

高級軟鋼板の特性に就て

(日本鉄鋼協会第 28 回講演大会講演. 昭 17. 10 於東京)

内 藤 逸 策*

CHARACTERISTICS OF SPECIAL MILD STEEL SHEET

Issaku Naitō

SYNOPSIS:—The characteristic of special mild steel sheet for deep-cupping which is suitable for retainers of ball bearing or the other special use was studied. Laboratorial and practical experiments were carried out to manufacture such a high quality iron as the Swedish steel sheet with electric arc furnace using commercial steel scrap.

It was concluded that such sheet almost the same with the Swedish steel in microscopic structure and mechanical properties may be obtained provided that some attention is paid on refining, hot or cold rolling and heat treatment.

I. 緒 言

こゝに高級軟鋼板と呼ぶは最近公布された、特殊鋼帯板、又は球軸承保持器用鋼帯板等の規格に規定されたものゝ内、特に軟鋼に属するものを指すのであつて、製品は鋼帯、又は鋼板で、熱間圧延後冷間圧延を行ひ、且 光輝焼鈍を行つたものである。今これら規格に示されて居る材質上の點の主なるものを挙げれば、次の如くである。

第 1 表 特殊鋼帯板規格

化學成分						
	C	Si	Mn	P	S	Cu
1 種	0.12以下	0.10以下	0.50以下	0.035以下	0.035以下	0.15以下
2 種	0.13~0.23	"	"	"	"	"

機械的性質 (5 號試験片による)

		抗張力 kg/mm ²	伸%
1 種		28 以上	30 以上
2 種		35 以上	25 以上

反覆屈曲試験 (半徑 2mm の丸味ある鏝上にて行ふ)

厚 さ	縦の方向		横の方向	
	1 種	2 種	1 種	2 種
0.4mm 未滿	25以上	19以上	21以上	16以上
0.4~0.5mm	22以上	17以上	18以上	14以上
0.5~0.7mm	20以上	15以上	16以上	12以上
0.7~0.9mm	16以上	12以上	13以上	10以上
0.9~1.2mm	13以上	10以上	11以上	8以上
1.2~1.5mm	11以上	8以上	8以上	6以上

かゝる鋼帯板は、(今後單に鋼板と呼ぶ) 主として球軸承、又はころ軸承の保持器の如き、精密にして極度の冷間加工を加へて製品となし、變形加工後、何等の熱処理をも行ふことなく、重要な用途に使用されるものであつて、從來の自轉車、自動車、車輛又は家具等の構造用として製造され來つた、磨鋼帯、又は磨鋼板等の、所謂 アートメタル

とは、其の用途上相當の相違あるもので、より遙に良質のものが希望されるのである。此の種軟鋼板は、最近まで全く外國品 (主として瑞典材) の輸入によつて居たのであるが、これが國産化の急務に迫られ、數年前より研究に着手し、最近前記の如き諸規格も制定され、愈々本格の工業的製作を開始するに到つたので、こゝに過去の實驗的研究に、最近の工業的製作品の試験結果を加へ、本報告としたのである。なほ前記の規格には、別に定められて居ないが、實際使用上、重要な性質と見られる鋼板の變形加工後に於ける疲勞、又は疲勞變形等に関しては、鋼板の振動減衰能と對比し、目下研究中で、その詳細の發表は、後日に譲ることとした。

本材質の研究に先立つて、從來輸入されて居た瑞典材に就て、その性質を十分吟味する必要がある。この瑞典材は、この種用途に長年使用し、種々苛酷な使用条件下で十分これに堪へ來つたものであつて、今日標準品と見てよいのである。

今瑞典材數種に就いて、その化學成分並に機械的性質を見るに、第 2 表並に第 3 表の如くであり、又その代表的顯微鏡組織は、寫真第 1 の如くである。本研究にあつては、

第 2 表 瑞典材の化學成分

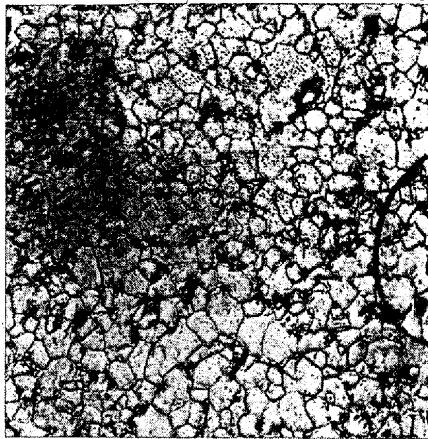
試料	厚さ (B.W.G.)	C	Si	Mn	P	S	Cu
A	28	0.16	0.02	0.17	0.033	0.019	0.061
B	24	0.17	0.02	0.16	0.014	0.014	0.054
C	22	0.21	0.04	0.15	0.006	0.017	0.096
D	19	0.21	0.01	0.18	0.009	0.021	0.049
E	17	0.16	0.05	0.18	0.005	0.018	0.045

** 輸入材の性能に関しては、主として東洋ベアリング株式会社にて行はれたものを借用した。

* 徳山鐵板株式會社研究所, 大阪帝國大學産業科學研究所

第3表 瑞典材の機械的性質

試料	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	粒 度 (A.S.T.M.)
A	19~22	29~31	42~48	6.5
B	22~27	35~37	38~44	7.5
C	28~30	39~40	38~43	9
D	21~23	33~35	46~48	6.5
E	21~23	33~35	48~49	5.5



寫眞第1 瑞典材の代表的組織 (×100)

種々の性質をこの瑞典材に對比し、これに近からんことを努めたのである。

II. 化學成分並に製鋼法

化學成分に就き、吾國の規格を瑞典材に比較するに、燐、硫黄並に銅の量が相當多量に許されて居る、かゝる高級鋼板として、實際如何なる成分範圍を以つて満足すべきやは、その製造並に使用年月が短少なるため、こゝに決定することは困難であるが、差當り不純物を極力減少し、瑞典材に、より接近せしめることが必要である。然るに吾國の現状としては、製鋼原料、製鋼設備等の點より、直ちにこれと同様になすことは、種々な困難があり、又經濟的關係、製産量の關係等より、特殊の原料特殊の製鋼法によることも困難である。よつて普通の屑鐵を原料とし、弧光電氣爐にて、普通の特殊鋼製造と同一の方法により製鋼する方針によつて、如何に瑞典材に近きものを製造し得るか、又如何にして高級用途に満足に使用し得るものを製造し得るか、研究を進めたのである。

製鋼法の詳細を述べるに先立ち、縁付鋼塊とすべきや、鎮靜鋼塊とすべきやを考へる必要がある。森寺氏¹⁾の報告によると、電氣爐製鎮靜鋼塊のものは、平爐製縁付鋼塊のものに比較し、前者は他の性質では後者に優れて居るが、深絞り性では、兩者殆ど同等であるとされて居る。然し同氏の行つた試料は、何れも炭素量 0.05~0.08% であつて、

こゝに取扱つて居るものより、遙に低いものである。炭素量が増す程、縁付鋼塊の性質が鎮靜鋼塊に劣ることは、既に明かであつて、極く低炭素の美裝鋼板等と、同様に見ることは出来ない。著者は兩者の實際製作せるものに就いて觀察せしに縁付鋼塊には、次の如き缺點が認められたので、本鋼板は、總て鎮靜鋼塊とすることとした。

(1) Wallace and Rickett²⁾の報告にもある如く、縁付鋼塊の縁部と芯部とでは、冷間加工後の焼鈍による結晶粒子の發達に状態が大いに異り、板の内外にて結晶粒子の相違を生ずることが甚しい。

(2) 縁付鋼塊から加工されたものには、當然多數の氣孔の熔着せるものが含まれ居り。これが十分熔着せず、又熔着するも、その部分の組織を異にして居る爲、細き深絞り際し條痕をあらはし、不同の變形をなす場合がある。

(3) 鋼塊の表面の疵を削り取るに不便である。

(4) 縁付鋼塊とする時は製鋼中脱酸不十分なる爲、これが爾後の加工行程に於ける結晶粒子の大きさ、形狀に影響を及ぼし、材質の惡化を來す、

又 Rollason³⁾の航空機用鋼帯に関する報告にも、炭素 0.1% 以上は鎮靜鋼塊を採用する様述べてある。かく原料、製鋼法並に鋼塊が定まれば、大體製造可能な化學成分が定まるのである。今 過去數百回の實際製鋼結果より見るに、その製造可能成分範圍は次の如くである。

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.10 以上	0.04~ 0.10	0.30~ 0.50	0.008~ 0.025	0.004~ 0.020	0.12~ 0.24

これによつて見るに、燐硫黄は現行規格より相當低く、瑞典材とほぼ同程度とすることが可能である。又珪素も相當低くすることが出来るが、マンガンは、勿論規格には入るが、瑞典材程度に低下することは困難である、炭素は操業の關係上、上記の價を最低としたい。次に銅であるが、これは現在の屑鐵法による以上如何とも致し方なきものであり、最近なほ次第に屑鐵の含銅量が、増加の傾向にあるので、今後はなほこれが増加を來すものと信ぜられるのである。銅がかかる高級深絞り鋼板に對し有害なることは、論を待たないことであるが、今日未だ上記の範圍では、熱間加工、冷間加工共にこれによる缺陷と認むべきものを生じて居ないので、特に對策を講じては居ない。藤原、山下⁴⁾兩

¹⁾ 森寺一雄：本誌 25 (1939) 175

²⁾ Wallace and Rickett: Trans. Amer. Soc. Metals 1940 333

³⁾ E. C. Rollason: Sheet Metal Industries (1941) 1151

⁴⁾ 藤原、山下：本誌 25 (1939) 376

氏の研究報告に見るも、この程度では、先づ明かなる影響なきものと見らるゝも、今後これが増加せる場合には、特に対策を講ずる必要あるものと考へて居る。

次に製鋼法であるが、この製鋼法は、後述の熱處理と當然或る因果關係を有し、これが最終製品の良否を決定する重要な條件となるのである。單に規格に定められた程度の機械的性質のものを得ることは、容易であつて、今日普通鋼の磨鋼帶板中にも、これを求めることは困難ではない。然し瑞典材に見られる種々の優秀なる特性の内、その微細均一なる組織のものを得ることは、相當困難である。ここでは、先づこの微細均一組織の製品の原材となるものを作る方法を考へたのであつて、現に行ひ來つた方法が、十分なものと信じ得られないにしても、その1方法であるとは認め得るのである。

鹽基性電氣爐による操業は、大體低炭特殊鋼の製法と同様な方法によつて居るが、過酸化となることを防止する爲、酸化期終末に於て、炭素量 0.08% 以上、マンガン 0.18% 以上を保ち得る様、装入並に溶解を調節し、還元期にあつては、白色鋼滓を以て精鍊し、僅にカーバイト臭を感ずる程度の滓を生じたる時を終點として居る。脱酸劑としては、全くフェロシリコンは使用せず、許容量のマンガンを還元期の初期に加へ、その後は僅にコークスとカルシウシリサイドを滓上に散布して、造滓を行ひ、出鋼に際してアルミ

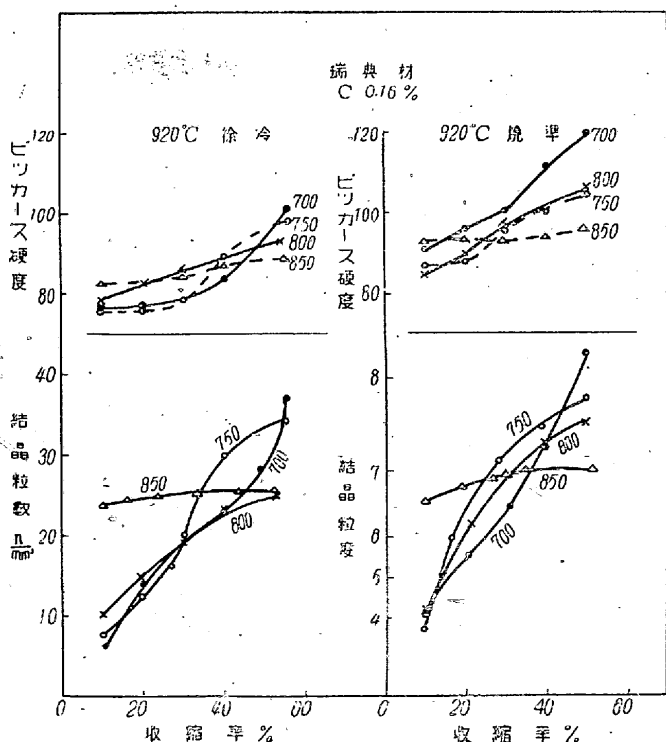
ニウムを脱酸劑として、取鍋にて加へる。爐の操業は低炭のもの程困難であり、アルミニウムの使用量も増加することになる。たゞ最終製品が、鋼帶又は鋼板の如き肉薄物となる爲、以後加熱焼鈍中、平均 0.02~0.05% 程度の脱炭を生ずることになるので、製鋼に於ては、その量を考慮し、第1種の低炭素鋼にあつても、強ひて 0.12% 以下の炭素量に低下せしむるのである。

鋼塊は 500kg とし、疵取り後、先づ鋼片又はシートバーとなし、次いで熱間壓延にて黒皮の板、又は帶となす工程は、他の特殊鋼帶板の製造と同様である。

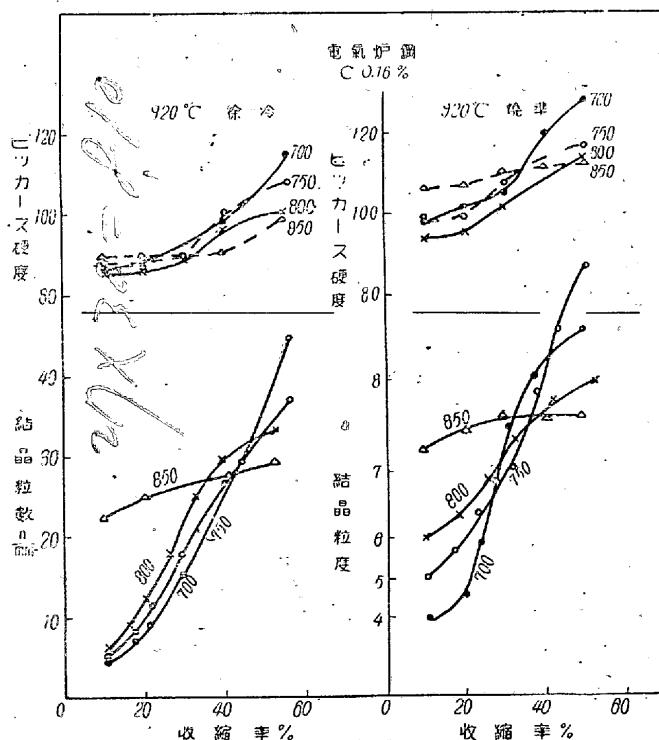
III. 冷間壓延並に熱處理の影響

鋼の冷間壓延と、これが焼鈍による再結晶に関しては、既に古くより幾多の研究が行はれて居るが、實際問題に當つて、これを吟味するに、頗る複雑で、容易に一定の定量的因果關係を求めることは出来ない。こゝでは前述の如き成分と、製鋼法によつたものを、如何に處理すれば瑞典材と同様な組織のものが得られるかを、先づ實驗したのである。

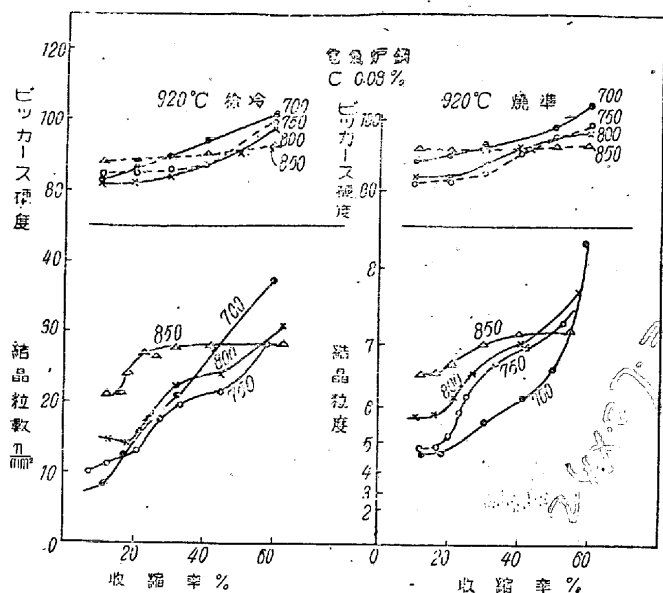
試料としては、大體同一厚の第4表の如き化學成分の鋼板を取つた。A, B は共に電氣爐製鋼のもので B は多少無理な製鋼を行つて低炭としたものである。實驗着手前の状態は、共に熱間壓延のまゝである。瑞典材は、既に完成品



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

となれるものを、一度 920°C に加熱し、空中放冷し、その組織を碎いて試料に供した。

第 4 表

試料	厚さmm	C	Si	Mn	P	S	Cu
瑞典材	1.6	0.16	0.04	0.16	0.012	0.014	0.03
A	1.6	0.17	0.04	0.32	0.021	0.008	0.21
B	1.8	0.08	0.08	0.30	0.015	0.011	0.16

各試料は、先づ 920°C より空中放冷せるものと、爐中冷却せるものとの 2 系に分け、これを 5 號試験片の形状に仕上げ、抗張力試験機で切断し、その切断片を真空爐間にて 700°, 750°, 800°, 850°C の各温度に、種々の時間焼鈍し、内部の結晶粒の變化、並にピツカース硬度等を約 5mm 毎に測定した。なほ切断試料は、各部正確に續取り、顯微鏡にてその断面收縮率を測定し、第 1 圖乃至第 3 圖の如き断面收縮率と結晶粒の大きさ並に硬度等の関係を各熱處理に就き求めたのである。但し焼鈍時間は、何れも 3h である。今これ等の結果を一括して見るに、冷間加工度と結晶粒の大きさ、並に硬度の間に次の如き関係が認められる。

鋼種に關係なき一般的關係

(1) 收縮率 10% 附近以下に於て、何れも急激な非連続性を以つて大結晶粒の發達を見る範圍があるが、かかる範圍は、本研究の目的に必要なき爲、全く注意せざることにした。

(2) 收縮率 10% 以上では、何れも收縮率の増加するにつれ、粒子は微細化し、又硬度も大體粒子の微細化に比例して増加して居る。

(3) 焼鈍温度の上昇するにつれ、高收縮率の方は粒子粗

大となるが、低收縮率の方は反對に微細となり、特に 850°C では、收縮率による粒度の變化が極く僅となる。而してこの變化は、800°C と 850°C との間で急激に行はれる如くである。

(4) 冷間加工前、焼鈍を行つたものは、焼準を行つたものに比較して、一般に粒子が大となつて居り、硬度も相違してゐる。

(5) 焼鈍時間の影響を見るに、これは次に述べる粒の形状と關係があるが、概してここに實驗を行つた 10% 以上の收縮率の範圍では、850°C にて多少粒の成長を認める以外粒の大きさ、硬度共に著しい變化を認めなかつた。粒の成長の甚しいのは、收縮率 10% 以下の或る範圍と 850°C、以上で焼鈍した場合である。

各鋼種別による相違

(1) 炭素量 0.16% の A は、ほど同一炭素量の瑞典材に比較して、收縮率の粒子の大きさに對する影響が甚しい。又その焼準せるものにあつては、概して粒子が細かい。

(2) 炭素量 0.08% の B の方が瑞典材に近い粒子の大きさの變化を生じて居る。

(3) 硬度は炭素量の異なる A, B 共に瑞典材より大である又 A と B とを比較するに、焼鈍を行ひ大粒子となれる部分では、兩者著しい差はなく、焼準せるもの並に細粒の部分にては、相當の差を生じて居る。

次に結晶粒の形状、並に均一性に就て考察を行つた。前記の實驗によるものと、實際冷間壓延を行つたものとは結晶粒の均一性に多少の相違點があるので、この問題に關しては、電氣爐製の各種試料に就き、壓延率 10~60% の間で、數種の壓延率の異なるものを作り、これを前同様の真空焼鈍を行つて、その顯微鏡組織を調べた。瑞典材に就ては、試料が既に製品のみしか入手出来なかつたので、この實驗は行ひ得ず、前記のものを参考とした。その實驗結果を總括するに、次の如くである。

かかる鋼材が再結晶温度以上で焼鈍された場合示す結晶粒の形状は、大體次の 3 種に分けることが出来る。

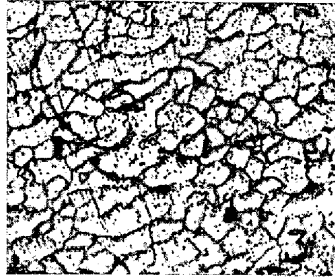
(1) 龜甲形 寫眞第 2 の如く普通軟鋼の標準形として見られるもので、形状に方向性なく、その粒子境界は容易に腐蝕され、單純な直線に近きものとなつて居る。

(2) 諸形 寫眞第 3 の如く、その粒子境界は簡単な曲線となつて居り、多少方向性を有するものである。境界の腐蝕は前者に比し相當困難である。

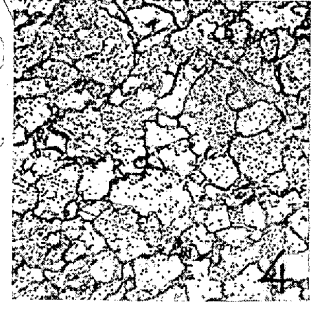
(3) 雲形 寫眞第 4 の如く一定の方向性は認められざる



寫眞第2 龜甲形



寫眞第3 諸形



寫眞第4 雲形

も、その形状複雑にして、その境界は雲形を呈し、且腐蝕するも容易に顯れず、甚しき時には、殆どこれを認め得ざることもある。

而して結晶粒が如何なる條件の下に何れの形を取るやは、原材、原材の熱処理、冷間壓延率、焼鈍温度時間等により異なるものにて、その間の影響を一般に明確にすることは困難であるが、ここに取扱つた材質にあつては、大體次の如き關係が認められる。

(1) 龜甲形となる場合

- (a) 炭素量 0.1% 以下の低炭素の場合は、冷間壓延後、700°C 以上の温度にて焼鈍すれば、容易にこの組織となる
- (b) 炭素量その他の條件にかゝらず、冷間壓延後 850°C 以上の温度にて十分焼鈍せるもの。
- (c) 冷間壓延前 850°C 以上にて十分焼鈍したるものを冷間壓延後 700°C 以上の温度にて焼鈍せるもの。

これを概括的に見るに、冷間加工後再結晶容易にして、結晶の成長を伴ふ如き條件に於て焼鈍されしものはこの組織を示すものと見られる。瑞典材製品は、炭素量 0.2% 以上にて何れも此の組織を取り、又これに冷間加工を加へ、焼鈍を行ふに、頗る容易にこの組織に復するものであつて、本質的に均一龜甲狀組織を取り易いものと認められる。

(2) 諸形となる場合

- (a) 普通の状態にて熱間壓延を行つたまゝのものは、常にこの組織となる。但しその程度は、炭素量多き場合甚しい。
- (b) 熱間壓延を行つたまゝのものを、やゝ高率(40~60%)に冷間壓延し、これを 800°C 以下で焼鈍せる場合、又時間の影響として、かゝるものを 800°C 8h までの焼鈍を行つたのに、形の變化殆どなく、又粒の成長も殆ど認められなかつた。
- (c) 冷間壓延前焼鈍せるものを、高率の冷間壓延を行ひ

後 750°C 以上 800°C 程度の温度にて焼鈍せる場合。但しその程度は焼鈍時の加熱時間の影響を受け、長時間加熱後焼鈍せるものは龜甲形に近くなる。

これを概括的に見るに、本質的に粒の成長の困難なる條件にある原材を、冷間壓延後 A₃ 點以下にて焼鈍せる場合に生ずるものにして、かゝる組織のものは、かゝる焼鈍温度にては、粒の成長は殆ど認められない。本組織のもの特性は、瑞典材並に龜甲狀となれる電氣爐鋼と比較し、後節に詳記することにした。

(3) 雲形となる場合

- (a) 熱間壓延のまゝのもの、又は焼鈍せるものを、30% 程度以下の低壓延率にて冷間壓延し、後 800°C 以下にて焼鈍せる場合、かゝる場合には、この雲形結晶粒内に頗る微細な小結晶粒が多く混在して居り、その微細結晶粒は、時間と共に大結晶粒に吸収され、その跡にパーライトを残留する。
- (b) 冷間壓延前焼鈍せるものにて、冷間壓延後、700°C 以下の低温にて焼鈍し、再結晶せしめたるもの。

これを概括的に見るに、材質としては、粒の成長容易なるものを冷間加工後、結晶粒の成長に不十分なる條件の許に焼鈍されし場合に、本組織を示すものと認めらる。この組織のものは、最終製品としての使用上、龜甲形のものに劣るものである。

次にパーライトの形状分布に就て見るに、これにも種々製造加工工程により變化をなすものであるが、冷間加工前に高温長時間の焼鈍を行ひ、且極く徐冷して、パーライトを大きく析出したものは、加工後 A₃ 點以下で焼鈍すれば、そのパーライトは、延びた形で大きく、且フェライトの粒子とは、全く關係なく、獨立して分布して居る。熱間壓延のまゝか、又は焼鈍して、最初のパーライトの分布を細くしたものは加工後 A₃ 點以下で焼鈍すれば、パーライトは結晶粒の境界に沿ひ細く分布するか、又はセメントタイト

が球状化されて、結晶粒子間に境界に近く細く分布することになる。

以上の実験より結晶粒の大きさ、形状均一性並にパーライトの分布等が瑞典材と同様にて7番程度の細粒のものを得る製造工程を定めんとするに、次の如き方法が選ばれるのである。

- (1) 總て冷間壓延前焼鈍を行ふ、焼鈍温度は 850°C 乃至 900°C にて焼鈍は後鈎焼函のまゝ空冷する。
- (2) 冷間壓延の壓延率は 50~60% とする。
- (3) 最終光輝焼鈍は 750°C 前後にて行ふ。

なほこれ以外にも、勿論適當な組合せも考へ得るものであるが、熱處理設備の問題、製作上の能率の問題等より、上記の方法をこゝに採用することにしたのである。

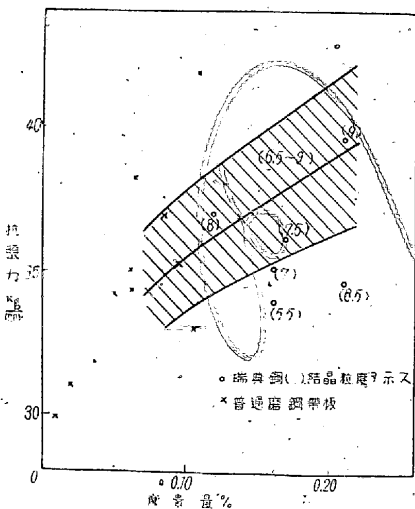
IV. 製品の特性

本鋼板の如き用途に供せらるゝものにあつては、規格に示された如き、普通の機械的性質のみでは不十分であつて、鋼板の疲勞、疲勞變形又は H. K. Work & S. L. Case⁵⁾ の所謂 Sensitivity to Cold Work 等の問題をも研究する必要があるが、これらに關しては、目下研究中のものが多いので、こゝでは先づ普通の機械的性質に關してのみ報告することとした。

鋼板の性質に對し大なる關係を有する因子としては、製鋼法(原料の性質をも含む)、化學成分、並に加工、熱處理により與へられた組織等と、製品の厚さ並に方向等による形状上の問題が擧げ得るのであつて、その間實際問題として最も重要なもの二三に就て試験結果を述べ、この種軟

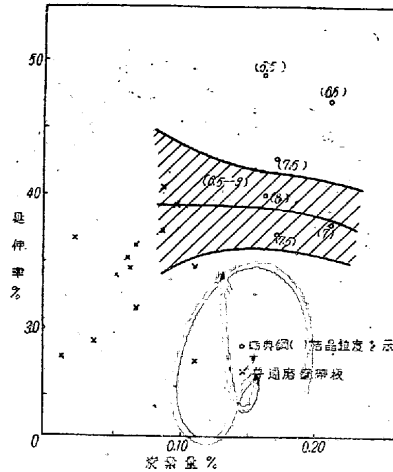
鋼板の特性を比較することにした。

(1) 炭素量の影響 他の化學成分は概して微量であり、これをそれぞれ分類して、その影響を知るべき努力は行はなかつた。こゝでは主として最も影響の大きな炭素量に就て



第4圖 抗張力に對する炭素量の影響

のみ吟味した。第4圖並に第5圖は前記の製法にて、工業



的に製造されたもの約120例に就て行つた結果を一括したもので、斜線を記入した範圍がそれである。これによつて見るに炭素量の減少は、當然抗張力の減少を來して居る。而して延伸率は、これと反對に増加すべく考へられるのであるが、實際はかゝる製鋼法並に加工熱處理を受けたものでは、増加するものもあり、又第5圖の如く反對に減少するものもあつて、その平均値は 0.16% 以下では、あまり變化がないことになつて居り、その範圍は次第に上下に擴つて居る。前述の如く、低炭素のもの程、冷間加工、並にその前後に於ける熱處理の影響を受けることは僅であるので、かゝる結果の得られる理由は、製鋼時に於て低炭のものゝ製造に種々無理のある爲、一樣な製鋼が困難となることによるものと見られるのである。

なほ圖には瑞典材並に森寺氏⁶⁾による市販の國産並に外國製美裝鋼板の性質も記入した。これによつて見るに、本製法によつたものに比較し、瑞典材は、抗張力は多少低く、延伸率が大きとなつて居り。普通鋼系鋼板は抗張力は大差ないが、延伸率に於て相當低いことが認められる。

(2) 鋼板の壓延方向並に厚さによる影響

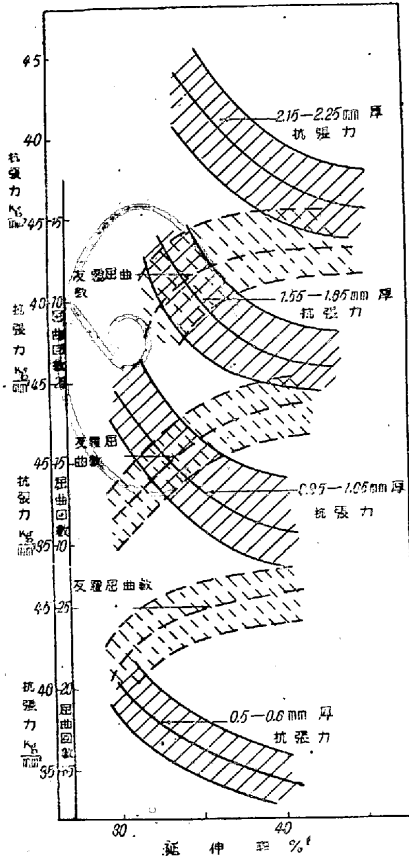
一般に鋼板の機械的性質は、壓延方向並に厚さによつて相當の相違が認められて居る。先づ壓延方向に就て見るに、壓延の方向では、これに直角の方向に比較して、抗張力がやゝ減じ、延伸率が増加することが、一般に認められて居る。今 各種鋼板に就て、その差の相違を見るに、10 數本の試験結果として、第5表の如き相違を認め得た。但し同表にて抗張力は何れも横方向大、延伸率は何れも縦方向

第 5 表

鋼種	組織	粒度番	抗張の相違率%	延伸率の相違率%
瑞典材	龜甲形	6~8	2~3	3
普通鋼	龜甲形	5~6	3~6	5~8
電氣爐鋼	龜甲形	7~8	2~3	4
電氣爐鋼	諸形	7~9	3~7	6~10

⁶⁾ 森寺 前掲

⁵⁾ H. K. Work & S. L. Case: Trans. Amer. Soc. Metals. 1939, 771.

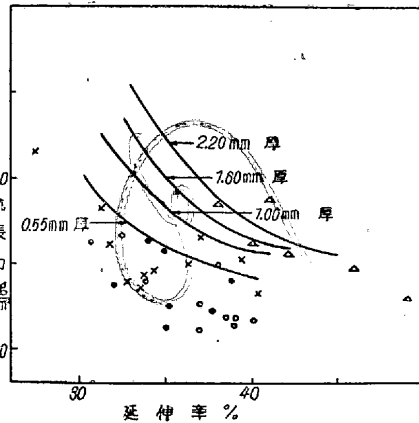


第6圖 厚さの機械的性質に及ぼす影響

大體これに近く、普通鋼は龜甲組織であるが、延伸率に於て相當の相違を生じて居る。又諸形組織のものは延伸率に於て特に方向性が甚しい。

次に厚さによる影響を見るに、これも板材として、當然厚さにより種々の機械的性質に相違を生じて居る。この相違は薄きもの程著しく、抗張力並に延伸率が共に影響されるので、こゝでは各種の厚さに就き、抗張力-延伸率の關係曲線を求め、これを比較することにより、厚さの影響を總括的に知ることとした。第6圖はここに述べた製造法による鋼板炭素量0.10~0.18%のもので、同一厚のもの數10個に就き求めた抗張力-延伸率並に反覆屈曲回数-延伸率の曲線である。その價は、幾多工業的製品に就いて行つた結果であるので、相當の擴りを有するが、厚さによる差異は明かに生じて居る。今その平均曲線を比較したものが、第7圖で、あつてこれには瑞典材、美裝鋼板並に普通鋼を原材とせる市販の磨鋼帶板等をも比較の爲、點として記入して置いた。

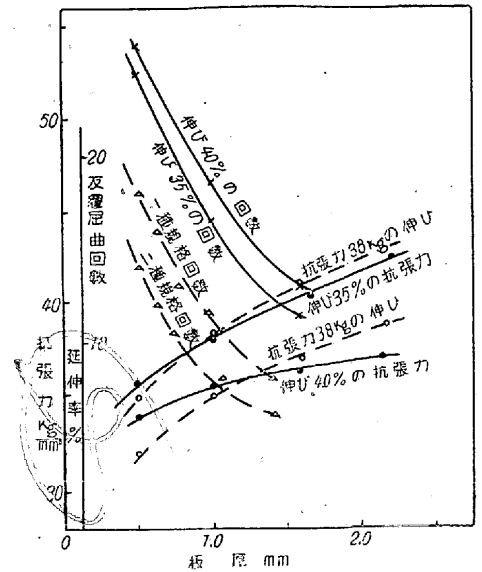
この曲線は、その材質の一つの特性線とも見られるものであつて、同一厚さにて圖の右上に進む程、材質の優秀性を増すことになる。これによつて見るに、本法による鋼板は瑞典材に近く、普通鋼系のものより相當優秀なることが



- △ 瑞典高級鋼帶厚 0.6~1.0
- × 外國製 美裝鋼板厚 1.1~1.3
- 製鋼所 磨鋼帶板厚 0.9~1.5
- 市販磨鋼帶板厚 0.9~1.5

第7圖 抗張力-延伸率關係の比較

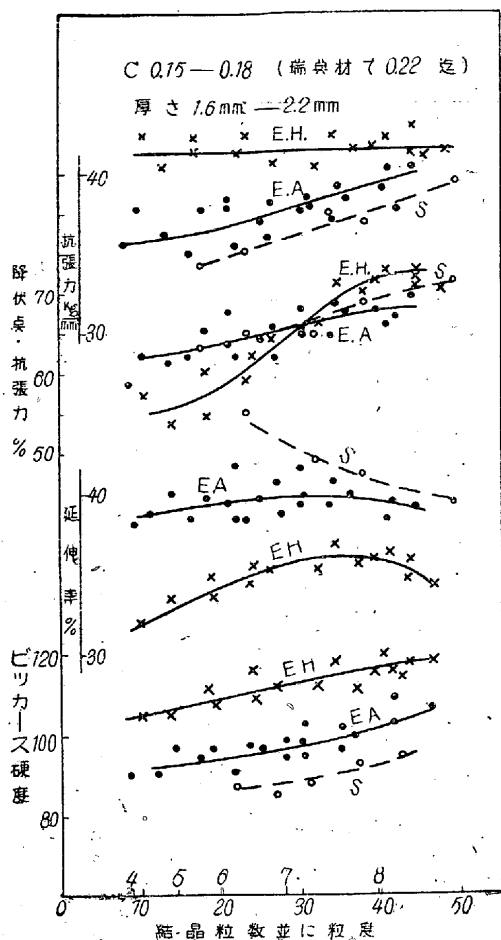
大である。これによつて見るに、瑞典材は最もその差僅少であつて、電氣爐製鋼で龜甲形となれるものは、



第8圖 厚さの各性質に及ぼす影響の比較

認められるのである。次に板の厚さの影響として、同一抗張力の時の延伸率、又同一延伸率を有するもの、抗張力を、第7圖の平均値より求めるに、第8圖の如くなり、厚さの影響は抗張力に對するより延伸率に對しより鋭敏なることが認められる。又同圖には、同一延伸率のものに就き、反覆屈曲回数の厚さによる變化を求め、これを規格の回数に比較した。これによつて見るに、延伸率35%にて、何れの規格よりも遙に良好なることが明かである。

(3) 組織と機械的性質との關係 前節に述べた如き組織、主として結晶粒の大きさ、並にその形が如何に機械的性質に影響するかを知る爲、工業的に製造されたものに就て實驗を行つた。炭素量は0.15~0.18%のものを取り、熱間壓延のまま、冷間壓延を行つたものと(試料記號 E. H)、前節に述べた焼鈍を行つて後、冷間壓延を行つたものとの(試料記號 E. A)兩者に就き、冷間壓延率並に焼鈍温度等の相違により、粒子の大小を生じたもの各10數例に就き試驗を行つた。粒子の形は、E. Aの方は大體龜甲形、E. Hの方は粒度大體7番より小なるものは雲形、それより大なるものは、諸形に屬するものであつた。又比較の爲に、既製瑞典材も、その粒度により相違を調べたものに就て併記した。勿論瑞典材の粒子は、龜甲形である。抗張力、降伏點、抗張力、延伸率、硬度等に就て求めた價は、結果として第9圖に示す如くである。(試料は何れも横方向を採る)次いでこの結果に就て吟味するに、抗張力にあつては、E. Hは殆ど結晶粒度の大小に影響されない。E. A並に瑞典材 Sは粒が細くなる程増加して居る。その増加の傾向は、兩者相似であるが、E. Aは Sより多少炭素量低きにかゝらは



第 9 圖 結晶粒度と機械的性質

ず、Sよりやゝ高い値を取つて居る。降伏点を抗張力で除したものは、E. A と S は殆ど一致し、粒が細くなる程増加して居る。E. H は粒度 7 番附近で急激にこの値を増加して居る。その理由は、前述の如く、試料の粒子の形が變つて居ることによるものと見られる。延伸率に於て S は粒の大な程、これを増加する傾向にあるが E. A には僅に E, H には相當甚しく減少して居る。E. A と E. N にて延伸率の相違は相當大である。次に硬度を見るに、これは何れも粒が細くなる程増加して居り、それぞれの差は、相當甚しく認められる。

この實驗によるに、組織を龜甲形となすことは、かゝる鋼板としては、頗る重要なことが認められる。然し本法の如き鐵屑を原料とし、電氣爐製鋼を行へるものは、同一粒度並に粒形とするも、なほ瑞典材と同様とならず。概して硬く、抗張力大にして、延伸率の低下が明かである。その理由は成分的に見てマンガン並に銅が大なることも考へ得るが、やはりそれ以上に本質的の相違が、なほ存在するものと信ぜられるのである。

然しかゝる程度の相違が、實際製品として實際使用上支

障を生ずるや、否や、今日なほ工業的製造の日淺くして、十分に承知し得ざるも、今日までの處、別して瑞典材に比較し遜色あるを聞かないのである。

V. 結 論

普通の鐵屑を電氣爐にて製鋼し、これに適當なる加工並に熱處理を加へ、從來輸入され居りし瑞典材に匹敵する高級軟鋼板を製造せんとし、その製造過程に生ずる變化並に製品としての性質を、瑞典材と比較研究した結果を、結論として述べるに、次の如くである。

瑞典材の性質を見るに、不純物並に非金屬介在物少く、組織は均大にして、微細な龜甲形フェライト粒よりなり、これに共析セメントイトが、細きパーライトとして分布するか、又は球狀化して、フェライトの結晶粒界に近く、細かく分布して居る。而して柔軟にして、常溫加工容易、極度の深絞り加工に耐へ、絞り加工後の性質も頗る良好である。

鐵屑を原料とする電氣爐製鋼にても、その製鋼、加工、熱處理に注意すれば、成分的に多少マンガン量が増加するだけで、組織は大體同一のものを製造し得ることを知つた。而してかくして作られた製品を、瑞典材に比較するに、材質の抗張力、延伸率兩者を含めた抗張力-延伸率曲線では、概略的に大體兩者一致した價であるが、これを同一程度の炭素量、組織、粒度のものに就て比較するに、瑞典材に對し、やゝ抗張力並に硬度大にして、延伸率が小となつてゐる。たゞ降伏點/抗張力の價は大體一致する。これらの關係は、本法によれるものには成分的にマンガン並に銅の含有量が多いと、云ふことも考へ得るが、なほ原料製鋼關係より來る影響も、相當あるものと信ぜられるのである。然しこれを現在の普通鋼系鋼板に比較する時は、相當優良なものであり、遙かに瑞典材に近く、實際の冷間加工並に加工後の製品の良否に於ては、本法によるものは瑞典材より多少低炭素量のものを探ることにより、優にこれに代用し得ることを確信し得るのである。

本研究の一部は大阪帝國大學産業科學研究所にて行ひしものである。本研究に關し、種々有益なる助力を賜はりし東洋ベアリング株式會社に對し、又本文の公表を許可されし徳山鐵板株式會社に對し、ここに深甚なる謝意を表するものである。