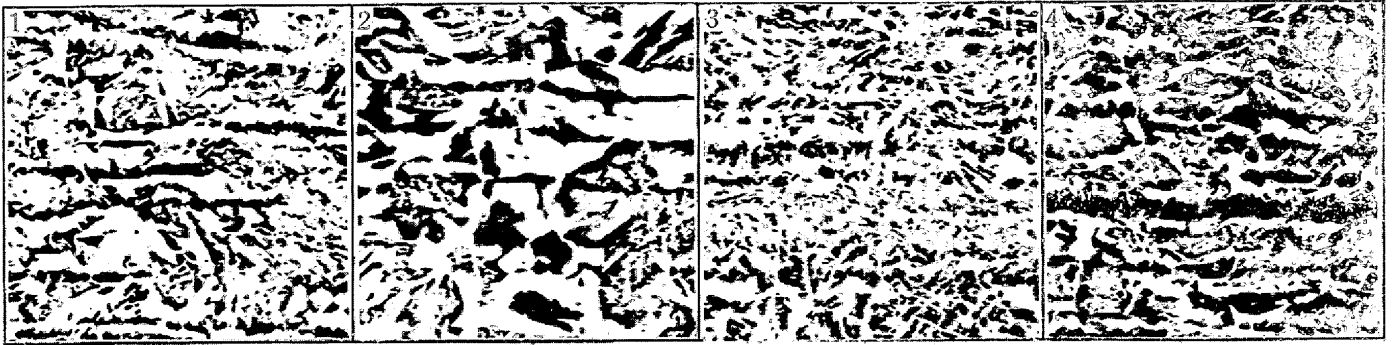
第 3 圖 高張力鋼板顯微鏡組織 ×300 縱斷面 (板の長さの方向)

D.S. (12,856)

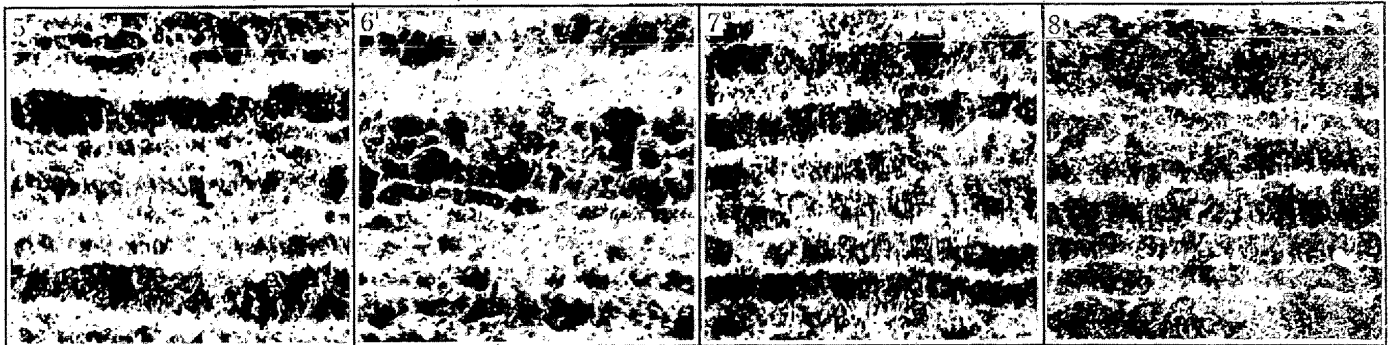
歴延の儘 Mn系 (E12,839)

Cr系 (E. 12,751)

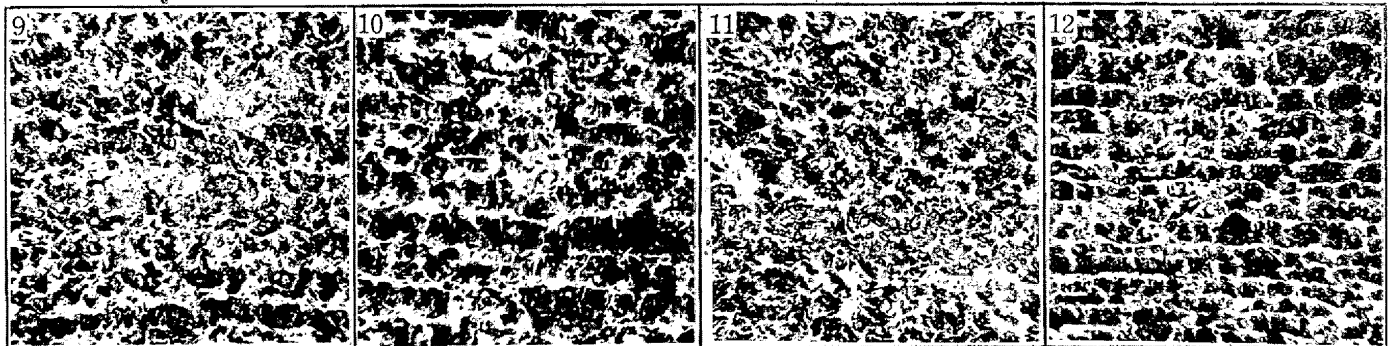
Mo系 (E. 12,740)



850°C 爐中冷却



850°C 空中冷却



30 X 58 = 16.8

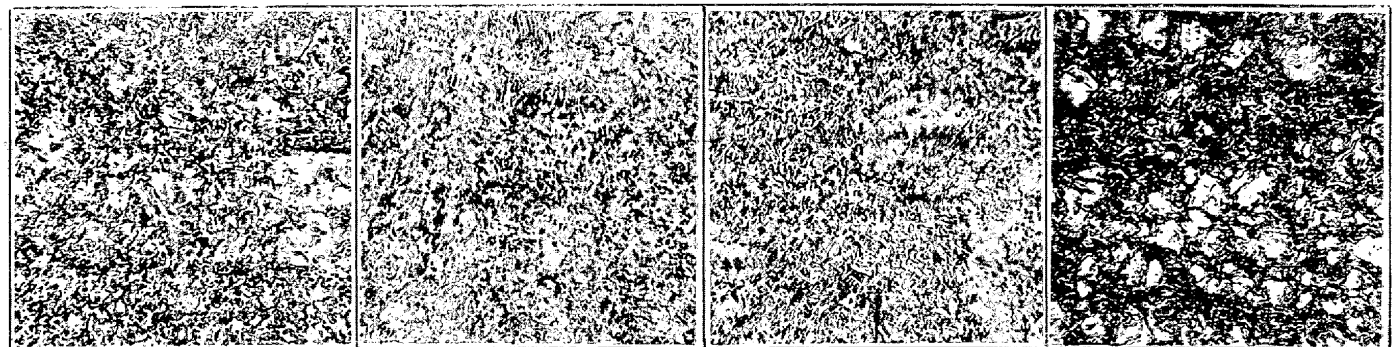
第 4 圖 高張力鋼板顯微鏡組織 ×300 縱斷面 (板の長さの方向)

D.S. (E. 12,856)

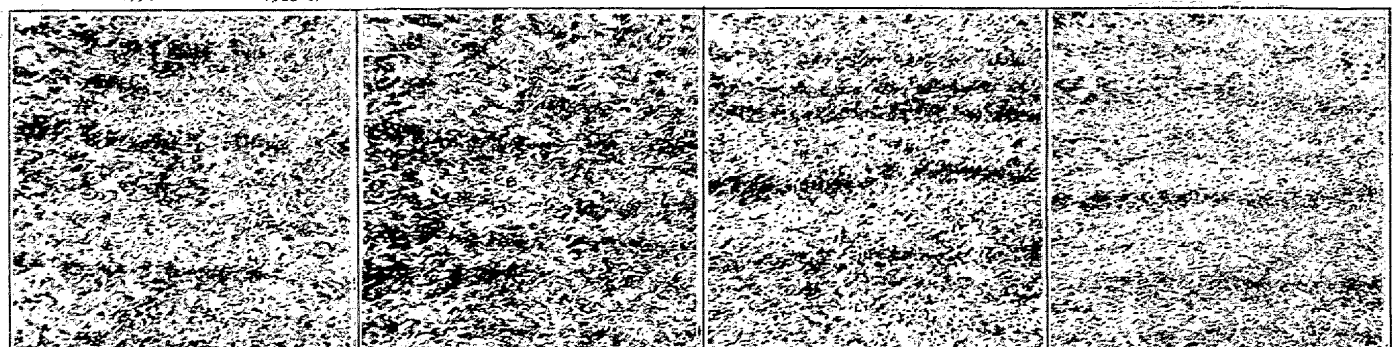
Mn系 (E. 12,839)

Cr系 (E. 12,751)

Mo系 (E. 12,740)



850°C油焼入620°C焼戻



特考

〔附 録 1〕(1) 構造用抗張力鋼の化学成分及機械的性質 延伸率()換算による概略値

類別	名 稱	化 學 成 分 %										形 狀 寸 法	降 伏 點		抗 張 力		延 伸 率		文 獻	備 考
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V		ton/in ²	kg/mm ²	ton/in ²	kg/mm ²	%	G.L.		
* Mn	Medium. Mn. Steel (米)	0.08		1.60										26.8	42.2	39	2"	31.7	3 Normalizing (900°C)	
		0.25		1.7										31.3	49.2	32	2"	25.7		
		0.35		1.75										40.2	63.3	25	2"	19.2		
		0.1		1.8										49.2	77.3	20	2"	15.8		
	* Mn	U.S.S. Sil-Ten (米)	0.4	0.2-0.3	0.7-0.9	0.04	0.05							20.1	31.6	23-28	2"	(19)	9	
			0.35	0.20	1.0									> 20.1	> 31.6	> 16	8"	> 16		
		Admiralty D. Steel (英)	0.3	0.15	1.3										37-	56.3-	> 17	8"	> 17	8 12 13
			0.23-0.28		1.3-1.5									> 25	> 39.5	42	66.3	> 20	20"	
		日 鐵 (日本)	Ducol Steel (英)	0.24-0.3	0.06-0.1	1.5									38	59.8	> 20	($> \frac{1}{2}''$) 8"	> 20	12
				0.35	< 0.15	1.7	0.04	0.05	> 0.2						24.6-29.0	38.7-49.7	25-	8"	(26-21)	
* Cr	Freund (1925) (獨)	0.13	1.05	0.57			0.18						25.2	39.7	25	8"	(26)	11		
		0.12	0.30	1.20			0.3						24.6-26.8	38.7-42.2	28-	8"	(21-29)			
	Krupp (獨)	0.25	0.50	1.60			0.6											11		
		0.12	0.50	0.90			0.5													
	Lauchhammer (獨)	0.25	0.70	1.1			0.6											11		
		0.23		0.75			1.3	0.75	0.16				31.3	49.2	20	2"	(21)			
	Republic Steel (米)	0.07	0.02	0.47	0.26		1.4						29.0	45.7	27	2"	(27)	11		
	* Cr	Cu-F. Steel (Lorig & Kraus) (米)												22.9	36	52-	10d	L T (22 20)	1	
														23.5	37	56-	10d	(20 18)		
Union Bau-Stahl (獨)		0.15	0.31	0.75	0.02	0.03	0.7	0.38					24.0	37.8	33.5	52.7	29	6		
		0.25	0.33	0.85	0.02	0.03	0.8	0.43					24.9	39.3	37.3	58.7	20.5-26.0			
Chromansil (米)		0.12-0.25	0.3-0.5	0.7-1.0			0.6-1.0	0.4-0.6					22.7-26.8	35.2-42.2	31.3-37.9	49.2-59.7	25-20	8"	(21-26)	11
		0.1-0.65	0.8	1.4			0.4	0.6												
Chromansil (米)		0.31	0.60	1.1			0.44						30.4	47.8	48.2	75.9	25	2"	19.2	5
		0.21	0.72	1.17			0.47						22.8	35.9	44.3	69.6	16	8"	16	

製造用抗張力鋼の化學成分及機械的性質 延伸率()換算による概略値

類別	名 稱	化 學 成 分 分 %										形 狀 寸 法	降 伏 點		抗 張 力		延 伸		文 獻	備 考		
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V		ton/ sq. in.	kg/ sq. mm.	ton/ sq. in.	kg/ sq. mm.	%	G.L			日本標準 第一號 第二號 第三號	
鋼	Chromansil (米)	0.14	0.76	1.24				0.47					板	27.7	43.6	40.6	64.0	25	8"	11	壓 延 值	
		0.09	0.54	1.47				0.48					3/4" 板	21.5	33.8	33.5	57.7	30	8"	9		
		0.26	0.75	1.1				0.52					棒	26.3	41.5	42.9	67.5	28	2"	5		
鋼	Mn-Cr Steel (米)	0.07	0.07	0.7				0.33					1/2" 棒			25.8	42.2	88	2"	3	Normalizing (900°C)	
		0.09	0.13	0.93				0.41								25.8	42.2	88	2"	297		
		0.08	0.12	1.13				0.5								31.3	49.2	37	2"	287		
		0.17	0.09	0.63				0.4								40.2	63.3	29	2"	225		
		0.26	0.17	1.11				1.1								49.1	77.3	23	2"	17.7		
鋼	Robert-Haigh Rivet (英)	0.22		0.8				0.9			0.3			> 28	> 36.2	37	48	> 17	8"	8	壓 延 值	
		0.22		0.8				0.9			0.3		板	23.2	36.6	38.0	59.8	17	8"	11		
		0.26	0.11	0.74				0.93			0.31			25.5	40.1	41.1	64.7	22	8"	8		
																30	47.3					8
																31	48.8					
鋼	Ni-Cu Steel (1929) (英)	0.3		0.5				0.9		1.2				26.8	42.2	41.3	65.0	34	2"	2	Normalizing (800~830°C)	
		0.1	0.5	0.1				0.5			0.3		板 T	27.0	42.5	41.5	65.4	32	2"	2		
		0.1	0.1	0.2				1.5			0.5		板 ?	22.4	35.2	24.0	45.7	27	2"	9		
		0.1	0.15	0.50	0.1		1.0				1.0		板	24.6	38.7	33.5	52.7	22	8"	11		
		0.36		1.18									3/4" 板 L	29.0	45.7	38.0	59.7	30	8"	10		
		0.33		1.04									3/4" 板 L	32.4	51.0	45.9	72.3	30	8"	10		
		0.2	0.15	0.55	0.01	0.03							3/8" 板	30.6	48.2	44	69.3	29	8"	9		
		0.24	0.24	0.7	0.02	0.02							1 1/8" 板	24.1	38.0	35.7	56.3	25	8"	9		
		0.26	0.14	0.76	0.03	0.03							1/2" 板	25.3	39.8	40.8	64.2	21	8"	9		
		0.21	0.24	0.82	0.04	0.02							3/4" 板	24.7	38.9	39.5	62.2	23	8"	7		
鋼	3.5% Ni-Steel (英)	0.25	0.12	0.7									板	> 22.3	> 35.1	38.3	59.8	> 15	8"	8	熱 處 理 ? 壓 延 值	
		0.2											1 1/2" 棒	26.3	41.5	39.0	61.5	26	2"	9		
		0.26											1/2" 板	25.3	39.8	36.7	57.8	25.8	8"	9		
		0.32											3/4" 板	27.7	43.6	45.5	71.7	20	8"	9		
				1.2									棒	31.0	48.8	41.7	65.6	31	2"	4		
				2.0									棒	38.4	60.4	48.6	76.5	26	2"	4		
				< 0.18	< 0.25	< 0.04	< 0.25	< 0.2						1/2" 棒	> 22.4	> 35.2	> 35.7	> 56.3	> 20	8"		9
		0.2		0.45										1/2" 板	17.9	28.1	29.0	45.7	30	8"		9
		0.15		0.75										板	22.4	35.2	34.8	54.8	20	8"		9
		0.15		0.8										3/4" 板								9
鋼	Vanadium Steel (米)	0.25											3/4" 板	24.6	38.7	35.0	59.8	20	8"	9	double Normalizing 燒 (620°C) 熱 處 理 ? 壓 延 值	
		0.14	0.2	1.42	0.02	0.02							3/4" 板	35.7	56.3	55.4	87.2	15	8"	7		
		0.32	0.26	0.77			0.27						3/4" 板	32.3	50.8	44.7	70.3	18.7	2"	9		
		0.16	0.19	0.78									3/4" 板	24.6	38.8	39.9	62.8	20	8"	9		
		0.16	0.19	0.78									3/4" 板	21.9	34.5	35.2	55.4	25	8"	9		

く、パーライト、フェライトが各明瞭な縞状組織となり結晶が多少小さく且マルテンサイトが消失して居る。750°Cで爐中冷却せるものはパーライトが粒状化し軟化するため好ましからず(變態點附近の一般現象)又950°Cのものは結晶が粗大となり850°C附近が組織的に見て良好である。

又空中冷却せるものは寫眞9~12の如くでこれ又A₁變態點以上であるため縞状組織となり且この場合は冷却速度が早い為マルテンサイトが出易く即ち950°Cより冷却せるものにその徴候甚しく750°Cでは粒状化して軟化しこの場合も850°Cが最も良好なる條件と認められる。

第4圖は焼入及焼戻の寫眞で焼入状態では何れもマルテンサイト組織を爲しCrMo入りのもの稍焼入りの状態均質である。

その他本試験材は一般に不純物少なく従來鹽基性平爐より製鋼せるものより著しく良好と認められる。

V 結 論

1 Cr, Moを少量加へても製鋼, 壓延の作業全般はMn單一系の場合と同様であつて何等困難はない。

2 壓延儘及簡単な熱處理の範圍ではどの成分のものも大體に於て同成績で寧ろMn單一系のものの方が幾分結果が良い。即ち單なる靜的試験結果から云へばCr, Moを加へても格別の効果はない様である。

3 焼入, 焼戻の如き高度の熱處理を行へばCr, Moの入たものがやゝ有利となる。

文 獻

- 1) Hochweilige Baustähle für den Großstahlbau. E. H. Schulz, H. Buchholtz. V. D. I. v. 73 (1929) s. 1573.
- 2) Chromium-copper structural steel J. A. Jones. Journ. Iron & Steel Inst., No. II. (1927) p. 127
- 3) Data on manganese structural steel with chromium addition. A. B. Kinzel, W. B. Miller. Trans. Am. Soc. Steel Treat., vol. 18, July (1930) p. 55.
- 4) Addition of vanadium improves properties of medium-Mn steels. W. C. Hamilton, Iron Age. vol. 129, March (1932) p. 546.
- 5) Low alloy steel for structures has good properties without head treatment. R. Tull, Metal Progress. Feb. (1932), p. 35.
- 6) 橋梁材としての Union Bau-Stahl. 太田, 川口, 鐵と鋼, 第20年29頁
- 7) Strong new metals for shipbuilders W. E. Blewett, Metal Progress, April (1934), p. 39
- 8) Chromador Steel G. Roberts, Engineering, April, (1934), p. 415
- 9) Low alloy high tensile steels. E. F. Cone, Steel No. 13, (1934) p. 43.
- 10) Properties of some low-Ni steels containing Mn. R. H. Greaves, Journ. Iron & Steel Inst., No. II, (1935) p. 99
- 11) Trends in the metallurgy of low alloy high-yield-strength structural steels H. W. Gillet Iron Age. Feb. (1936) p. 40.
- 12) 英國 Ducol Steel. 仕様書
- 13) 八幡製鐵所製造規格

北支の石炭・製鐵暫定的に組合經營形態

北京16日發同盟 興中公司の發展的解消に伴ふ北支の炭鑛並に製鐵部門の經營形態は將來日支合辦の會社とする豫定であるが、暫定的措置としては軍管理のまゝ各日本民間側協力會社と北支開發會社との折半出資の組合組織とし業者を積極的に協力せしめることとなる模様で、その組合内容は次の通りと見られる。

△炭 鑛 組 合

(一)中興炭鑛=北支開發, 三井折半出資

(一)大紋口炭鑛=北支開發, 三菱折半出資, 華寶, 華豐炭鑛をも委託經營する

(一)磁縣炭鑛=北支開發, 明治鑛業折半出資

(一)山西炭鑛=北支開發, 大倉組折半出資, 陽泉, 壽陽, 軒崗鑛, 富家灘, 介休, 老技, 洪洞を含む

(一)焦作炭鑛=北支開發の全額出資とし實際の經營については瀝心炭鑛を含め現在の興中従業員が引續き當る

(一)柳泉炭鑛=北支開發の全額出資, これも興中従業員によつて經營する

△製 鐵 組 合

(一)石景山製鐵所=北支開發, 日鐵の折半出資

(一)大原製鐵所=北支開發, 大倉組の折半出資, 陽泉製鐵所を含む

なほ組合役員は理事3名, 監事1名以内とする豫定で目下入選中である。(中外11月18日)