

ピアノ線材製造に就て

(日本鐵鋼協會昭和17年度第6回講演會講演 昭18.1於東京)

川上義弘*・吉野政次*

ON THE MANUFACTURE OF PIANO WIRE

Yoshihiro Kawakami, Kôgakuhakushi, and Masazi Yosino

SYNOPSIS:—Piano wire plays an important part at present as the material steel wire in the manufacture of various kinds of high grade springs for arms. Before the Daitôa-Sen (the War for the Greater East Asia) we have depended solely on Swedish steel for the material of piano wire. In these circumstances we, as a member of the Nihon Gakuzyutu Sinkôkai (Committee for the Encouraging Scientific Research of Japan), by the demand and support of military authorities, and with the support of Dr. Tawara, the chair-man of the committee, and that of other participants, have made efforts to make it at home. After more than fifteen times of tests and investigations, we at last succeeded in manufacturing piano wire as excellent as that of Swedish made.

Now we, as one of the cooperative technicians, first report on the characteristics of piano wire and the Japanese Engineering Standard for it, and then on the necessary properties and the processes of manufacturing of the material for piano wire, and lastly on the effect of the various factors in the raw material and working.

目次

- I. ピアノ線の規格並にこれが原料線材の性質及び規格制定の経過
- II. ピアノ線材の製造概要
 - 1. 原料 2. 製鋼法 3. 歴延法 4. 検査法
- III. 二三の基礎的研究
 - 1. 製鋼原料に関する二三の實驗 2. 不純物たる銅に関する研究 3. その他
- IV. 結論

I ピアノ線の規格並にこれが原料線材の性質及び規格制定の経過

今日は非常にお寒い所多數御参集を下さいまして洵に感謝に堪へぬ次第であります。厚く御禮を申し上げます。

演題にありますピアノ線材に就ては後から段々述べます通り、なかなか製造に困難なものでございます。概して發條の材料になりますが、この優秀な發條がありませんなら

ば目下活動して居ります飛行機といひ、戦車といひ、潜水艦といひ、全く活動が出来なくなるのでありまして、非常に重要なものであります。この重要な材料の研究を命ぜられまして、協力者の非常な努力に依りまして、或る程度まで自信を得て製造をすることが出来ますことは洵に仕合せでありまして、尙本協會の懇意に依りまして本日その結果を取纏めましてここに発表すると云ふことは洵に光榮であり、且感謝をする次第でございます。現在他所に於ても同様の研究を始められて居られることと存じますが、この研究は恩師依國一先生を委員長と致して居ります、日本學術振興會の小委員會に端を發しまして、部下は勿論、神戸製鋼所内の關係技術者、又ピアノ線に仕上げます爲には東京製鋼、關西製鋼等に於ける關係技術者の非常な御努力に依るものでありまして、私が本夕發表致しますことは全くそれら各位の御骨折であります。私は全般に互つて關係致して居りますことから、これを取纏めてお話をすることに過ぎ

* 神戸製鋼所

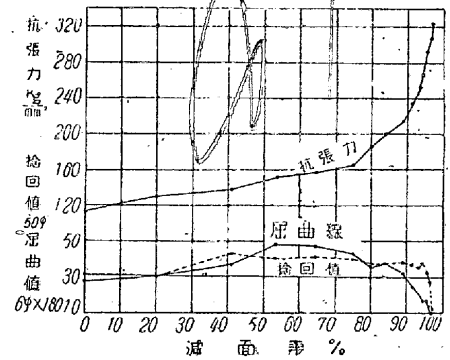
ません、この意味に於きまして協力者の皆様に厚く御禮を申上げる次第であります。

本日の講演はこの目次の通りでございますが、時間の都合等もありますので、第 I 項、第 III 項、第 IV 項を私自身でやりまして、第 II 項は本日この席に来て居ります私の部下の吉野技師——この方は初めからピアノ線材に關係致しまして、よく現場と連絡を取り、殊に線引作業にまでタッチして居る者でございますので、この方にお願ひ致します。悪しからず御諒承を願ひます。

それでは只今から本講演に移りますが、その前に一寸申上げて置きますが、このピアノ線の製造に就きましては支那事變以前に於きましてはその大部分がピアノ線としてスウェーデンやドイツから入つて居ります、又一部分は線材として外國から入りまして、これを線引きの會社、先程申した東京製鋼或は關西製鋼、さういふ所でこれをピアノ線に致して居つたのであります。我國に於けるピアノ線の製造はここ數年來のことでありまして、初に申上げました通り高抗張力用の線材の研究が必要でありまして、俵先生を委員長とする小委員會が設けられまして、その結果委員諸君の御盡力に依りまして漸く品質的にも數量的にも自信あるものを得たのでございます。目下の時局に即應して大變に欣んでをる次第であります。併しながらピアノ線の質的向上に關しては、まだ現状を以て満足であるとは言へないので、尙著々と研究を進めて居ります。更に神戸製鋼所のみならず、陸海軍部とも御指導の位置に立たれまして着々これらの研究を進めて居る次第でございます。

先づピアノ線の定義から申します。一體ピアノ線といふものはどういふ所から起つたものであらうかといふので、いろいろ字引等を調べて見たのでございますが、どうも從來ピアノのやうな樂器に張りのある鋼線が要る。さういふ意味でピアノ線といふ名前を附けたらしいのであります、逆にピアノ線といふものは非常に張りの強い、即ち高抗張力のある鋼の線を意味するものでございます。この非常に張りの強い線を造るにはどうしたらよいかと申しますと、特殊な元素を入れました特殊鋼、さういふものに熱處理を加へたならば、相當高抗張力のものが得られるといふやうに考へられますが、これは中々難かしいこととございまして、今までのピアノ線は抗張力が 250~300kg でございましたが、時代の進歩と共に現在では 350~400kg 位までの抗張力のものがあります。更にそれよりも高い抗張力のものが得られてをるといふやうなことも耳に入つてをりま

す。かういふ風なものは到底特殊元素を入れて熱處理に依つて得ることは困難でありますので、別の方法を用ひてをります。それは所謂パテンチングと申しまして、線材を A₁ 變態以上の温度で熱して置きまして、それを 400~600°C の温度を有する鉛、或は鹽類のバスの中に漬けまして、若干時間置きまして、例の等温變態即ち、この温度範圍ではペーナイト變態を行はせませう。さうしますと極く伸びる性質のあるソルバイトの組織を得ます、それを常温で數回乃至 10 數回ダイスで引いてやりまして、常温加工に依りまして抗張力が段々上つて參ります。



C=0.85, Mn=0.30, Si=0.20%

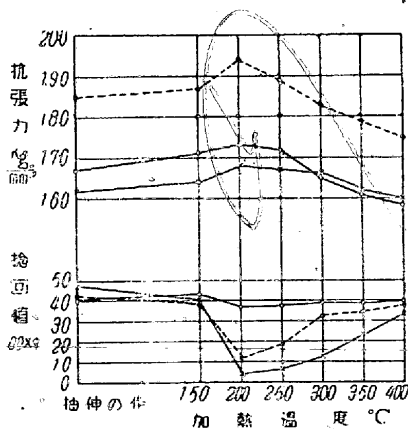
第 1 圖 抽伸加工に於ける機械的性質の變化

これは炭素が 0.85% マンガン 0.3% のピアノ線であります、こちらは、常温加工に依つて断面を減じて行きますと、どんどん抗張力が上つて參ります。併しながら屈曲並に撻回、この値は餘り變りありません。却て、非常に減面率が多くなりまして 90% 以上になりますと段々脆くなつて參ります。非常な抗張力を要する場合にうんとやりまして 96% かういふ風に断面を收縮させる場合もございませう。そこでかういふ風に鋼を常温加工をやりまして段々抗張力が上つて參りますので、從來はカーボン量が 0.6 位のものを冷間加工をやりまして、抗張力が高いから、これをピアノ線であるといつて出して居つた場合もあるのでございませう。従てピアノ線としても良いもの、悪いものもあります。昨年商工省當局でピアノ線の價格を決める場合にはそれでは大變不便であるといふので、やはり俵先生を主査と致しまして日本に於ける關係技術者を以て委員會を組織しまして、色々討議致しました。その結果ピアノ線といふものは高級發條用の鋼線である、といふやうなことに定義されましたのでその品質は極く優良でなければならぬ。従つて今までロープ等に使つて居りました所の鋼線はピアノ線とは申しませう。最近敵の飛行機を妨害する爲に緊留氣球が澤山揚つて居ります。あれの鋼線あたりも非常に良

いもので、ピアノ線と同じやうなものでありますけれども、あれもこれから除かれて居る次第であります、

只今申上げましたことで大體ピアノ線といふのは、かういふものだといふ概念を申しましたが、更に一層詳しくピアノ線の性格に就て申述べます。即ちピアノ線といふものはどういふ条件を持つて居るものでなければならぬかといふことを申上げます、それには機械的の性質、それから表面に色々の要求がございます。機械的性質で申しますと先程申しました通り、抗張力が高いと同時に脆くてはいけません。十分靱性を持つて居るといふことが必要であります。従てピアノ線を作る材料は最も優秀なる線材でなければならぬといふことになります。

次に最も優秀な線材を使ひましても、加工技術が悪ければ立派なピアノ線になりません。もう一つピアノ線として必要な条件は、単に高抗張力であるのみならず、或る温度に對して脆くなる性質があつてはいけない。それは御承知の通り、ピアノ線は發條の材料でありますから、發條になりました時に加工に依る歪を取ります。又發條の弾性限を上げる爲に 200~400°C の温度にこれを加熱するのであります。ピアノ線が脆くなつては發條になりません。このことを低温加熱といつてをりますが、この處理を受けても脆くならないといふことが必要であります。こゝにその例を擧げてあります。



第2圖 ピアノ線低温加熱後の抗張力及び捻回値の變化

これは色々炭素量の變つたものでありますが、或る炭素量のもは温度を上げて一向脆くなりません。所が或るものは 200°C 位になると下つて来る。かういふ風に 200~400°C に加熱して捻回とか或は屈曲等の性質即ち靱性の下つて来るやうなものはピアノ線ではないのであります。どうしてかういふ風に温度を上げて脆くならないものも出来るし、或る場合には脆くなる、といふやうなことは未

だはつきり分つて居りませんが、脆くなるやうなものは發條にした場合耐疲労性に對して非常に危いのであります。

それでありますからピアノ線は單に機械的性質が良いのみならず、低温加熱をやりましても脆くならない、といふ性質が必要であります。その他表面の狀況が極めて大事でありまして、正しく丸くなること、表面に疵がないこと、或は表面脱炭がない事等が必要であります、發條に依りますと、或るものは毎分數千回も伸縮致します。さういふやうな場合に表面の缺陷で以てそこが疲労の原點となつて破斷するといふやうなことがありますので、前に申しましたやうに、表面の狀況も非常に大事であります。第1表は或る

第1表 發動機用發條の折損原因調査結果

調 査 數		24 ケ	%
原 因	表 面 疵	7	29
	表 面 脱 炭	2	8
	ス ラ ッ グ	2	8
	組 織 不 良	10	42
	不 明	3	13

(某航空機曾社發表)

航空機曾社で發條の折損した時にその原因を調査したもので、御覽の通り表面疵 29%、脱炭8%、かういふ原因になりますから、表面を十分に仕上げなければならぬ難かしいものであります。

それならば外國から來たピアノ線は、どんな性質を持つてゐるだらうかといふ例がここに掲げてあります。

第2表 輸入ピアノ線の機械的性質

線徑 mm	焼鈍温度 °C10mn	抗張力 kg/mm²	捻回値 100×φ	屈曲回數 R=10
5.40	入手狀態	159.0	33	10
	380	150.8	6	9
4.47	入手狀態	170.9	25	14
	380	157.4	22	11
4.05	入手狀態	162.1	27	19
	380	152.9	20	14
3.67	入手狀態	164.7	31	19
	380	157.1	25	15
1.84	入手狀態	230.8	22	16
	380	216.5	17	14

これは外國の 5.4 mm のピアノ線で、入手の儘で試験を致しますと、抗張力 159 kg、捻回値 33 で屈曲回數の方は萬力等に挟みまして、90° 曲げる事を 1 回にして居りますがかうなつてをります。先程申しました通り、辨發條の低温度を 380°C と假定してやつて見ますと、靱性の下るものもありますが大概は下りません。下るものはピアノ線として良いものでないといふことになります。

次にスエーデン材の化學成分でございます。

第3表 瑞典材の化学分析例

瑞典材	化学分析%					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
フホース社製	0.79	0.22	0.33	0.023	0.011	0.03
サンドヴィック社製	0.75	0.27	0.26	0.022	0.005	0.02
ヘレホース社製	0.84	0.24	0.32	0.018	0.006	0.01
ウッドホルム社製	0.85	0.16	0.54	0.027	0.010	0.03

御覽の通り極く優良な線材を使つてゐることがこれで分ります。炭素量は大體 0.8% から 0.8% 位になつてをりまして、殊に注意すべきものは磷や硫黄が非常に少い。又珪素も少い。殊に銅が 0.03%, 0.01% といふやうに非常に少くなつてをります。尙注意すべきは同じスエーデンの材料でも、上の方の三つはマンガンが大體 0.30% といふ所がありますが、一番終りのものは 0.54% 入つてをります。これは後で申上げますが、マンガンは大分考へなければならぬといふことになつてをります。

第4表 ピアノ線臨時日本標準規格抜萃

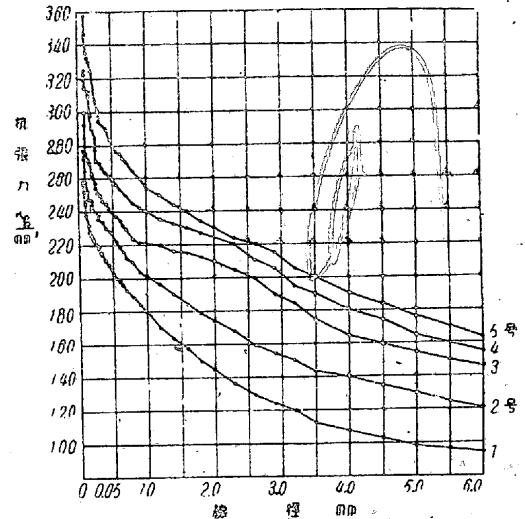
線径 mm	種別	抗張力 kg/mm ²	捻回値 100×φ	屈曲回数	
				半径 10mm	半径 5mm
6.00	1 號	94	線径 2.6mm 以上 種別、捻回値 1 號20(20) 2 號20(20) 3 號20(15) 4 號20(10) 5 號20(5)	5.0mm を超ゆるもの5回	—
	2 號	121		4.0mm を超え	—
	3 號	145		5.0mm 以下5回	—
	4 號	155		2.9mm を超え	—
	5 號	165		4.0mm 以下10回	—
4.00	1 號	108	線径 2.6 mm 以下 種別、捻回値 1 號25(25) 2 號25(25) 3 號25(20) 4 號25(15) 5 號25(10)	—	2.0mm を超え 2.0以下 8回
	2 號	140		—	1.6mm を超え
	3 號	165		—	2.0mm 以下12回
	4 號	180		—	1.0mm を超え
	5 號	190		—	1.6mm 以下20回
2.00	1 號	145	—	—	0.7mm を超え
	2 號	175		—	1.0mm 以下30回
	3 號	210		—	—
	4 號	225		—	—
	5 號	230		—	—
1.00	1 號	180	—	—	—
	2 號	203		—	—
	3 號	221		—	—
	4 號	240		—	—
	5 號	255		—	—
0.50	1 號	204	—	—	—
	2 號	225		—	—
	3 號	240		—	—
	4 號	260		—	—
	5 號	280		—	—

註：() 内は 200°C に加熱後測定せる値なり。

それで先程申しました俵先生が委員長となりまして、臨時日本標準規格といふものが出来ました。要するにこの標準規格に依りますと、1 號から5 號まであり、線径 6mm のものは抗張力が1 號では 94, 5 號では 165kg なければならぬ。それと同時に靱性を表はす捻回値が制定してあります。即ち線径 2.6mm 以上のものは1 號, 2 號は 200°C

に加熱しても靱性が下つてはいけぬ。併しながら 3, 4, 5 號の方はさうも行きませんので、抗張力も非常に大きいから3 號は 15, 4 號は 10, 5 號は 5 まで靱性が下つて宜しい。だからこの規格は非常に進歩した規格でありまして、ピアノ線を買ふ時にはこの標準を以てすれば、思ふ品が直ぐ手に入る譯であります。

尙 この規格に依りまして色々線径と抗張力とをプロットして見ますと第3圖の様になります。



第3圖 ピアノ線の線径と抗張力との關係

それで大體現在決められたピアノ線の規格も御分りと思ひますが、これに依つて見ますと、良いピアノ線を作る爲には、加熱後の捻回数の低下を防ぐことと、表面疵、表面脱炭の發生を防ぐこと、かういふ二つの點が大事な問題でございます。これらは要するに良いピアノ線材を作る。それから抽伸加工技術を立派にやる。かういふことになりまますので、目下線引會社でも盛に研究されて居ります。吾々のやうに線材を造つてゐる所でも、捻回数の低下を防ぐやうな良い材料に就て研究中でございます。

前に述べましたのはピアノ線の規格であります。これから述べますのはピアノ線材の規格でございます。ピアノ線材は極く優秀でなければならぬ。それならばどういふ条件が必要であるかといふと、材質的には偏析の存在せざること、非金属介在物の少いこと、オーステナイト粒度の均等、これらことに留意して第2項に於て述べます製造の所で十分注意をしてやつて居ります。又壓延技術の方では真圓度を得るやうにする。前に申しました疲労の原因になる表面疵、脱炭の存在せざること、かういふことを注意して製造をやつてゐる次第でございます。

第5表 ピアノ線材の化學成分 (臨時日本標準規格)

種別	記號	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
第1種	SPR.1	0.60~ 0.75	<0.35	0.40~ 0.60	<0.030	<0.030	<0.15
第2種	SPR.2	0.75~ 0.85	"	0.30~ 0.60	"	"	"
第3種	SPR.3	0.85~ 0.95	"	"	"	"	"
第4種	SPR.4	0.95~ 1.05	"	<0.40	"	"	"

そこでピアノ線材の規格もやはり同じ委員会で決定されて、これは1種から4種まであります。ここで注意するのは、4種はマンガンが0.4%以下でなければならぬやうに定められたのであります。そこでこれを一寸申しますと、炭素量は大体0.65~1.05%になつて居ります。詰りかういふ線材を使ひまして、先程の1號から5號までのピアノ線を作るのでございます。現在は或るピアノ線を作るのに第2種を使つても造れますが、第3種を使つて造れるのであります。線引が段々進歩して参りまして、かういふ炭素量であれば何度でパテチングをやればかういふものが出来るといふことになれば、この點は簡單になるだらうと思ひます。ピアノ線材の品位も第6表にあります通り、

第6表 ピアノ線材の品位

線材の徑 mm	寸法の公差 mm	表面疵の深さ mm	表面脱炭の深さ mm
5.5	± 0.40以下	0.10以下	0.07 以下
7.0			
8.0			
9.5			
12.0		0.12 以下	

寸法の公差は0.4mm以下、表面疵の深さは0.1mm以下、脱炭は0.07mm以下が必要であります。これ以上でありますと先程申しました通り、發條になつた場合に工合が悪くなります。普通の鋼線の方であれば0.1mm以上になつて居りますが、ピアノ線材は特に難しく出来てをるのでございます。そこでマンガンをありますが、これはパテチングの際に焼入効果を良好にします。線徑が大きいものに於きましても均一のソルバイトを得るので、大變結構な元素でございますが、第4種のように炭素量が高いものに、マンガンを餘計入れると焼入効果で極めて硬くなります關係で、第4種に限つて炭素量が下つてをります。第1種乃至第3種のマンガン量はこの位に致して置きますと、普通の製鋼作業でも容易に得られるといふ點から決つてゐるのであります。

第I項はこれで止めて置きます。あとは吉野技師に製造の概況に就て説明致させます。

II ピアノ線材の製造概要

神戸製鋼所の研究室に在職して居る吉野でございます。ピアノ線材の製造概要を申し上げたいと思ひます。先程御説明のありましたやうに、神戸製鋼所に於きましてはまだピアノ線材の経験も浅いのでございまして、これからの時代ではございしますが、漸く或る程度の多量生産の域にも達しまして軍當局の御満足も或る程度は満して居る状況であります。

1. 原料

先づ原料に付て申し上げますが、先程の御説明の如く、ピアノ線材としては極めて品位の高いものが要求されてをりますが、これに對して原料が優良であることが必要になつて参ります。尙この原料に就きましては従來からピアノ線は化學成分が同一でありましても、その原料の如何に依つて線引性が變つて来る。従てその得られたピアノ線の性質も變つて来るといふやうに申されてをります。さうしてスエーデン材がこのピアノ線に於きましては最も優秀なものであるとされてをります。御承知のやうに、スエーデンに於ては原鑛石も良好で、木炭を以て還元してゐるといふことであります。鋼の精鍊は酸性平爐に依つて行はれてゐるさうでございしますが、兎に角非常に所謂處女性といふものが極めて高いやうであります。この處女性に就てはその本質はどういふものか、學術的に詳細にされてゐないと存じますが、要するに鐵鑛石の品質が良好で、且木炭還元であるといふやうなことが根本的の要因になつてゐるかと思ひます我國に於てはかういふやうな優良な原料といふものは仲々入手し難いやうであります。第7表に掲げてありますものは玉鋼、砂味鑛でございしますが、これは山陰地方に於て陷

第7表 本邦産特殊原料の化學成分例

種別	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
玉鋼	1.22	0.03	0.01	0.016	0.005	痕跡
砂味鑛	1.37	0.17	0.01	0.038	0.004	"
鑛銑	0.84	0.11	0.02	0.024	0.006	"

鑛吹きにより、砂鐵を木炭に依つて還元して出来てゐるのでございしますが、その節出て参ります主な製品の玉鋼の副産物として出て参るものが錳でございします。こゝに御覽のやうに珪素マンガ、磷、硫黄もさうですが、尙銅等の不純物が少くて、極めて優良であります。併しかういふものは多量に入手するといふことは殆ど困難でありまして、

これを以て現在の多量生産に應ずるといふことは、殆ど不可能のこととございます。

それで只今神戸製鋼に於きましては、ピアノ線材の製造に當りましては、滿洲國の昭和製鋼で出來ます、鋼片屑を原料としてをります。これは平爐鋼でございますが、その鋼片屑を原料としてをります。これは勿論高爐に於きまして、還元剤はコークスでございますが、高爐及び混鉄爐を経て平爐で精鍊されます場合にのみ僅かなスクラップが混入される程度で、それも同所内の發生屑でありますから、極めて不純物混入の機會が少い。この點に於きましてピアノ線材の原料としては、本邦に於て優秀なものではないかと考へてをります。

その成分を申しますと、第8表の様になつてをります。

第8表 昭和製鋼所製平爐鋼の化學成分例

原料	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
昭和製鋼々片	0.91	0.16	1.00	0.018	0.049	なし
	0.58	0.17	0.78	0.006	0.021	痕跡
	0.26	0.01	0.47	0.010	0.038	なし

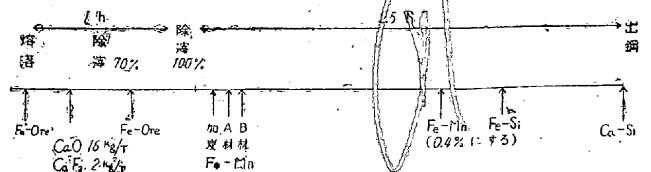
この中で注目すべきは磷は少いが硫黄が、還元法の關係が非常に高いのであります、炭素、珪素、マンガン量は、やはり入手の度毎に變つて参りまして、均一ではございません。最も特長とすべきものはピアノ線に於きまして從來いろいろ缺陷の原因として考へられてをつた銅が痕跡程度しか含有されてゐない事だと思ひます。かやうな昭和鋼片を現在ではピアノ線材の原料としてをります。この原料が良ければ、ピアノ線材の製造も樂でございますと同時に、又このピアノ線材の抽伸加工も容易となるのでございます。容易であるといふことがやはりピアノ線の品質を容易く得せしめるといふことになりまして、原料の良いといふことは、必ずその後の工程に好影響を及ぼすものでございます。どうも從來の經驗に依りますとピアノ線材の原料としては、抽伸加工の際にその加工抵抗を上昇せしめるやうな不純物が含まれてゐないといふことが、一番大切な事ではないかと考へてをります。若し多少原料の點に於て劣ることがありまして、これは抽伸加工の方法如何に依り十分優秀なピアノ線も出來得るのではないかと考へてをります。然し先程も申しましたやうに、原料が良ければ爾後の工程は必ず容易になるものでございますから、出来るだけ原料の吟味といふことは、行はねばならないと考へてをります。神戸製鋼に於ては現在この昭和鋼片を原料としてをりますが、先程申上げましたやうに、硫黄が非常に高い、或は炭素、マンガン、珪素も仲々一定し難いといふ原料でござい

ますから、かういふ原料を以て多量生産を行ふには何が一番適當であるかと申しますと、自から定つて参るかと思ひますが、現在神戸製鋼では總て鹽基性電氣爐に依りましてこの精鍊を行つてをります。

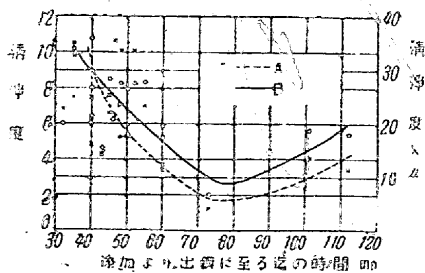
圖に大體ピアノ線材製造工程(省略)が圖示してございますが、先づエルー式電氣爐に依つて熔解を行ひます。この熔解に於てその方針とすべきものは如何なるものであるかと申しますと、これは普通の鋼材と略同様でございます。但しやはり高炭素であつて、又マンガン、珪素も先程の規格で申しましたやうに、相當制限を受けてをりますので、自から脱酸法などに特長を持つて参りますが、幸にして炭素鋼に屬してをりますから、現在の所白點を發生したといふやうな事實は持つてをりません。従て最も主要方針とすべきものはやはり偏析防止、非金属介在物の減少、又後程申上げますが、オーステナイト粒度の均整であつて、微細でない、さういふことを目標として行つてをります。この詳細に就ては既に昭和15年に川上博士から特殊鋼協議會關係で發表がありましたので、その詳細は省略致して置きますが、大體の酸化期、還元期、脱酸期に於ける状況を搔摘んで申上げたいと思ひます。

第9表 ピアノ線材製鋼法の要領(容量10kgエルー式電氣爐)

1. 裝入材料
本溪湖鉄 8~10% 昭和鋼片 92~90% 石灰 4%
2. 酸化精鍊
(イ) 熔落成分 C 0.80~1.00%, Mn 0.4~0.6%
P 0.015~0.020%
(ロ) 鐵礦石使用量 25~50kg/t
(ハ) 除滓前成分 C 0.50~0.60%, Mn 0.15~0.30%,
P 0.016 >
(ニ) 酸化期時間 約 1h
(ホ) 除滓回数 2回
(ヘ) 除滓後 Fe-Mn 添加 (Mn 0.30% を目標)
3. 還元精鍊
(イ) 加炭劑 電極屑
(ロ) 造滓劑
A材 石灰 15kg/t 螢石 2kg/t コークス 1kg/t
B材 石灰 15kg/t 螢石 2kg/t コークス 2kg/t
(ハ) 鋼滓 強カーバイド性
(ニ) 還元期時間 約 3h
(ホ) 強制脱酸劑
75% Fe-Si Si として 0.16% 添加除滓後約 2h00mn
Ca-Si 0.3kg/t 取鋼中
(ヘ) 脱酸檢定法 金型引ケ狀況により判定する
(ト) 出鋼温度 1630°C
(チ) 鎮靜 取鋼中に約 8mn



酸化精錬に於てはこゝに書いてあるやうに、昭和鋼片を原料として約 10% 程度の本溪湖の低磷銑を加炭用として装入してをります。その熔落も炭素量は 0.8~1% を目標と致してをります。マンガンは目標として 0.4~0.6% 程度熔鋼の中に含まれるやうに致してをります。先程の昭和鋼片の化學分析にも見えましたやうに、磷が非常に少く、殆ど 0.15, 0.20% でありますから、酸化期の脱磷に就ては容易で、専ら非金属介在物の減少といふことを目標と致して宜しいやうであります。さうして除滓時のカーボン量は 0.6% を目標とし、酸化期に於ける脱酸速度は 1h. 0.25% を目標としてをります。酸化期の時間は略 1h で終了し除滓は 2 回に分けて行つてをります。それから還元期に於て先づ加炭は通常電極屑を以て行つてをります。次に先程申しましたやうに、白點といふやうな懸念がございせんから、専ら還元期の鍍滓は、カーバイド性を極めて強くしてをります。これに依つて脱酸と脱硫を十分に行はしめるやうに努めてをります。それから脱酸法に就てでございますが、先程規格で申しましたやうに、大體珪素は 0.35% 以下になつてをりますが、成るべく低いことが要求され、マンガンも 0.4~0.6% 程度になつてをりますが、これもやはり低い所が要求されて、先程の第 4 種ピアノ線材に於ける如く、炭素量の高いものはマンガン量が 0.4% 以下といふことを要求されてをりますので、フェロマンガとフェロシリコンの使用には極めて注意を拂はねばなりません。當所に於てフェロシリコンは鍍滓に依る脱酸が十分に出來た後を目掛けてをります只今の方針としては、早目に添加して、添加後 60~70mn 程度を以て出鋼することを標準としてをります。と申しますのは、フェロシリコン添加後出鋼に至るまでの時間と非金属介在物含有量との間に第 4 圖の如き關係を認めてをります。これは大體還元期の時間



A (×印)清淨度× μ B (○印)清淨度

第 4 圖 Fe-Si 添加後出鋼迄の時間と清淨度との關係

を 3~3.5h フェロシリコンの添加量が 0.016% 程度に一定したのでございますが、非金属介在物の清淨度が一番低

い所は約 60~70mn といふやうな所で一番綺麗な鋼を得てをります。これは大體に於てフェロシリコン添加に依る生成物の硅酸鹽系非金属介在物が 70mn 程度かかれれば十分に浮遊する結果であると思ひます。尙この時間が 80~90mn を経たものに、多少増加を認めましたのは、恐らくフェロシリコンの添加が早過ぎてその生成物が初めに於て稍多かつたのではないかと思つてをります。兎に角フェロシリコンの添加後約 70 程度を以て出鋼することを目標としてをります。こゝまで脱酸を十分に行つて参りますと殆ど強制脱酸剤を必要としませんが、出鋼時にはカルシウムシリサイド約 0.3% を添加致してをります。この最後の出鋼時の脱酸剤としては、アルミニウム、フェロチタン等が考へられますが、當所の研究結果に於てアルミニウムを使ひますとどうも非金属介在物が多くて、その結果清淨度が不良となる結果を得てをりまして、又フェロチタンを使ひましたのではどうもオーステナイト粒度が細くなるやうな傾向を認めてをりますので、現在ではカルシウムシリサイドを以て最後の仕上げを行つてをります。出鋼後は約 8mn 間程、10t の電氣爐でございまして、約 8mn 間程のキリングを行つて注入致します。それで鋼塊の形状及びその注入法といふものは、勿論鋼塊偏析乃至表面状況に大きな影響を持つて参りますが、只今このピアノ線材用の鋼塊としては 920kg のガスマン型鋼塊を使つてをります。これの断面平均径と高さの比は 3:3 で臨時日本標準規格に定めてありまして、この比が 4 以内であることを要求されてをりますが、それに十分該當してをります。周邊が波状でありまして、所謂分塊型であります。この鋼塊の大きさが偏析に及ぼす影響に就ては 500kg の鋼塊と比べまして十分偏析程度に大した差異がないといふことを認めて現在では多量生産上この大きさを採用してをります。

次に壓延に就てであります。これはこの鋼塊の荒延と鋼片の仕上壓延に分れて参ります。荒延に依つて現在では 9mm 角の鋼片を得てをります。この鋼片時は是非とも行はなければならんことは、それに至りますまでの表面疵及び表面脱炭を完全に除去することで、現在神戸製鋼に於てはプレーナー或は大型グラインダーに依つて鋼片の全表皮を約 2mm 程度切削してをります。これに依つて表面疵、脱炭を完全に除去した鋼片として仕上壓延に持つて参ります。尙表面を切削しました後、軽く酸洗して、疵で殘存してあるものがあるかどうかを確かめることにしてをります。若し僅でも殘存してをるものがありましたらこれはチツピ

ングに依つて完全に除去することに致してをります。

次に加熱に就てであります。加熱及び壓延に於ては表面脱炭を発生せしめないといふことが一番大事なものの一つになつて参ります。その次には表面疵を完全に防止する。これが大切になつて参ります。而して現在神戸製鋼に於きましてはこの表面脱炭は、先程申しました鋼片の表皮切削に依り、加熱時は脱炭防止を以て出来るだけ防止してをります。脱炭防止剤は主としてカーバイドの残渣でございますが、中に少量の木炭粉を混入致してをります。それからピアノ線材の加熱を専門とする加熱爐を持つてをります。特にこれはその構造上特長を有するとも言ひ難いのであります。ストーカーを爐の兩側に置いて多少その能率が缺けても火焰が鋼片の肌に直接觸れないやうに、又その中心部に觸れしめないやうにしてをります。それから加熱爐内雰囲気を出来るだけ過剰の酸素が存在しないやうに調整してをります。又従來は能率増産の爲に鋼片の加熱にも稍過熱の氣味がありましたが、これには絶対に過熱せしめないやうに、壓延し得る程度の温度、實際に於ては1070~1100°C程度、その邊の温度を選んでをります。かうして加熱時に脱炭を殆ど防止し得ますれば、壓延時間は極めて短時間ですし、壓延してしまつた後は空冷されますので、殆ど完全に脱炭を防止することが出来てをります。

次に表面疵の發生防止に就てですが、表面疵の防止法としては、やはり鋼片の表皮切削も入つて参りますが、壓延中鋼片の温度が下つて参りますと、壓延の孔型を通ります場合に、極めて抵抗が大きくなりまして、その爲にいろいろなラツプ、摺疵といふものを生じて参りますので、温度の降下は是非とも防止するやうに努めてをります。それから最初に用ひます鋼片の断面積を普通のものよりも稍小さくしますか、或は又壓延回数を増加致しまして、それは第10表にございますが、線材の径は5種類になつてをり

第10表 ピアノ線材の径と壓延回数

線材の径 mm	12.0	9.5	8.0	7.0	5.5
壓延回数 回	14	16	18	18	20

ますが、普通のもの5.5mm径が18回、ピアノ線材では20回で行つてをります。かやうに各壓延に於ける減面率を小さくし、それに依つて表面疵の發生を出来るだけ防止するやうに致してをります。尙この壓延の孔型は四角と楕の圓繰返された孔型を使つてをりますが、四角孔型に於てはその稜角部の丸味を大きくしてをります。又四角の邊の角度が成るべく鈍角にならないやうに努めてをります。楕

圓のカーバーに於ては長径と短径との差異を餘り大にせず、これも成るべく丸味を持たせるやうにしてをります。それからロールのクリアランスを一定せしめるやうに、大きく開くことがないやうにせしめてをります。この中で最も大きな影響があると思はれますものは、減面率孔型の形狀及びロールのクリアランスでございますが、孔型に就てはまだまだ大いに研究の必要がありまして、これは今後とも十分研究をやつて行く豫定でございます。

次にロールのクリアランスを一定に保つて置きますと、折角の孔型もクリアランスの大小を生ずる爲にやはりこれも捲込疵を齎す原因となると存じてをります。

次に検査であります。この検査は大體に於て標準規格に定められてをります。それに準據してをりますが、検査項目としては眞圓度、表面疵、表面脱炭、清淨度この4項目に就て行つてをります。検査順序に従て大體その工程を申し上げますと、先づ壓延を終了致しました線材は、外貌試験に依りまして形狀の著しく不良なもの及び表面疵の發生してゐるものは、廢却に致し、その次に各線材の兩端を總て5~10m程度を切落してをります。これは線材の兩端が加熱爐の構造と加熱狀況から申しましてどうしても兩端に脱炭が發生し易く、又線材の兩端は壓延中に孔型にどうしても正常に導かれなない狀況にありますので表面疵も多量となる結果、兩端は總て切捨てる。その切捨後酸腐蝕試験片及び磁氣探傷試験片を兩端から採取して兩者に依る疵見試験を十分に行つてをります。こゝで大きな疵を發見したものは直ちに廢却してをります。大體に於て先程の規格に於ては表面疵としては0.1mm以下が1, 2本あることは許容されてをりますが、現状に於ては總て疵を認めたものは廢却して、その品位の向上に努めてをります。

次に表面疵の検査に合格しましたものに就き20束に就て1束の試料を抽出しまして、その兩端を顯微鏡試験に依り表面脱炭と非金属介在物を検査してをります。これも0.7mm程度は許容されてをりますが、現状に於ては局部的に0.03, 0.05mm程度を許容し、それ以上は總て廢却してをります。尙壓延した儘の線材に就て機械試験を参考までに行つてをります。この機械的性質は壓延仕上の温度及び冷却條件の相違に依つて勿論種々に變つて参りますので、唯鋼の材質上異狀があるかないかといふ程度にしてをります。

大體製造狀況に付ては以上のやうでございます。

III 二三の基礎的研究

只今から第 III 項の實驗の結果に就て御話申し上げます。
只今吉野技師の申しました通り、原料の良いものを使へば
仕事が樂であります、良い原料は中々入手困難であります
ので、どの原料でどの位のものが出来るかといふ爲に只
今申上げる實驗を行つた次第でございます。

第 11 表に掲げてあります通り、當時入手されましたこ

第 11 表 各種原料の化學成分例 %

原 料		C	Si	Mn	P	S	Cu
鉚 鉄	A	1.53	0.18	なし	0.010	0.005	痕跡
	B	1.21	0.06	なし	0.015	0.006	痕跡
	C	0.70	0.28	なし	0.018	0.004	痕跡
海 綿 鐵 (東亞精鐵製)	T.Fe	68.70	57.46	21.92	0.393	0.036	痕跡
	M.Fe						Al ₂ O ₃ 2.40
	Si ₂						
							M.Fe 83.99
直 接 鋼 (ズングン鐵鑛) 粒 鐵 (昭和製鋼製)		0.31	0.27	0.56	0.018	0.014	0.14
		1.05	0.07	0.02	0.068	0.110	0.04
屑 鐵 精 製 鋼		0.10	0.16	0.33	0.023	0.039	0.04
昭和製鋼片	青印	0.26	0.01	0.47	0.010	0.038	なし
	黄印	0.20	痕跡	0.36	0.010	0.073	なし

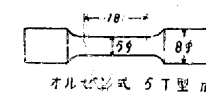
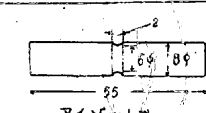
れは山陰で出来る鉚でございます。かういふ原鐵を原料と
する場合、海綿鐵を原料とする場合、それからズングン鐵
鑛を以て電氣爐に依り直接鋼を造りこれを原料とした場
合、それからルツペを原料とした場合、全く普通のスクラッ
プを原料として、その中銅量の少いものを原料とした場合、
それから昭和鋼片を原料とした場合等非常に苦心を致しま
してこれで鋼塊を造つたのでございます。第 12 表の通り

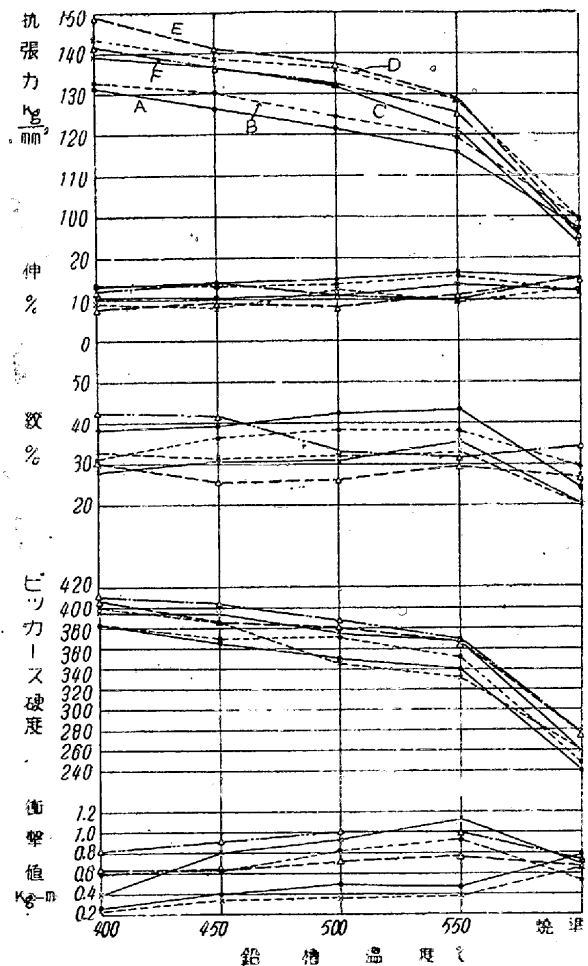
第 12 表 試料の化學成分 %

熔解番號	使用原料	C	Si	Mn	P	S	Cu
F 6663	鉚	0.84	0.16	0.24	0.015	0.008	0.02
F 6950	海 綿 鐵	0.86	0.23	0.12	0.013	0.003	0.03
F 6978	直 接 鋼	0.87	0.16	0.20	0.008	0.004	0.10
F 6992	粒 鐵	0.89	0.28	0.23	0.016	0.003	0.06
F 7086	屑 鐵 精 製 鋼	0.87	0.14	0.22	0.007	0.003	0.08
0A 1845	昭和製鋼々片	0.87	0.19	0.36	0.014	0.004	0.03

原料は違ひますが、殆ど同じ成分を得たのであります。そ
こでこれに依りまして同じ成分であつても原料が良ければ
良いものが出来るか、或は原料が悪ければどうであるかと
いふ實驗を行つて、出来ました線材を熱處理しまして、そ
の機械的性質を調べたのであります、テストピース及び
熱處理條件は第 13 表に掲げてあります通り、9.5mm の線
材より仕上げ、こゝにありますが抗張試験の方には直径 5mm
標點距離が 18mm のテストピース衝擊試験の方では特殊
の焼戻しピースを使つて、實驗をしたのであります。普通

第 13 表 熱處理及び試験片

熱 處 理	焼入 焼戻	焼入温度 830°C/15mm 油冷 焼戻温度 400~650°C/60mm 油冷 (間隔 50°C)	熱處理 は試験 片加工 後に施 行せり
	オーステン パー	焼入温度 900°C/10mm 鉛槽温度 400~550°C/5mm 空冷 (間隔 50°C)	
	焼 準	850°C/10mm 空冷	
抗張試験	試 験 片		試験片 個数 2 ヶ
	試 験 機		
衝擊試験	試 験 片 (特殊形状)		試験片 個数 3 ヶ
	試 験 機		



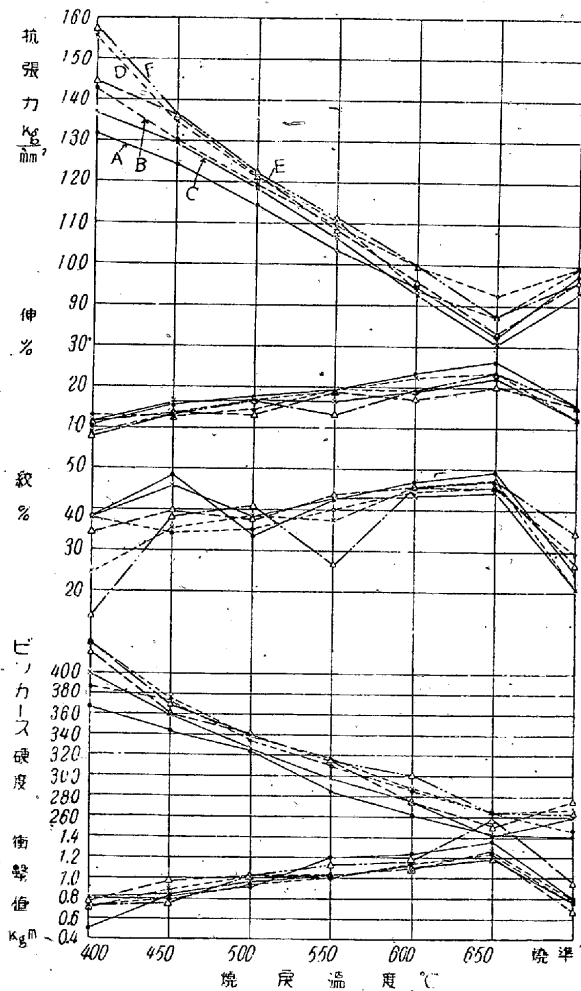
加熱温度 900°C/10mm
鉛槽温度 400-550°C/h → A.C.

A ●——● F 6663 鉚
B ●- - - - ● F 6950 海綿鐵
C △——△ F 6978 直接鋼
D ×- - - - × F 6992 粒 鐵
E △——△ F 7086 精製鐵
F △- - - - △ 0A 1845 昭和製鋼鋼片

第 5 圖 オーステンパー處理に於ける機械的性質

の焼戻しに於ては焼入温度 830°C にて 15mm 間焼戻温度は 400~650°C まで採用致しました。それからオーステンパーの方で見ますと、こゝにありますやうに、焼入温度 900°C、鉛槽を 400~450°C を一番先に申しました鉛のバスに與へる温度にした。それから出た試験の成績を比較して見たのであります。さうすると第 5 圖及び第 6 圖に掲げてあります通りです。

豫備熱處理の燒準は 900°C でやりました。この方が抗張力を現はし、絞や伸びはこれでありましたが、靱性を現はす爲に衝擊値もやつてをります。



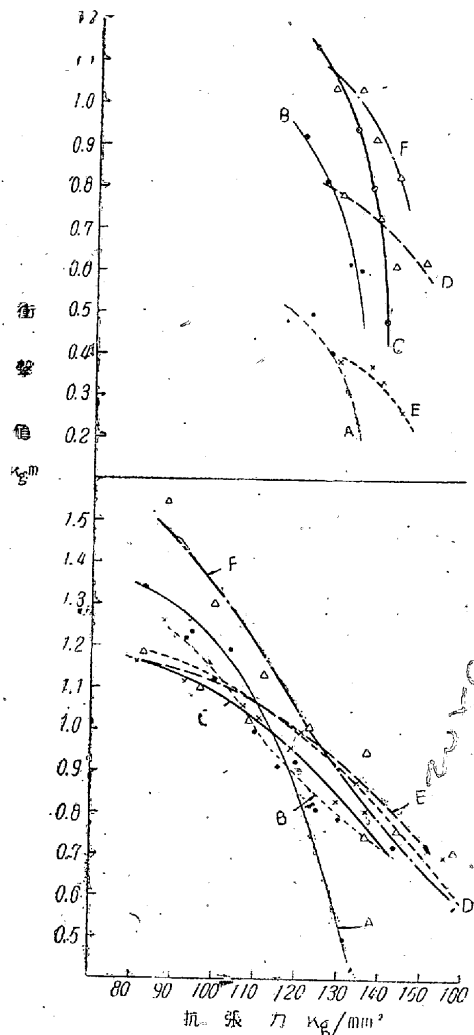
焼入温度 830°C/15mn O.Q.
焼戻温度 400~650°C/60mn. O.Q.

- A ●——● F 6663 鉾
- B ●——● F 6950 海绵鐵
- C ×——× F 6978 直接鐵
- D ×——× F 6992 粒鐵
- E △——△ F 7086 精製鋼
- F △——△ 0A 1845 昭和製鋼々片

第 6 圖 焼入焼戻處理に及ぼす機械的性質

そこで御覽の通り、昭和鋼片を使ひました場合には抗張力も高いし、それから靱性も一番高く出ました。次はこれが平爐でウオツシユして、その中の磷や硫黄の少いものを

使つたもので、鉾の方はどうであるかと申しますと、これは度々やつて優秀な成績を挙げたのでありますが、かういふ悪い場合もあります。



I. オーステンパー處理に於ける機械的性質

オーステンパー處理
加熱時間 900°C/10mn
鉛槽浸漬時間 400~550°C/5mn A.C.

II. 焼入焼戻處理に於ける機械的性質

焼入焼戻處理
焼入温度 830°C/15mn O.Q.
焼戻温度 400~650°C/60mn O.Q.

- A F 6663 鉾
- B F 6950 海绵鐵
- C F 6978 直接鐵
- D F 6992 粒鐵
- E F 7086 精製鋼
- F 0A 1845 昭和製鋼々片

第 7 圖

更にこれがかういふ風に書改めて見ました。こちらに衝擊値を取りまして、横に抗張力を取りました。上に上つてゐる方が成績が良い譯であります。それに就て昭和鋼片は良い成績を示してゐる。良い原料の鉾はかういふ風に抗張力も衝擊も餘りよく出ない。良い原料を使つたルツペもかういふ風になつてゐる。精製鋼はこの邊になつてをりま

す。ズングン鐵鑛を使ひました直接鋼はかういふ風になつてゐる。即ち原料の良い悪いのをいろいろ使ひまして、精鍊に注意してやりますと、悪い原料は一番成績が悪いといふやうな結果は出なかつたのであります。これはどうしてさういふ風になつたかといふことを實驗したのであります。

第14表に示す如く焼入能の判定をやつて見る事とし

第14表 焼入能の實驗要領

結晶粒度の判定	學振法 (925°C/6h 滲炭法)
焼入能の判定	(A) 焼入時の變態の測定 { 佐藤式焼入熱膨脹計に依る焼入時の變態溫度を測定す。 燒入溫度 900°C, 冷却速度(油燒入) 1100°C/mm (B) S曲線の判定 { 佐藤式焼入熱膨脹計に依り等溫變態の開始終了時間を判定す。 燒入溫度 900°C, 等溫變態測定溫度 350~700°C

た。又 925°C で 6h 加熱滲炭して粒度を判定致しました。焼入能は佐藤式焼入熱膨脹計に依るもので測定する。S曲線も判定しました。その結果を第15表に就て申上げます。詰り先程表に依つて示しました通り原料が悪くても精

第15表 油燒入時の變態と結晶粒度

製鋼番號	原料	結晶粒度		燒入時の變態溫度 %	燒入組織
		粒度	狀況		
F 6663	鋁	(G 1~2) + (G5~6)	複合組織 (Duplex)	Ar' 370	T
F 6992	粒鐵	G 6	細粒	Ar' 370	T
F 6950	海綿鐵	G 4.5		Ar' 370	T
F 7086	精製鋼	G 4.5		Ar' 360	T
0A 1845	昭和片	G 4.0		Ar' 310	T
F 6978	直接鋼	G 3.5		Ar' 310	T
OK 368	鋁	G 3.5		Ar'' 140	M
OK 395	"	(G 2) 若干 + (G5~6)	(Duplex)	Ar' 350 Ar'' 170	M+T
0A 71	精製鋼	G 3.5		Ar'' 170	M
0A 88	"	G 3.5	粗粒	Ar'' 130	M

註 M: マルテンサイト, T: トルースタイト

鍊をよくすると化學成分は殆ど同じになり。ここに示すやうないろいろの結果を得た。何に依つてこの結果を得たか、こゝで斷定的に申上げる譯には行きませんが、かういふことは想像が付きまして。即ち普通のオーステンパーでない燒戻法の場合、この鋁を使ひましたものは、非常に粒が細かいものと、大きいものが混つて二重組織になつてをりますが、さういふものは燒入してもトルースタイトになつてマルテンになりません。非常に良いものは何かとい

ふと、粒度が大きく。3.5, 3.0 のものもある。詰り粒度の大きくて揃つてゐるものが燒入能が良い、従て化學成分が良くてもさういふものが良い物理的性質を擧げるといふことが分つたのであります。(粒度及び粒度成長の寫眞省略)

それならば問題はどうしたならば粒度の揃つた粒の大きいものが得られるかといふことになりませんが、これはなかなかさう簡單には參りませんが、今まで得ました結果に依りますと、脱酸劑としてフェロチタニウムを使つた場合は非常に粒が細かに出まして、然も 1000°C, 1050°C に加熱しても餘り粒が大きくならない。即ち粒の調整が出来ない。所がカルシウムシリサイドを使つた場合はよく揃つてゐる。かういふ良い性質を與へる。今までアルミニウムを使ふと粒が大變小さくなるといふことが外國の文獻に出てをりますが、アルミニウムの方は私共の方では非金屬介在物が餘計出来るといふので餘り使つてをりませんが、大體カルシウムシリサイドを使ふ場合とフェロチタニウムを使つたものとの中間位でございまして、餘りこの方には影響はないやうであります。要するに化學成分が同じでもこの粒の構成が巧く、然も均一でなければ良いものが得られない。かういふデータを得たのであります。これで原料に依る研究結果の發表を終ります。

次に一番問題になります銅が入つてゐると、どういふ影響を及ぼすかといふことを申上げます。

御承知の通り銅は非常にピアノ線には害があると言はれてゐる。スエーデンの方には銅量が先程申しましたやうに少い。ドイツや他の所では割合に多いから、これは成分上からスエーデンのピアノ線が良いのは當然であらうと信ぜられてをつたのであります。御承知の通り我國の鋼材には銅が多いので、どうしても 0.3% 位の銅が入つて來るのであります。この銅の影響がどういふ風であるかといふことを研究致します爲に、商工省より特殊鋼製造研究補助

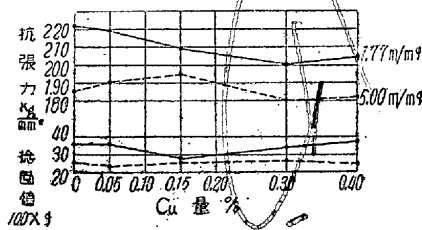
第16表 Cu の影響に關する試験材

線材徑	Cu 添加量 %	Cu 符號	化學成分 %					
			Cu	O	Si	Mn	P	S
9.5mm	0	OK910	0.03	0.83	0.18	0.23	0.018	0.004
	0.05	" 918	0.06	0.86	0.14	0.23	0.010	0.007
	0.15	" 927	0.14	0.87	0.11	0.21	0.018	0.001
	0.30	" 932	0.29	0.85	0.19	0.22	0.012	0.007
	0.40	" 937	0.39	0.84	0.17	0.21	0.010	0.001
5.5mm	0	OK908	0.02	0.82	0.19	0.25	0.015	0.007
	0.05	" 916	0.05	0.87	0.15	0.22	0.013	0.002
	0.15	" 926	0.15	0.85	0.16	0.21	0.014	0.010
	0.30	" 931	0.29	0.85	0.19	0.21	0.021	0.011
	0.40	" 933	0.38	0.83	0.14	0.22	0.010	0.004

金を戴きまして私の所と東京製綱、關西製綱、この3社合同で銅の影響を調べたのであります。それは圖表にあります通り、銅のないもの 0.05%、0.15%、0.30%、0.40% のものを作りました。原料には銅のない昭和鋼片を使つて 9.5mm~5.5mm 徑の線材を造り、東京製綱から關西製綱へ送つて、線引の試験をやつた。

第 17 表 抽伸加工性に及ぼす Cu 影響試験目標並に條件

原料線材の徑 mm	目標ピアノ線		パテンティグの條件		抽伸加工條件	
	徑 mm	抗張力 kg/mm ²	捻回値 100×φ	加熱溫度	鉛槽溫度	抽伸回数
5.5	1.77	>200	>20	930°C	600°C	12回 CrW鋼 15m/mm
9.5	5.00	>180	>20	900°C	500°C	6回 WC系 30m/mm



第 8 圖 抽伸加工せる仕上ピアノ線の機械的性質

大體 5.5mm、9.5mm の線材を第 17 表に示す目標でやつて見た。一方は 5.5~1.77mm 抗張力は 200kg 以上、捻回値は 20 以上を目標とし、加熱溫度、鉛槽溫度、ダイス、線引速度はかくの如き條件で行つた。結局銅量 0.4 までは大體差支へないといふ判定になりました。御覽の通り抗張力も捻回値も皆目標通りを得てをります。唯一つの問題は

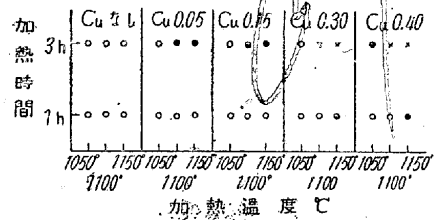
第 18 表 抽伸加工性に及ぼす Cu の影響

種別	試験材の符號	添加 Cu 量 %	全減面率 %	抗張力	捻回値
				kg/mm ²	100×φ
1.77mm ピアノ線	目 標	—	—	>200	>20
	OK 908	0	88.8	222.0	36.0
	" 916	0.05	"	219.0	36.0
	" 926	0.15	"	209.0	28.0
	" 931	0.30	"	200.5	34.0
5.00mm ピアノ線	目 標	—	—	>180	>20
	OK 910	0	70.5	185.6	26.0
	" 918	0.05	"	191.0	24.0
	" 927	0.15	"	195.2	26.0
	" 932	0.30	"	180.1	27.0
" 937	0.40	"	161.9	25.0	

何であるかといふと、銅を含でをりますと、赤熱脆性を生ずる。詰り鐵を加熱すると鐵は酸化するが、銅が残つてそれが爲に龜裂を生ずる。それを見易くする爲に試験結果を圖示しました。試料を 1050°C、1100°C、1150°C かういふ風に加熱して見ました。時間は 1h と 3h の場合に致したのであります。この時御覽の通り、銅がない場合には

第 19 表 赤熱脆性に及ぼす Cu の影響

加熱溫度	表面狀況	
	1h 加熱	3h 加熱
1050°C	全試料異狀なし	Cu 0.40% のもののみ龜甲狀龜裂を微かに認む
1100°C	全試料異狀なし	Cu を添加せるものに龜甲狀龜裂を認め、0.05%、0.15% とのものは微かなるも、0.30% 及び 0.40% とのものに於ては顯著なり
1150°C	Cu 量 0.30% 及び 0.40% のものに龜甲狀龜裂を微かに認む	Cu を添加せるものに明かなる龜甲狀龜裂を認め 0.30% 及び 0.40% のものは極めて顯著なり



○健全状態 ●龜甲狀龜裂 微弱 ×龜甲狀龜裂 顯著

第 9 圖 赤熱脆性に及ぼす Cu の影響

一つも赤熱脆性は起らない。銅が 0.05 入ると、1h 間には起きないが、3h になると極く微量に起つて来る。これが段々銅が餘計になつて 0.3% 入りますと、3h 間熱すると龜裂を生じて來ます。0.4% 入ると 1h でも微弱な龜裂を生ずる。所が線材あたりの壓延には溫度は 1100°C 以下で、時間も 20mu 位でありますから、銅の影響は少い。0.4% あつてもよいだらう。かういふことになつたのでございませう。

第 20 表 低温加熱後の捻回値に及ぼす Cu の影響

加熱溫度	試験材の符號	添加 Cu 量 %	捻回値		
			頭部	尾部	平均
350°C/15	OK 910	0	24	24	24
	" 918	0.05	24	26	25
	" 927	0.15	2	6	4
	" 932	0.30	4	12	8
	" 937	0.40	4	4	4
375°C/15	OK 910	0	26	26	26
	" 918	0.05	26	26	26
	" 927	0.15	26	28	27
	" 932	0.30	26	26	26
	" 937	0.40	26	26	26

唯問題は、低温加熱の際に銅はどういふ影響をするかといふことが心配でありますので、加熱溫度 350°C、或は 375°C として試験をして見ました。所が 350°C の場合は銅を含むものは靱性が缺けて來る。所が 375°C になると影響がない。これはいろいろ研究中であります。かういふ點がありますので、先づ線引には 0.4% でもよいが、かういふことを考慮していろいろ現在の規格では 0.15 に銅

は止めて置いた方が宜しいといふことになつたのであります。

次に現在の神戸製鋼所の線材と外國のもの比べてどの

第21表 瑞典材並に神鋼材のガス並にサンド含有量

種別	ガス含有量%		サンド含有量%	
	O ₂	N ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
フォース社製線材	0.0017	0.0045	0.0201	0.0040
	0.0015	0.0050	0.0114	0.0013
神鋼製	0.0133	0.0062	0.0025	0.0090
	0.0088	0.0078	0.0095	0.0085
	0.0114	0.0116	0.0028	0.0051

位になつてゐるかといふことを御紹介申し上げます。スエーデンの線材と神戸製鋼所で造つてゐるピアノ線材の化學成分を、對象して御覧になればよく分りますが、殆ど同じものであります。然らばガスの含有量とスラッグの含有量はどうか、これで御覧の通り、やはり酸性平爐を使つてゐる故か。向ふは酸素も、窒素も少い。所がスラッグは私の方が注意してゐる關係か、非常に少なくなつてをります。然しながらかういふやうなガスのコンテンツは非常に靱性に影響致しますので、若しも生産の餘力があるならば酸性平爐でもやつて見たいと思つてをりますが、今さういふ爐のキャパシティーが餘つてをりませんので、電氣爐でやつてをる次第であります。

それから機械的性質はどうであるかといふと、向ふの優

第23表 瑞典材並神鋼材のオーステナイト粒度

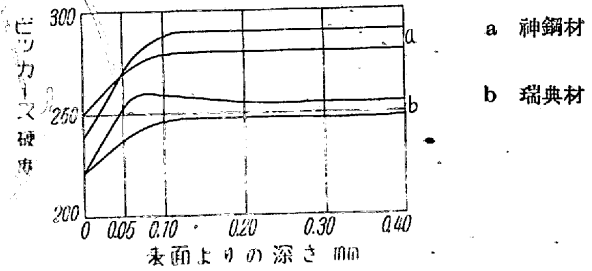
種別	粒度判定結果
フォース社製	G. 2.8
サンドヴィツク社製	G. 5.2
ヘレホース社製	G. 3 と G. 6 と混在す
神鋼製	G. 3.5~G. 5.0

秀なもの比べて見ますと、サンドピツクの方は炭素量が少いから靱性が高いが硬度、抗張力、捻回値はかういふ風になつてをります。それから先程申しました粒度が非常に影響しますがそれを判定致しますと、これは殆ど同じものを得てをります。現在神戸製鋼所で造つてゐるものは機械的性質は殆ど向ふと同じであります。尚それ以上良いも

第22表 瑞典材並に神鋼材の機械的性質

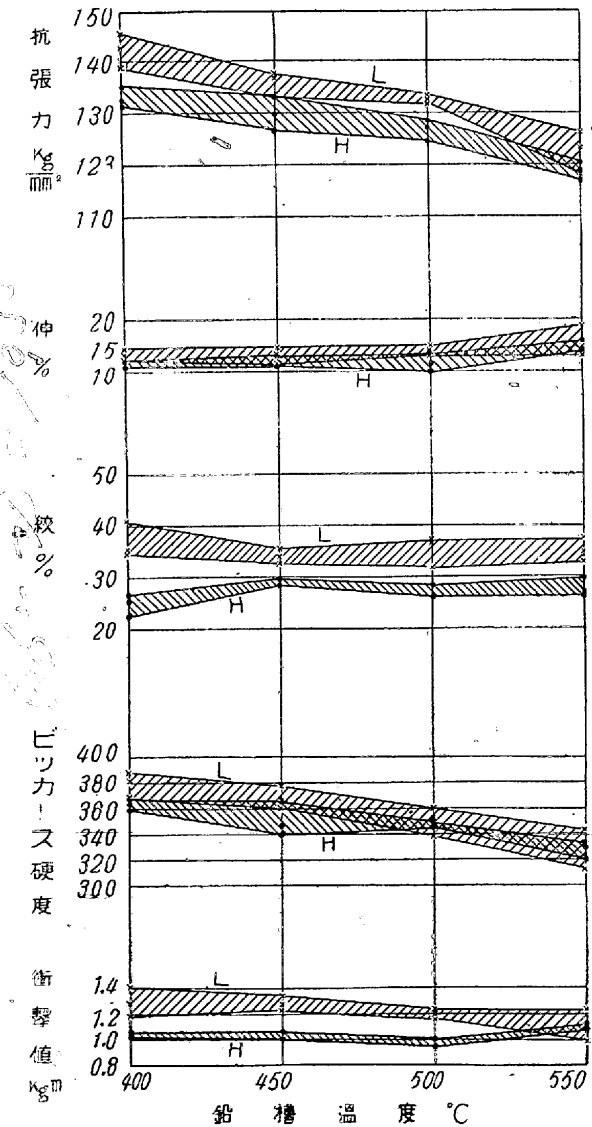
種別	ピッカース硬度内部	抗張力 kg/mm ²	伸 %	捻回値 100×φ
フォース社製	250-255	91.8-94.8	11.0-11.7	21.3-26.0
サンドヴィツク社製	250	98.2	13.8	29.0
神鋼製	255-280	94.1-96.8	10.6-12.8	24.7-25.0

のを造りたい。依先生を委員長とされます所のいろいろオーソリティーの知識を集めて、目下研究中であります。只今は大體スエーデンのものと餘り變らないものが出來つあるのであります。



第10圖 瑞典材並に神鋼材の表面脱炭例

尚脱炭の方は私の方では非常に少くなりましたが、實際の線材を表面から段々削つて硬度を測定して行きましたが、スエーデン材と略同様の硬度曲線を得まして變化が表面から内部に餘りございません。即ち脱炭に依つて表面の軟くなつてゐるといふことも略同等でございます。それで



試料	O	Si	Mn	P	S	Cu
	0.86	0.14	0.23	0.018	0.004	0.06
L	低温度範圍 770~800~830°C					
H	高温度範圍 900~930~950°C					

第11圖 機械的性質に及ぼす焼入加熱温度の影響

協力者の御盡力に依つて、大體向ふから材料が來なくとも日本の材料で賄へるといふ程度になつたのであります。最初に申しました通り、尙品質の向上に就ては軍部あたりの指導に依りまして研究に努力してゐる次第であります。

尙 今日おいでの方に線引會社の方もをられると思ひまして、今一つ實驗の結果を御報告致します。これはこゝに掲げてあります通り、パテンテング温度の影響であります。今までやつてをりますのは大體 900~950°C 位の高温でパテンテングをやつてをりますが、もつと低い温度でやつて見たらどうかといふので 770~850°C でやつた。鉛槽の温度を掲げてありますが、高温よりもどうも低温加熱の方が良い結果を得てをります。或はこれはサンプルが違ふと變つて來るかも知れないが、最近に得たデータでありますから、今までやつてをる温度が最も良いものとせられずに、低温でやつたらどうかといふやうにも感じられてをります。

丁度時間が参りましたが、ピアノ線の性格、それからピアノ線を造る爲にどの位苦心して精鍊してゐるか、又原料關係で精鍊を注意すれば或る程度良い原料と同じものが出來るといふお話を致しましたが、尙この發條は最初に申しました通り、飛行機の發動機の弁バネ等の極く大事なものでありますから、出来るだけ優秀なピアノ線を造らなければなりません。今後とも一層皆さんの御協力を得まして益々良い線材を而も多量に供給したいと念願してをる次第であります。

質 疑 應 答

問 神戸製鋼の方で高周波製鋼をやつたことはございませぬか、若しあればその結果はどうですか。

答 やつてをります。やはり成分の方が同じだと大差はありません。

問 大分前に讀んだ論文に、非金屬介在物の多寡に依つて線を引く時、ダイスを傷めて孔を大きくして、規定の寸法に引けないといつてをりましたが、先程の分析されたことと、さういふことが直接ダイスを早く傷めるといふことと關聯性がありますか。

答 非金屬介在物がどの程度ダイスを損ずるかといふことに就て、詳細はまだ研究はしてをりませんので、何とも申し上げられません。

問 ダイスで粒度の關係が響くのは何處ですか。

答 焼入能の關係です。オーステンパーをやつて粒が大きく揃つた方が焼入がよくて、小さいのは焼入能が悪い。普通焼入でやりますが、さういふ結果になつてをります。

問 コツパーのある所には割が入りますか。

答 それ程まで参りません、微量ですから、クラックです。詳しく申しますと、徑 20mm、高さ 40mm のものを造り、先程の温度で加熱して 1/4t ハンマーで高さ 5mm の圓板に据縮して酸洗ひをしその結果傷が出るかどうか、その結果をあれに掲げた。銅のない時は龜裂がないといふ結果を得た。割れる程度まで行つてをりません。

問 酸腐蝕液の濃度は……。

答 これは規格で定めてありますが、ピアノ線に於ては線徑に於て少し變るが、30% の鹽酸溶液を使ふやうに規定されてをります。線徑に依つて 5~15mm 程度まで加熱時間が違つてをります。

問 パテンテングしてからダイスを通す前に酸洗ひをするのですか。

答 さうです。

問 先程ダイヤ 9mm を 1.77mm まで線引したと申されましたが、何回位にして引落すのですか。

答 1.77 は 5.5mm からですが 5.5mm、5.3mm に延いて、5.3mm から 1.77 まで 10 回で行つてをります。減面率は 88% になつてをります。

問 ドローイングのリユブリカントは何を使つてをりますか。

答 これは方式に依つて違ひますが、所謂一般に叩きダイス、クローム、タンガステンのダイスでやるのは特殊な線引石鹼でやる。タンガロイダイスを使ふ場合はグリースのやうなものに黒鉛を混ぜてやる場合があり、液状のものを使ふ場合もあります。乾かしたものを一般には使ひます。これは線の表面に一定に薄く塗るといふことと消耗率からです。

問 乾かすと粉末になりますが。

答 粉末にならんやうな石鹼を選んでやります。

問 酸洗ひして後石灰洗をしますが、線引する時にその石灰を完全に落してから減磨剤をつけて石鹼を敷くのですか。それとも石灰の附いたまゝ引いてもよいのですか。

答 一般の場合にピクリングしてよく酸を水洗ひで落して、尙幾らか酸分が表面から滲透してをるやうなもの、殘酸の含まれてゐるものはその儘、一般の場合には洗つて僅かの時間晒して置く、さうすると非常に細かい錆が出て來る。それとその線に附けた細かい石灰の粉が多少あつた方が後にドローリングする時の滑劑になり、全部洗ひ落とすといふことはありません。

問 インゴツトからピレットになる歩留はどの位にかつてをりますか。

答 それは規格の中にも参考として掲げてありますが、ピアノ線のやうな特殊鋼にて大體に於て頭部 25% 底部部 3% 切捨てといふことになつてをります。さういふ關係上全重量に對して鋼片の歩留は約 65% 程度に現在ではなつてゐると思ひます。