

れ、この領域では化學反應は著しく進行するが、大勢を支配するものは平均湯熱であり、この平均湯熱の與へる平衡値に向つて、反應が進行するものとし、現今迄に測定され一般に用ひられて居る平衡恒數を用ひ、爐内の化學反應を考察した。

(i) 地金と同時に装入するマンガ鉄は熔け落ちの $(\Sigma MnO)$ を多くし、鋼滓の酸化力を弱め、従つて脱炭速度を弱める。

(ii) 熔け落ちにマンガ鉄少く、過酸化の状態になるも、湯熱調整自由なる酸性電氣爐では、除滓後の湯熱を適當に上昇し、還元珪素に依る十分なる脱酸を行ひ得る。

(iii) 鐵鑛石投入後適當なる時期にマンガ鉄により脱酸するのは、“サンド”を減少し、又精鍊時間を短縮する。

(iv) 理論的には殺湯期、出鋼前も亦眞に鎮靜された状態でない。

(v) 高温精鍊をする事による“サンド”減少機構の一

つを明かにした。

(vi) 珪素還元は炭素上昇と共に急に増加する。

(vii) 殺湯期の鋼滓は $(\Sigma MnO)$ の及的少量なるものが良い。

本報告の御校閲を賜りたり齋藤先生、御助言下された鐵内中佐殿、池田少佐殿に厚く感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 鐵内周三郎：鐵と鋼，第24年，第5號
- 2) 柴田 善一：日本金屬學會 第6卷 第2號
- 3) Körber u. Oelsen: Mitt. Kais. Wilh. Inst. Eiforschung Dusseld. Bd. 15(1933) S. 271.
- 4) 柴田 善一：學振報告，5，302頁
- 5) 的場 博士：鐵と鋼，第20年，837頁
- 6) 柴田 善一：日本金屬學會誌，第6卷，第1號
- 7) H. Schenck: Ph. Chemie der Eisenhütten Prozesse Z, Bd. 2 S. 49
- 8) 松川 博士：鐵と鋼，第19年，第12號

# ピアノ線製造法に関する研究

(日本鐵鋼協會第27回講演大會講演，昭17.4於東京)

虎 岩 頼 夫\*

## STUDY OF THE METHOD OF MANUFACTURING PIANO WIRE.

Yorio Toraiwa

**SYNOPSIS:**—The author has experimentally manufactured various kinds of piano wire since Showa 15 (1940) from the necessity of the domestic manufacture of piano wire. In the present report, some properties of different kinds of domestic wire were compared with the imported products. It was confirmed that the quality as good as the imported products are now available in the wholly domestic wire, although more efforts are expected for the manufacture of better qualities. Above all, he mentioned of the brittleness appearing in the low-temperature heating and laid stress on its preventive methods. As the fundamental data, the result of the test on the effect of drawing speed, was described with special reference to the prospect of the X-ray study necessary therefor.

## I. 緒 言

古來ピアノ線の製造は、ボールベアリングと共に、瑞典に於て約200年の歴史をもち、世界に冠絶せるものがあつた。

我國に於ても、歐洲大戰當時よりこの國産化が試みられたのであるが、瑞典製品の傳統的技術と、純良なる資源と、且は經濟的事情により、實現を見るに至らなかつたのである。

支那事變の勃發と共に、輸入製品の杜絶の爲、必然的に純國産化の促進を計らねばならなくなり、陸海軍共に、その研究に着手した。我研究所に於ては、昭和12年度より外國製品の徹底的な調査を開始して、國産化の計畫を樹て、14、15年度にこれを実施したのであるが、以下はこの國産化計畫に基いて、研究的に製造した製品の結果及び將來の意見であつて、その構要を項目に別けて記述する。

## II. 供 試 線 材

圖表1に示す所の種類のものであつて、瑞典製品は昭和

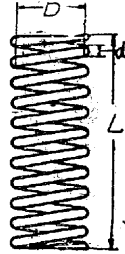
\* 大阪陸軍造兵廠

15 年中に入荷したもので、比較的含量は大である。

成分	C	Mn	Si	P	S	Cu
種別						
瑞典製	.90	.36	.19	.021	.010	—
内地(イ)社製甲	.90	.50	.16	.010	.006	.114
同 乙	.95	.23	.20	.010	.004	.088
内地(ロ)社製	.83	.45	.26	.014	.007	.07

ばね抗力測定法

- 線径..... $d$  mm
- ばね中心径..... $D=8d$  mm
- 自然長..... $L=40d$  mm
- 有効捲数..... $N=10$
- 全壓縮後全長..... $L'$  mm
- 全壓縮時の壓縮長..... $\delta_{max}$  mm
- 同上抗力..... $F_{max}$  kg
- 剛性率  $G=8ND^3F_{max}/d^4\delta_{max}$  kg/mm<sup>2</sup>
- 最大内力  $f_s=8DF_{max}/\pi d^3$  kg/mm<sup>2</sup>



第 1 圖

圖表 第 1 供試線材種別

内地線材は、本研究の爲に製造した特別研究品であり、C% 更に高いものをも企圖したのであるが、得られず、最近取得されて研究を續行してゐる。清淨度その他何れも特に缺陷は認められなかつた。

尙從來使用してきた外國製品の分析結果は、別表の如きものである。

III. 加工要領

上記の線材を國內の 5 社に支給して、一定方式の下に線引を行つた製品は、線径寸度を 2.0, 1.0, 0.5mmφ の 3 種に限り、目標規格は抗張力を 2.0mm は >225, 1.0 は >240, 0.5 は >260kg/mm<sup>2</sup> とし加熱試験を行つて、捻回数が 20 を下らざることを目標とした。

この目標規格は、從來輸入してゐた外國製品の性能と同等のものである。

IV. 製品試験方法

以上の様にして得た製品に就て、次の諸項目の試験を行つた。

- 抗張力試験** 線径の約 150 倍の長さ采取し、抗張し、把握部破斷を避けて、中央部にて破斷したもののみを記録の中に採用した。
- 捻回試験**  $L=100d$  の長さにして一定張力を與へ、30 rev/mn の速度捻回し、破斷迄の回数を記録した。
- 屈曲數試験** 一定張力の下に、 $r=5mm$  の角度にて屈げ、90° を 1 回と數へた破斷迄の回数を測つた。

4. 最大内力

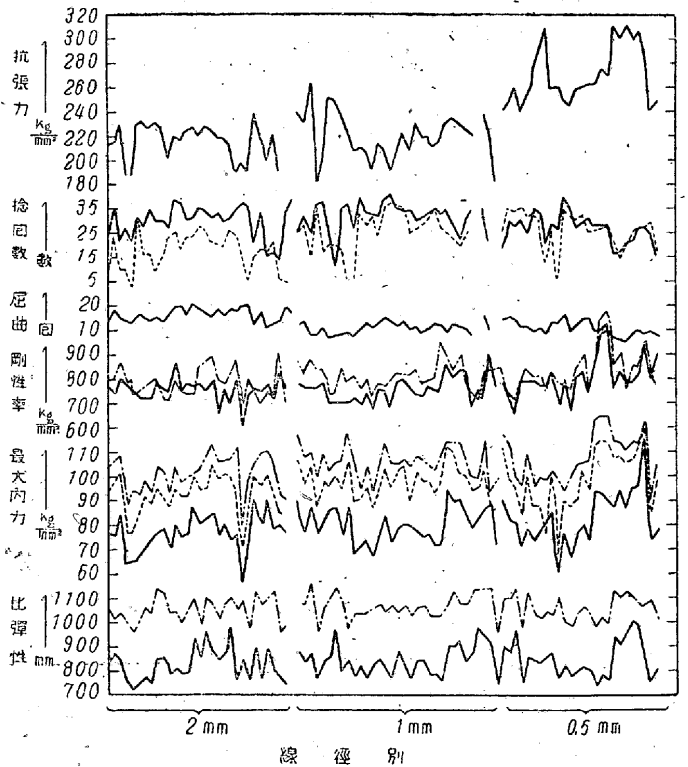
5. 剛性率 圖表 1 に示す如きばね效力測定法により求めたものである。この際諸元の公差は 1% 以内に止めた。

而して以上の諸試験は、材料を 150°C, 200°C 及び 250°C にて 30mn. 油煮したる場合に就ても測定した。

V. 製品成績判定法

上記の試験方法によつて得た結果を、便宜上次の如き成績判定法によつて等級を附した。即ち、

- 抗張力 1 級 目標規格以上のもの
  - 2 級 同上の 1 割引以上のもの
  - 3 級 同上の 2 割引以上のもの
  - 捻回数 1 級 加熱 (100°C 及び 200°C) せるも 20 回を下らざるもの
  - 2 級 加熱して 15~19 回のもの
  - 3 級 " 10~14 回のもの
  - 4 級 " 1~9 回のもの
- 依つて 1-1 と判定されたるものは優良品であつて、1-

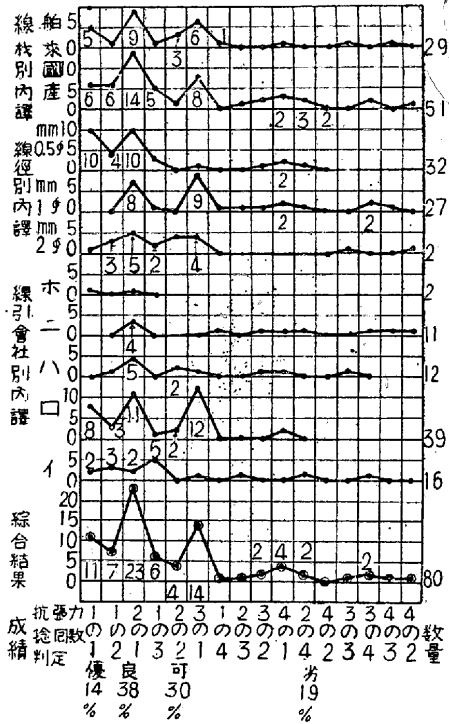


圖表 第 2 線径別成績

2, 2-1 等はこれに準ずるものである。

### VI. 製品成績

試験の結果を總括して示たものは圖表2であるが、上記の判定法により等級を附した結果は圖表3である。



圖表 第 3 綜合成績

#### 1. 線材別成績

製品成績結果より判定すると、内地製及び外國製線材共に優良品を得られてゐるのであつて、このことは、逆にこの程度の製品を得る爲には、更に高級なる線材を要求することは無意味なことを示すものであらう。但し更に高級

品に對しては、線材及び其の原料の研究は極めて重要なことは言を俟たない。

#### 2. 線徑別成績

(1) 2.0mmφ のものは優良品 1—1 は僅か 1 種類である但し抗張力のみから言へば、1 級品は數種得られてゐる。

瑞典の高級品と雖も、230~235 kg/mm<sup>2</sup> 程度であるから、細い線徑のものより、比較的に高抗張力たらしむるは至難の様子である。

(2) 1.0mmφ のものは優良品は得られず、230kg/mm<sup>2</sup> 程度が最高である。これは 2.0mmφ のものに比して、未だ研究の經驗が不足してゐる實狀を物語つてゐる。

(3) 0.5mm φ のものは、260kg/mm<sup>2</sup> を越ゆる優良品約 10 種を得た。細い線徑のものは比較的に高抗張力たらしめ易く、從來輸入してゐたものに劣らずと云ふことが出来る。

#### 3. 會社別成績 省略

#### 4. 綜合成績

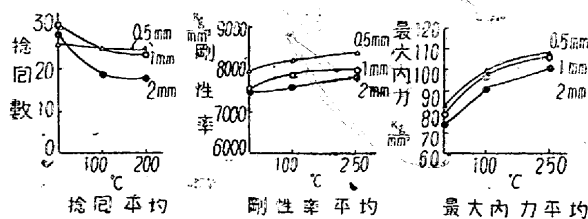
全製品 80 種類に就て、その抗張力と撿回値より綜合的に成績を觀察して見ると。

(1) 研究目標である從來輸入した程度の外國製品(瑞典)と同格以上のものは 11 種 (14%) であつて、大部分は 0.5 mm φ の細い線徑のものである。

(2) 稍低きも概ね同格と見らるるものは 30 種 (38%) であつて、外國品と雖も撿回成績は必しも優良ならざるものがある。

(3) それ以下で約 30% のものは、製造法に僅かの注意を拂ふことにより、或は使用方法を適確に行へば、使用は

線徑	數值	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	屈曲	撿 回								f <sub>s</sub> kg/mm <sup>2</sup>				
				常溫			150°C × 30mn		200°C × 30mn		Gkg/mm <sup>2</sup> × 10 <sup>-1</sup>		a b c		f <sub>s</sub> kg/mm <sup>2</sup>	
				加熱せず	a	b 150°C × 30mn	c 250°C × 30mn	abc 平均	(c-a)/b	加熱せず	b 150°C × 30mn	c 250°C × 30mn	(c-a)/a			
2.0 mm	最大	239	22	38	27	32	903	870	908	853	22.0	87.5	106.0	118	50.7	
	最小	120	11	13	3	2	591	616	651	619	-7.53	55.2	68.9	79.3	10.3	
	平均	210	16.8	29.2	18.8	17.7	750	761	782	765	4.53	74.5	91.2	100.3	35.9	
1.0 mm	最大	265	87	41	39	38	892	983	995	951	32.7	95.5	113.0	119.0	57.0	
	最小	144	35	12	3	4	667	702	716	699	15.8	65.3	85.8	92.1	38.4	
	平均	219	52.6	31	25	24	754	792	802	785	7.4	79.3	97.5	106.0	34.1	
0.5 mm	最大	309	178	39	35	38	903	870	908	853	22.0	87.5	106.0	118	50.7	
	最小	183	45	15	3	4	591	616	651	619	-7.53	55.2	68.9	79.3	10.3	
	平均	265	104	26.1	25	25	750	761	782	765	4.53	74.5	91.2	100.8	35.9	

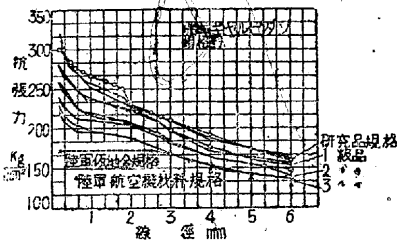


圖表 第 4 線徑別ばね效力基礎試験成績

可能と考へられるものである。

### VII. 新規格案

以上要するに、純國産製品にて従來輸入せる程度のもは、製造可能の見込を得たのであるが、従來に於ても殆ど使用してゐなかつた地金規格を更新して、この調査の結果と瑞典製品規格とを参照して、新規格を確立する必要が



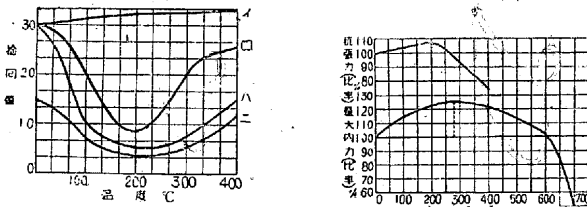
圖表 第5 國産ピアノ線(ばね鋼第11種)抗張力規格案

あり、その案として考へられるのは圖表5である。

圖表の中薄色に撮影されてゐるのは瑞典製品規格である。

### VIII. 加熱による諸性質の變化

ピアノ線をばねとして使用する場合には、通常約250°Cに於て油煮を行ふのであるが、そのために本實驗に於ても製品を油槽に入れて加熱し、空冷或は水冷して諸性質の變化を調べた。その結果の概要は圖表4及び圖表6に示してゐる。



圖表 第6 加熱による變化

#### 1. 捻回値

圖表6の如く四つの系統がある、

(イ) は僅かに上昇する傾向のもので、極めて優良である。

(ロ) は一度は低下はするが、350°C附近の時には變化なきもので、一見脆化せずと見られ、或は回復する如く見られるのであるが、依然脆化局部は存在し居るものと思はれる。従つてこの場合疲労性は、(イ)の如き良好なりとは言ひ難いと推察する。

(ハ) 著しく低下して回復せざるもので、その脆化程度は著しいものがある。

(ニ) 製品にして既に捻回値低きものである。

これ等の脆化現象は、疲労性に影響を與へるものと考

へ、目下疲労試験を実施してゐるが、優良品としては加熱後に捻回試験は必要である。

#### 2. 抗張力

抗張力は一般に200°Cの加熱によつて最大値を採り、製品の儘の時に比して約5~10%増大し、300°Cでは約5%低下する。

#### 3. 最大内力

然るに最大内力に就ては、線引の儘の時に100とすると250~300°Cでは最高であつて、125~130(即ち25~30%増加)となり、400°Cでも猶120程度に保たれてゐる。

抗張力の變化と比較對照して見ると、最高値を與へる温度並に低下の傾向とに差異が認められる。

最大内力の變化は、換言すれば横斷性限界の變化と考へることが出来るが、ばね用線の素線の試験には、抗張力は直接必要な値ではなく、むしろ横斷性限界或は最大内力を以て示すことが適當である所以である。又加熱する事によつて、ばね抗力を約30%上昇せしめ得らることは注目すべきである。

#### 4. 剛性率

加熱により變化は250°Cで約6%程上昇する。

これを要するにばね用線は加熱後に於ける諸性能を對照に研究するを要し、且直接に剛性限界、横彈性限界を對照として素線規格を改正し、進んでは素線の製造の對照を剛性限界に求むべきものと考へられる。

### IX. 今後の研究方針

元來ピアノ線の製造は、技術的に極めて意味ある問題で、冶金學的諸問題を集結せしめた精華であるべきだと思ふ。

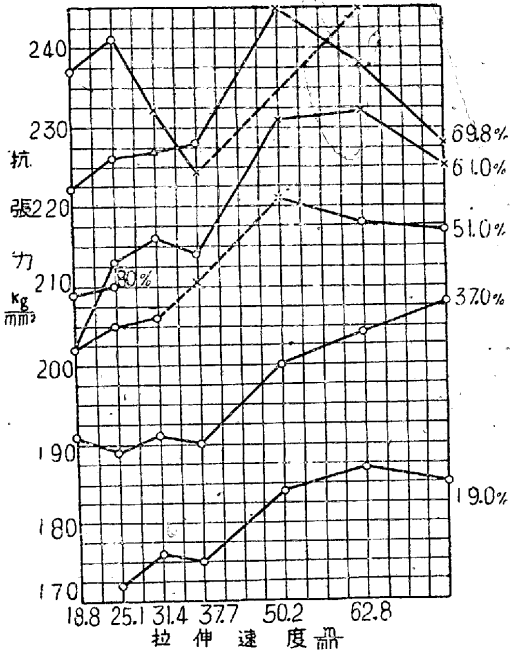
我國に於ける現状から考へるのに、今後先づ第一に線引作業の研究を行つて、瑞典の長年の傳統經驗を一舉に把握して、更に最も近代的な熱處理々論に基いて、パテンチング作業を改革し、第三に線材製造法を完成し、しかる後に純良なる製鋼原料を確保して、製造法の完璧を期さねばならない。

我研究所にても線引機械、熱處理爐(パテンチング爐)疲労試験機等を設備して、更に深刻な研究を續行しつつある。

且製品歩留の調査は、現に遂行しつつある所であつて、國産化の問題には密接な關係を有してゐる。

### X. 拉伸速度が製品の抗張力を變化せしむる狀況

線引作業の一基礎實驗として製品の抗張力に及ぼす拉伸速度の影響を實驗したが、圖表7に示す如き結果が得られた。



圖表第7 抗張力に及ぼす拉伸速度の影響

拉伸速度が大であると、抗張力は増加してゐることがわかる。これは内部歪の分布状態を異にする結果であらうか X線試験によつて、その機構を調査中である。

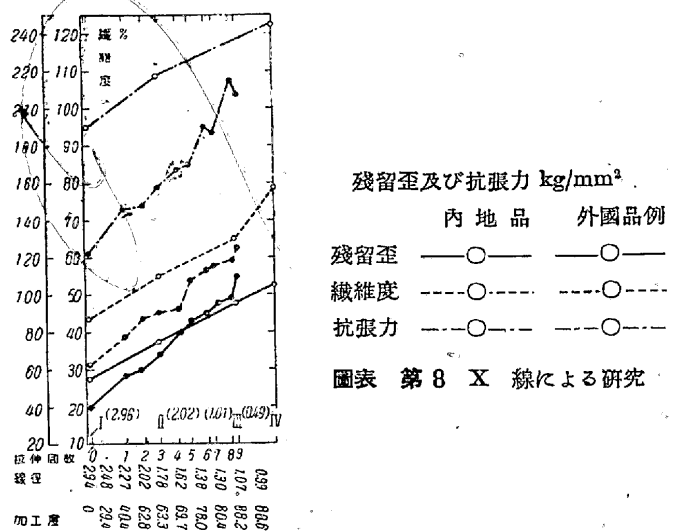
圖表中×印は拉伸中破断多きものを示してゐる。

### XI. X線による研究

線引作業以後の材質の研究は、單に金屬顯微鏡を以てしては不明な點が多く、X線試験を必要とする。

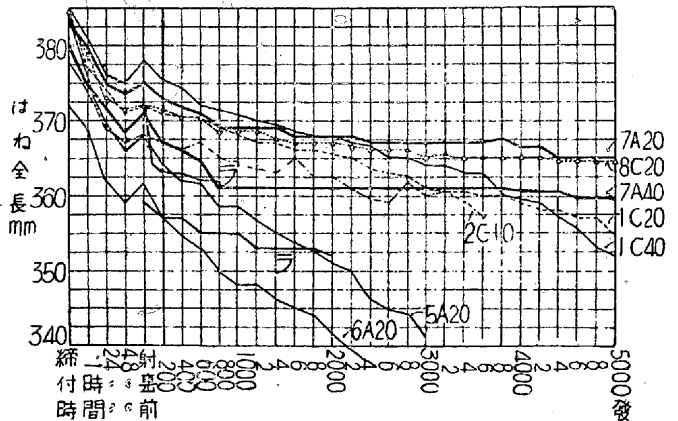
即ち斷面積減面率を以てする加工度に代つて、結晶學的變形景を基準にした纖維度を定義し、残留歪を測定し、結晶學的結晶粒度を算出し、これ等が加工度との關係を明かにし、且線の内部と外部によつて、これ等の數値が如何に分布してゐるかと言ふ状態を比較研究して、所要の分布状態を與へるべき作業方法を確定せねばならない。圖表8は線引工程中の各階段(即ち加工度を異にせる)の試料について纖維度、残留歪を測定した一例である。

ばね鋼線として、残留歪は如何に分布すべきかに關し、研究を續行してゐる。



圖表第8 X線による研究

ばね番號	線徑	有效捲數	外徑	抗張力	捻回數	屈曲數
1C20	2.00mm	48	16.2	239	30(不良)	12
1C40	2.00	48	16.25	239	30(〃)	〃
2C10	2.00	49	15.95	236	9(〃)	8
5A20	2.02	48	16.25	229.5	33(稍良)	18
6A20	2.00	47.2	16.05	215	32(〃)	20
7A40	2.00	49	16.0	229	35(良)	20
7A20	2.00	48.7	16.0	229	35(〃)	20
8C20	1.94	48.3	16.0	225	33(稍良)	



圖表第9 射撃による變歪狀況

### XII. 結 言

ピアノ線の性能は、各國共に將來止むことなき研究によつて益々向上して行くことであらうが、我國々産製品も漸くその基礎が固められて、研究は最近特に盛になつて來てゐるので、必ずや獨特なる日本式ピアノ線製造法が近き將來に確立せれるものと信じてゐる。