

ピアノ線に就て

(日本鐵鋼協會 第七回講演大會講演)

銅金義一

目次

I 緒言

II 研究の経過及實驗結果

1. 化學成分 2. 加工方法 3. 顯微鏡組織 4. 物理的諸性質

(1) 供試材料の化學成分 (2) 各種焼戻温度に於ける抗張及捻回試験 (3) 一定温度に於ける物理的諸性質 (4) 冷却法の差による捻回数 (5) 各種温度に於ける電氣抵抗 (6) 焼戻後捻回数の著しく減少する理由の考察

5. 螺線發條成形後の性質に就て A. 熱處理による抗力の變化 (1) 各種焼戻温度に於ける壓縮試験 (2) 冷却方法による抗力の變化 B. 全壓縮による抗力の變化 C. 疲勞試験 D. 實地試験

III 結言

I. 緒言

本研究は特に抗力を要するピアノ線の研究にして陸軍の某兵器に使用せる螺線發條につき實施せるものにして大なる抗力を要するため、現在市井にある内地製品にて検査規格に合格するものなく不得已外國製品を使用せる状態なれば自給自足の見地より速かに之れが解決の要を生じ研究の結果漸く内地製品にても目的を達するものを得るに到れり。

II. 研究の経過及實驗結果

1. 化學成分 現在使用しある外國製品 B 及 S 種につきその化學成分を調査せしに概ね次の範圍内にあり。

C	Mn	Si	S	P
0.90~1.03	0.15~0.60	0.15~0.3	0.03以下	0.03以下

即ち普通のものに比し炭素量非常に多きを知り第1回試験品にして炭素量 0.98~1.03 のものを製作試験せしにその結果次の如し。

イ、化學分析

種類	成分				
	C	Mn	Si	P	S
外國品 B	0.97	0.20	0.26	0.016	0.023
外國品 S	0.92	0.54	0.21	0.016	0.022
第1回試験品 Y	1.02	0.17	0.13	0.014	0.013

ロ、物理試験

種類	區分	線徑 mm	破斷荷重	捻回数	屈曲回数
			kg	6'	r=5mm
外國品 S		1.19	287	38	68
外國品 B		1.24	290	28	86
第1回試験品 Y		1.30	277	5	38

上記の如く試品 Y は捻回及屈曲試験に於て著しく劣れるを見る、之れ化學成分のみにては所望の抗力を出し得ざるを示すものにして後述する如き加工方法及組織を適切ならしむるを要するものなり(但し Mn 量に多少の差あるもこれは後の研究に譲る)。

2. 加工方法 上記 3 種類 B. S. Y の顯微鏡組織は附圖第 1、第 2、第 3、の如くこれにより粒の大きさを推定すれば S 約 25/1,000mm、B 約 37/1,000mm、Y 約 50/1,000mm にしてその拉伸回数 B 及 S は約 10 回或は以上なるに反し Y は約 7 回ならん、而も前者は組織等齊なるに反し後者は不齊なり、斯くの如き加工方法の差は機械的性質に影響すること大なるは勿論なり、依て第 2 回試験品として加工條件を次の如く決定製作せり。

加工條件 熱間壓延にて約 5.5mm 迄おとし次

に拉伸にて(9~10回) 1.30mm とすること。

3. 顯微鏡組織 外國品 B 及 S はその組織全部ソルバイトにしてパーライトは痕跡なるに反し試製品 Y はパーライト約 5% 介在す、かくの如きパーライトの存在は機械的性質に悪影響を及ぼすは勿論にしてこれが絶無も亦必須の要件なりとす。(附圖第 1 乃至第 3 参照)

4. 物理的諸性質 前述の如く化學成分、加工及組織の條件を附して製作したるものを供試材料として第 2 回の試験を行へり。(その顯微鏡組織は附圖第 4 乃至第 8 の如し)

(1) 供試材料の化學分析次の如し。

種別	略符	C	Si	Mn	P	S
Y 1 號	1	0.96	0.17	0.23	0.012	0.012
Y 2 號	2	0.93	0.15	0.24	0.014	0.013
Y 3 號	3	0.97	0.14	0.23	0.015	0.012
Y 4 號	4	1.00	0.16	0.22	0.014	0.012
Y 5 號	5	0.97	0.16	0.24	0.013	0.011
B(外國品)	6	0.99	0.24	0.20	0.016	0.021

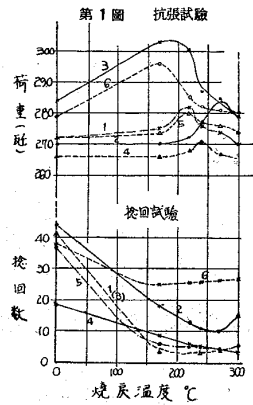
備考 以後全部略符號を用ふ。

(2) 各種焼戻温度に於ける抗張及捻回試験：—今油槽中にて焼戻温度を 170°C より 300°C の間に於て加熱し 7 分間持續したる後空中放冷を行ひ抗張及捻回試験を行ふ、その結果第 1 表及第 1 圖の如し。

第 1 表

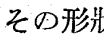
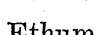
種類	焼戻温度 °C	破斷荷重 kg	捻回数	種類	焼戻温度 °C	破斷荷重 kg	捻回数
1	焼戻せず	272	41	2	焼戻せず	270	44
1	170	275	4	2	170	270	18
1	220	282	4	2	220	272	13
1	240	276	3	2	240	277	11
1	270	274	4	2	270	284	10
1	300	270	3	2	300	279	15
3	焼戻せず	284	42	4	焼戻せず	266	19
3	170	303	3	4	170	265	9
3	200	301	4	4	220	268	6
3	240	287	3	4	240	271	4
3	270	285	4	4	270	267	5
3	300	279	6	4	300	266	5
5	焼戻せず	272	37	6	焼戻せず	279	38
5	170	274	6	6	170	296	25
5	220	280	4	6	220	285	26
5	240	277	5	6	240	282	26
5	270	276	4	6	270	281	27
5	300	274	5	6	300	280	27

- 備考 1. 上記數値は 2 本の平均値とす。
2. 抗張試験は標點距離 100mm 捻回試験は支點間 6 吋とす。
3. 線徑 1.30mm (1~5) 及 1.24mm (6) とす。



上記の如く熱處理により抗力を増大する理由は本多博士の説の如く常溫加工に基因する内部歪が熱的影響を被りその最も不安定なる部分は次第に内部歪を生じて安定となり以後迂りを生じ難くなり

即ち硬度の増加を起すと考へ得べし、次に上記曲線圖に見る如くその最大抗張力を現す、焼戻温度は各線により異なり 170°C より 250°C の間に變化す、即ち常溫加工を多くうけたるもの程低溫に於て最大抗張力に達するものなることを推測し得べし。(但し(4)は炭素量稍多きに拘はらずパーライトの存在比較的他より多きため、最初の抗張力(2)より小なるも拉伸度は(2)より大なり故に上圖の如き關係となる)且その捻回数是一般に抗張力最大時に最少なり、而してこゝに注目すべき現象は外國品(6)は熱處理により捻回数の減少比較的小きに反し試製品は著しく減少せることなり。

又捻回試験の破斷狀況につき述べれば次の如し、捻回数多きもの(試製品及外國品共)の破斷面は長軸に直角平面()となるも捻回数少きもの、破斷面は平面とならず、不規則にしてその形狀は  或は  となる(これは既に E. Ethum 氏が Metal Progress 29(1931) No. 3. P56 中に發條鋼線に就て述べてゐるものと一致す)のみならず必ず局部捻回を生起す、これ等現象を確

むるため更に以下數項の試験を行へり。

(3) 一定温度に於ける物理的諸性質：一前述の如く一般的に最大抗張力を現はす焼戻温度(220°C~240°C)にて7分間持續後空中放冷を行ひ物理的諸性質を測定せる結果第2表の如し。

第 2 表

物理的性質	熱處理	種 類					
		1	2	3	4	5	6
捻回数同	焼戻前	43	45	42	42	40	35
	焼戻後	5	9	4	5	3	30
屈曲回数同	焼戻前	43	56	46	43	41	68
	焼戻後	44	51	36	40	40	65
破断荷重同	焼戻前	273	263	282	267	273	283
	焼戻後	280	270	289	273	281	292
延伸率同	焼戻前	1.4	1.7	1.4	1.8	1.4	1.2
	焼戻後	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7	1.1
硬度(ブリネル)同	焼戻前	426	429	418	427	409	477
	焼戻後	457	457	450	447	426	503

- 備考 1. 捻回試験は支點間 6 吋とす。
 2. 屈曲試験は屈曲半徑 5mm とす。
 3. 抗張試験は標點距離 100mm とす。
 4. 上記數値は各 8 本の平均値とす。

上記に見る如く試製品(1~5)は焼戻前の捻回数及延伸率に於て稍大なるのみにて、他の諸性質は全部劣れるを見る、特に焼戻後の捻回数の著しく減少するは前述と同様なり。

(4) 冷却法の差による捻回数：一各種温度に於ける水中冷却と空中放冷との捻回数に及ぼす影響を知るため第3表の如き試験を行へり。

第 3 表

種類	焼戻温度 °C	冷却法	持續時間分		
			1	5	10
2	170	{水中 空中	44	43	15
			47	22	30
"	220	{水中 空中	3	6	3
			2	6	4
"	270	{水中 空中	4	5	4
			3	3	5
5	170	{水中 空中	36	8	5
			11	25	7
"	220	{水中 空中	4	3	6
			7	4	4

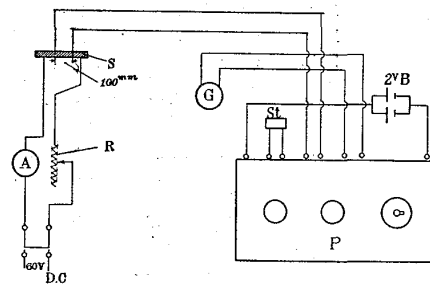
5	270	{水中 空中	4	3	4
			4	4	8
6	170	{水中 空中	44	35	40
			38	39	37
"	220	{水中 空中	40	31	34
			30	42	32
"	270	{水中 空中	35	36	31
			36	33	30

上記の如く水中冷却と空中冷却との間に於ける捻回数之差及持續時間の長短による差は殆ど認め得ず、唯 170°C の場合に於て時間短きときは熱効果充分ならざるため捻回数尙相當大なるのみなり。

又は(6)他の(2)及(5)に比し著しく大なり。

(5) 各種温度に於ける電気抵抗：一

次の如き方法により電気抵抗を測定す。



St. 標準カドミウム電池(東京電気株式会社)
1.01851V

G. 鏡電流計

A. アムメーター(15A まで)

S. 試料(温度を測定した油槽中にて測定す)

R. 炭素抵抗器

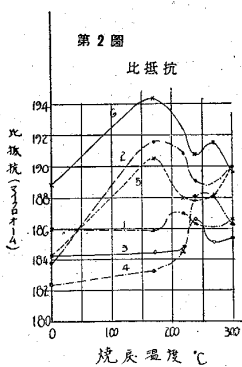
P. ポテンシヨメーター

試料は第1表と同一試料を用ふ、その結果第4表の如し。

第 4 表

種類	焼戻温度 °C	油槽温度 °C	平均抵抗 Ω/cm	線徑 mm	比抵抗 $\Omega/mm^2/mm$
1	焼戻せず	28.5	0.01368	1.316	0.0001860
1	170	30.0	0.01358	1.320	0.0001859
1	220	30.1	0.01362	1.322	0.0001870
1	240	31.1	0.01359	1.320	0.0001863
1	270	30.3	0.01359	1.322	0.0001861
1	300	30.0	0.01357	1.324	0.0001866

2	焼戻せず	28.5	0.01326	1.329	0.0001838
2	170	31.6	0.01435	1.308	0.0001916
2	220	30.9	0.01422	1.306	0.0001909
2	240	31.4	0.01423	1.301	0.0001891
2	270	30.7	0.01423	1.301	0.0001890
2	300	32.3	0.01435	1.298	0.0001900
3	焼戻せず	29.6	0.01310	1.338	0.0001843
3	170	29.8	0.01314	1.337	0.0001844
3	220	30.4	0.01317	1.336	0.0001847
3	240	31.1	0.01325	1.339	0.0001866
3	270	30.7	0.01321	1.335	0.0001851
3	300	30.0	0.01313	1.341	0.0001854
4	焼戻せず	29.6	0.01333	1.320	0.0001824
4	170	30.0	0.01390	1.296	0.0001833
4	220	30.8	0.01394	1.299	0.0001845
4	240	30.3	0.01410	1.304	0.0001881
4	270	30.8	0.01414	1.301	0.0001881
4	300	30.8	0.01399	1.302	0.0001863
5	焼戻せず	30.0	0.01390	1.300	0.0001843
5	170	31.7	0.01428	1.303	0.0001905
5	220	31.1	0.01408	1.303	0.0001880
5	240	31.5	0.01412	1.302	0.0001879
5	270	31.0	0.01410	1.305	0.0001881
5	300	30.8	0.01431	1.300	0.0001901
6	焼戻せず	30.1	0.01537	1.255	0.0001891
6	170	31.7	0.01556	1.261	0.0001844
6	220	31.5	0.01533	1.260	0.0001924
6	240	32.1	0.01533	1.258	0.0001907
6	270	30.0	0.01535	1.256	0.0001916
6	300	30.7	0.01525	1.259	0.0001895



第2圖曲線に見る如く外國品(6)は一般に試製品より比抵抗大なり、これ顯微鏡組織に於て見る如く(6)はよく粒伸されあるためなるべし。

又最大抗張力を現はす附近に於て比抵抗も亦最大を現はすものゝ如くである。(前記第1圖の最大抗張力と比較し例外はあるも一般にかく認めるを得ん)而してこの比抵抗により焼戻後の捻回数減少の理由を發見するを得ず。

(6) 焼戻後捻回数の著しく減少する理由の考察：一試製品の焼戻後捻回数激減の現象は外國品の如く線全長に亘り等齊な捻回を生ぜず、必ず局部捻回を生起するがためなり、故にこの局部捻回を生起する理由を明らかにせば可なり。

今迄説述せる如く、試製品は其の組織に於て粒子

の不齊パーライトの存在等外國品に劣れるもこの點は焼戻前に於て既に存在せるものにして、焼戻前の捻回数は寧ろ大なる故、これが直ちにその直接原因と認むる能はず(然れども粒子の不齊及パーライトの存在は常溫加工程度に不齊を生起せしめ、間接原因たるは明らかなり)而して焼戻を行ふも低溫なるを以て顯微鏡的組織にはその變化を認むる能はざるも、既に何等かの變化を生起しあることは想像し得べし、又電氣抵抗及冷却方法によりてもその原因を見出す能はず故に今次の如く考察せんとす。

鋼線は材料の良否壓延作業(ロッドの形狀等)拉伸作業(拉伸回数、拉伸速度及ダイスの形狀等)及パテンチングの適否(組織上パーライトの存在粒子の粗大及不齊等)等により線各部は常溫加工程度即ち内部歪を受くる程度を異にすることは考へ得べし、而してこの不齊度大なるものは熱處理を施さざるも既に捻回数僅少なり、これに反し不齊度小なるものは捻回数大なり、然れども後者に於ても焼戻を行ふことにより捻回数を激減することあるは次の理由による。即ち焼戻溫度は線全體として適當なる溫度に於て行ふものなるを以て、局部的に内部歪の大なる部は既に最大抗張力を越へ、軟化をなしあるものと考ふるを得べし、(前述の如く内部歪の大なるもの程低溫にて抗張力最大に達する理由による)而してこの内部歪力の減少速度は極めて大なるを以て焼戻前以上に内部歪力分配に不齊を生起することを想像し得べし、これ局部捻回を生起する原因なり、(この局部軟化は線の拉伸方向にて各所に生起するものなるを以て抗張力の減少に大なる影響を及ぼさざるものと考へ得べく、從て線全體としては焼戻により抗張力を

増加すべし、然れどもこの局部軟化は捻回に對しては局部捻回生起の原因となる。

5. 螺線發條成形後の性質に就て

A. 熱處理による抗力の變化

(1) 各種焼戻温度に於ける壓縮試験 供試材料により所定の螺線發條 (全長 412~420mm 外徑 10.7~11.0mm 卷數 90~100) を作り次表の如き區分に從ひ各種温度の焼戻を行ふ。

第 5 表
温度 °C

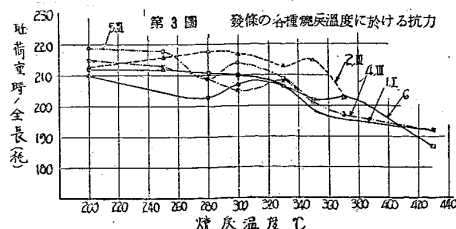
種類	200	250	300	330	350	370	430
1 { I	1	2	2	2	1	1	1
II	1	2	2	2	1		
III		2	2	2	1		1
2 { I		1	2	2	2	1	
II		1	2	2	2	1	1
III	1	1	2	2	2	1	1
3 { I	1		2	2	2	1	1
II		2	2	2	2	1	1
III	1	1	2	2	2	1	1
4 { I	1	1	2	2	2	1	1
II		1	2	2	2	1	1
III	1	1	2	2	2	1	1
5 { I	1	1	2	2	2	1	1
II		1	2	2	2	1	1
III		1	2	2	2	1	1
6 I	2	2	2	2	2	1	2

備考

- 表中の數字は發條の數を示す。
- 上表中 1、2、3、6 の全部及 5 II III は持續時間 40 秒、3、全部及 4、I は 60 秒とす。
- 温度 200 及 250°C は油浴 280A 430°C は Sn+Pb 混合浴を用ふ。

上記の如く熱處理を施したるものを機械的に全壓縮を行ひ 1 週間その儘放置したる後抗力試験器により 6kg 荷重時の全長(即ち抗力を示す)を測定す、その結果第 6 表の如し。

第 6 表を曲線圖とせば第 3 圖の如し。



第 6 表

種類	焼戻前 全長(mm)	温度 °C							
		200	250	280	300	330	350	370	430
1 {	I 412 { 全壓縮後全長	393		380	380	377	374	398	392
	抗力	210		203	203	206	197	197	192
	II 419 {	393	392	386	386	280	379		
"		218	213	210	210	204	200		
III 415 {			388	384	383	378	372		301
"			212	208	206	202	197		190
2 {	I 412 {			380	380	396	374	370	365
	"			220	217	213	211	207	213
	II 419 {			355	333	383	376	373	369
"			221	220	220	214	210	202	
III 415 {			390	384	382	378	374	366	366
"			213	216	218	217	213	215	203
4 {	II 419 {			392	385	380	382	366	373
	"			212	211	202	205	195	197
	III 415 {			391	386	380	380	382	372
"			215	213	209	205	203	201	
5 {	I 412 {			389	377	378	376	372	363
	"			213	213	210	208	204	203
	II 419 {			385	383	384	377	375	367
"			219	209	218	211	205	201	
III 412 {			388	385	379	375	375	370	
"			219	218	209	214	209	201	
6 {	420 {			399	390	398	394	390	388
	"			212	212	211	210	206	202

- 備考 1. 上記中 3 及 4. I は全壓縮による抗力の變化の項にて説述するを以て省略す。
2. 上記數値は平均値を記入せり。

第 3 圖に於て見る如く抗力の急激なる減少を始める温度は持續時間により異なる、即ち持續 40 秒の時は約 300°C なるも 60 秒の時は約 280°C なり、これ持續時間短少なるを以て斯く温度高きも更に持續時間を大とせば遂に 250°C 以下となるべし。是れ既に前節に於て線そのものに就て述べたるものと一致すべし。

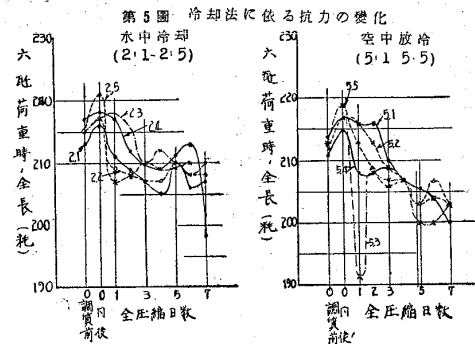
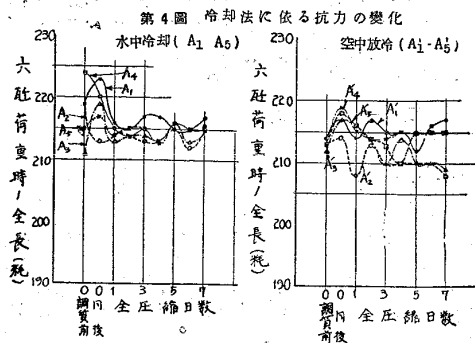
(2) 冷却方法による抗力の變化：一冷却法を異にするため抗力是如何に變化するやを見るため油槽にて焼戻温度 220°C a' 240°C にて 7 分間持續後一は水中冷却を他は空中放冷を行ひ全壓縮による抗力變化を測定す、その結果は第 7 表及第 8 第 9 第 10 圖の如し。

第 7 表

種類	冷却法	自然長 6kg荷重時 全長 mm	焼戻		全 壓 縮 日 數						
			前	後	1	2	3	4	5	6	7
A 1	水中冷却	404	392	388	387	387	386	386	386	386	386
A 2	"	404	393	389	387	388	387	387	387	387	
A 3	"	403	390	387	386	385	385	384	385	384	
A 4	"	403	392	385	384	384	383	386	388	385	
A 5	"	404	391	387	386	385	385	386	385	385	
A' 1	空中放冷	403	392	388	387	387	386	386	385	386	
A' 2	"	403	390	386	384	384	384	383	384	384	
A' 3	"	403	389	385	384	382	382	383	383	382	
A' 4	"	403	389	385	388	383	383	382	383	383	
A' 5	"	403	389	386	388	384	384	383	384	384	
A'' 1	焼戻せず	403	—	388	388	385	382	382	382	382	
A'' 2	"	404	—	388	385	383	382	382	381	381	
2, 1	水中冷却	393	382	374	371	367	367	364	365	363	
2, 2	"	394	383	376	372	369	369	367	367	363	
2, 3	"	394	384	376	373	370	371	369	368	367	
2, 4	"	394	389	374	371	367	360	365	366	362	
2, 5	"	393	383	374	371	367	366	364	365	370	
5, 1	空中放冷	393	382	372	369	366	360	361	360	359	
5, 2	"	393	383	372	370	368	366	365	363	362	
5, 3	"	392	382	372	369	365	363	365	362	360	
5, 4	"	392	281	373	369	367	366	368	362	360	
5, 5	"	392	382	391	369	367	366	369	365	360	
2, A	焼戻せず	394	—	376	370						
2, B	"	394	—	377	369						

備考

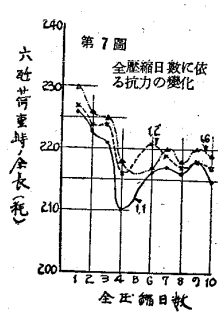
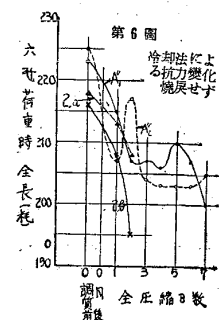
1. 上表中符號—は發條に局部彎曲を生じ抗力の測定出來ざるものにして以後再び抗力の記入せるはこれを矯正して測定せるものなり。
2. 種類 A は外國品 (2) (5) は試製品とす。



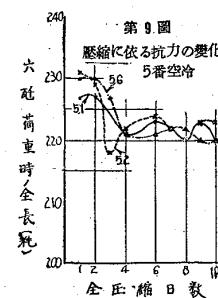
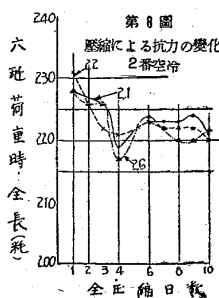
第4圖に見る如く空氣冷却よりも水中冷却の方稍良好なり、第5圖に於ける抗力は製作時の發條の自然長短かより

しと且つ焼戻前に荷重を加へたるとにより所定荷重に耐へず局部變歪を生ずるに至れるため正確なる判定を下す能はざるも、水冷却の方稍と良好なるを見るべし。第6圖の熱處理を施さざるものに至りてはその抗力減少の著しきを見る。

上記事實を確實にするため即ち空中放冷による抗力の變化及焼戻前荷重を加へると否とによる抗



力の變化を見るため更に同一熱處理試驗を行ふ、その結果は第8、第9表及第7、第8、第9圖の如し



第 8 表

種類	焼戻前	焼戻後	全 壓 縮 日 數										
			第1日	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1,1 {	自然長mm 6kg荷重時 全長mm	419	407	397	396	394	393		392	392	392	292	392
				226	223	221	210		216	217	216	218	215
1,2 {	"	419	406	398	397	396	395		393	393	393	393	393
				227	224	224	216		221	219	217	218	217
1,3 {	"	418	405	397	397	396	399		395	395	393	393	393
				229	225	219	210		221	218	219	218	218
1,4 {	"	418	407	399	395	394	393		395	392	392	391	391
				224	226	217	218		219	217	219	218	220
1,5 {	"	418	407	399	398	397	396		398	395	395	395	394
				224	224	224	210		218	220	220	213	218
1,6 {	"	418	407	399	397	396	396		395	394	394	394	394
				230	226	225	218		217	220	218	220	219
2,1 {	"	420	408	399	398	397	396		395	396	394	395	395
				228	227	226	219		223	223	223	224	221
2,2 {	"	418	407	399	398	397	396		395	395	395	394	393
				231	226	222	221		223	222	222	222	220
2,3 {	"	419	408	399	398	397	397		396	395	395	394	394
				230	227	226	220		221	223	223	224	220
2,4 {	"	418	406	399	397	397	397		395	394	394	394	394
				231	228	224	220		221	224	220	222	220
2,5 {	"	420	409	401	399	398	397		397	397	397	396	395
				227	228	226	220		221	224	221	222	222
2,6 {	"	419	407	400	398	397	396		396	396	395	395	395
				228	226	226	217		224	222	220	220	222
5,1 {	"	419	408	400	399	398	398		396	397	396	395	395
				227	227	224	221		223	222	223	223	220
5,2 {	"	418	406	398	396	396	395		394	393	395	394	393
				231	229	218	222		224	222	220	223	223
5,3 {	"	418	406	397	395	394	393		392	392	396	395	394
				228	228	224	220		220	221	221	222	222
5,4 {	"	419	407	399	397	397	396		395	394	395	395	393
				230	228	224	223		223	222	222	222	221
5,5 {	"	418	406	399	398	397	397		396	395	395	395	395
				230	228	227	221		223	222	220	220	220
5,6 {	"	418	407	398	398	397	395		394	394	394	394	394
				230	230	227	221		221	222	222	220	220

第 9 表

種類	製作時	焼房前	焼戻後	全 壓 縮 日 數							
				第1日	2	3	4	5	6	7	
1,1° {	自然長mm 6kg荷重時 全長mm	418	411	393	393	393	392	391		391	391
					218	219	214	218		217	213
1,2° {	"	417	412	395	395	395	372	391		390	390
					219	221	220	214	219		218
2,1° {	"	416	412	400	396	395	394	394		393	393
					221	221	220	220	221		220
2,2° {	"	416	411	400	395	344	393	392		392	391
					223	223	220	219	224		221
3,1° {	"	417	409	399	395	393	392	391		390	391
					221	223	221	220	223		220
3,2° {	"	416	410	395	394	393	393	392		391	391
					223	223	221	221	222		222

好なる結果を得、水中冷却と大差なきを知る。

又第8表と第9表とを比較する時は焼戻前に荷重を加へたるものは荷重を加へざるものに比し抗力稍々劣れるを見る、これ亦發條製作上注目すべき現象にして現に製作上注意を拂ひつゝある點なり、この現象は概

上記結果に於ける如く自然長を長くし且つ焼戻

ね次の如く考ふことを得ん。

前の壓縮を省略する時は空中放冷によるも相當良

焼戻前即ち線そのものが最大抗力を發揮しあら

ざる時期換言すれば線そのもの、拉伸作業に基く内部歪が不安定なる時期に於て、更に新たなる方向に屈曲せらるるを以てそれに應ずる内部歪りを生ず、従つて焼戻を行ふも最初の不安定なる部分に應ずるだけの内部歪を生せず、後者の内部歪りと合したる歪りを生じ安定状態となるを以つてなり。

B. 全壓縮による抗力の變化：—第 6 表中の 3 及 4、I を熱處理後機械的に全壓縮を施し毎日その抗力を測定すること約 1 ヶ月に及べり、その結果第 10 表乃至第 13 表の如くその曲線圖は第 10、第 11、第 12、第 13 圖の如し。

第 10 表 (3, I)

日次	溫度°C							
	200	250	280	300	330	350	370	430
1	212	217	202	207	204	195	190	190
2	210	205	202	205	200	195	187	187
3	205	205	201	202	200	190	188	188
4	195	200	192	193	184	180	173	173
5	195	200	194	193	185	185	173	173
6	203	201	198	201	195	190	180	180
7	204	200	195	199	196	185	180	180
8	200	200	194	199	195	187	183	183
9	201	200	195	199	196	185	182	182
10	200	200	193	197	195	185	180	180
11	202	201	199	200	192	190	180	180
12	200	197	193	195	190	185	180	180
13	200	198	194	196	191	172	176	176
14	199	198	194	194	197	183	180	180
15	203	198	195	194	192	185	180	180
16	200	197	194	193	192	184	180	180
17	200	198	195	198	191	183	178	178
18	200	200	194	197	195	184	180	180
19	200	200	192	196	192	185	180	180
20	199	197	195	195	190	180	171	171
27	198	199	193	196	191	182	177	177

第 11 表 (3, II)

日次	溫度°C						
	200	250	280	300	330	350	370 430
1	210	212	206	200	193	204	204
2	210	210	205	195	195	200	200
3	213	202	195	180	180	185	185
4	190	192	194	208	185	195	195
5	204	195	180	197	180	180	180
6	204	200	200	195	177	195	195
7	208	201	197	198	177	180	180
8	202	200	187	202	186	192	192

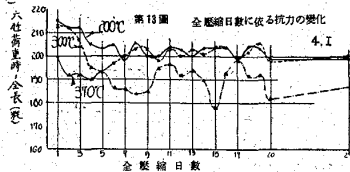
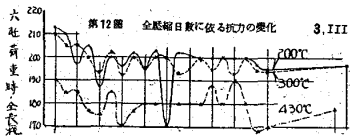
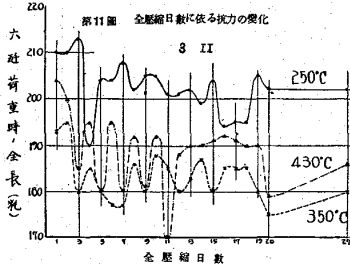
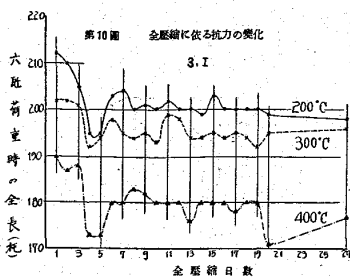
9	205	200	185	192	180	181	181
10	205	200	187	200	188	192	192
11	201	201	185	191	165	170	170
12	201	198	205	200	180	183	183
13	202	200	194	197	183	190	190
14	199	197	194	197	187	190	190
15	204	203	195	180	180	191	191
16	194	199	200	200	185	192	192
17	195	202	193	198	185	191	191
18	195	204	200	200	185	190	190
19	205	200	200	180	180	190	190
20	202	192	193	175	175	178	178
27	202	202	198	195	180	186	186

第 12 表 (3, III)

日次	溫度°C							
	200	250	280	300	330	350	370	430
1	213	212	207	210	208	195	190	190
2	210	211	210	205	202	190	185	185
3	197	213	206	205	190	185	185	185
4	205	208	206	200	180	170	177	177
5	187	193	197	193	193	178	175	175
6	200	206	203	202	190	187	185	185
7	196	202	200	192	175	170	170	170
8	202	207	202	200	200	190	177	177
9	195	192	190	195	185	178	180	180
10	203	206	200	200	182	180	180	180
11	170	203	205	200	194	190	180	180
12	202	204	200	193	194	188	180	180
13	201	202	200	195	193	187	180	180
14	200	201	198	194	193	187	180	180
15	200	201	200	195	191	190	180	180
16	200	200	202	200	190	190	180	180
17	200	200	200	193	190	180	190	190
18	200	205	201	200	190	180	180	180
19	197	200	201	195	178	170	168	168
20	195	198	198	194	186	170	170	170
27	197	198	199	197	190	180	178	178

第 13 表 (4, I)

日次	溫度°C							
	200	250	280	300	330	350	370	430
1	215	218	215	213	210	208	200	200
2	212	216	216	212	210	208	192	192
3	212	215	217	207	200	207	192	192
4	205	206	205	195	201	200	190	190
5	203	205	205	193	198	198	193	193
6	205	208	205	197	195	198	187	187
7	198	196	197	200	199	197	186	186
8	206	208	206	203	200	195	184	184
9	200	206	206	193	203	194	185	185
10	200	203	205	185	203	194	195	195
11	204	205	203	203	198	197	197	197
12	203	204	201	200	203	197	194	194
13	200	205	200	203	199	196	194	194
14	204	205	200	201	202	200	190	190
15	204	206	204	204	199	180	178	178
16	204	202	204	204	200	200	193	193
17	199	205	201	200	200	197	193	193
18	204	205	207	202	200	200	192	192
19	204	206	203	206	201	198	192	192
20	199	199	202	198	201	198	182	182
27	200	203	204	201	197	198	188	188



上記諸曲線に見
る如く温度約 300
°C 以下のものに
ありては全圧縮日
数 4~5 日附近迄
抗力減少し再び僅
か上昇し爾後殆ん
ど一定の状態とな
れり、之れに反し
温度約 300°C 以
上のものにありて
は全圧縮日数 4~
5 日附近迄は抗力
減少し、爾後再び
抗力上昇するもの

あり、亦せざるものありて不規則なり。

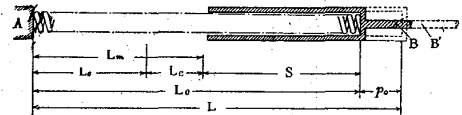
この現象はピアノ線を以てする蛇線發條製作上最も注意を要する點にして、製作熱處理後 1 週間全圧縮を施したる後抗力試験を行ひ合歪を決定するはこのためなり。

これが原因については未だ何等の學説を見ざるも、概ね次の如く考ふことを得ん、即ち螺線發條は自然長に於て熱處理を施さるゝを以てその状態に於て最も安定なる方向に内部歪りを生じ安定となりあるも更に外力により全圧縮を施さるゝを以て前記安定状態は後者の状態に對しては不安定となるべし、故に更に後者に對する安定状態になるべく、内部歪りを生じ 4~5 日にしてその作用を完了し爾後歪りを生じ難くなり發條の各部は等齊に荷重を受くる様になるを以つて抗力は再び僅か増加し以後一定状態となるべし。

300°C 以上のものゝ抗力弱きは既に最大抗張力

の點を超過しあるを以て線そのものゝ内部歪力の減少を僅か伴ひ、従て軟化現象を生起しあるためなるべく、而もその不規則なるは焼戻持續時間 40 秒の短少なるため内部歪力の減少程度に不齊あるためなるべし。

C. 疲勞試験：一本試験には實際使用せらるゝ某兵器に之れを装入し機械的に某兵器を運動せしめ、その往復運動により發條の疲勞状態を見たるものにしてその發條全長初壓衝程全圧縮長等の關係次の如し。

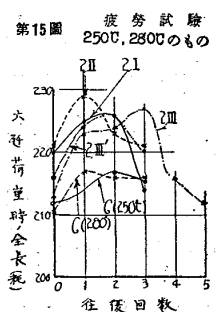
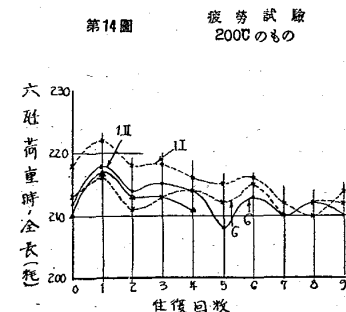


L 發條全長 400mm、Le 全圧縮時の長さ 118mm
Lo 豫壓時の全長 333mm、Lm 機能上最大圧縮時の長さ 118mm

p。豫壓量 67mm、S 衝程 152mm

Le = Lo - S = 63mm、La = Lo - Lm - S = 15.5mm

供試材料は第 6 表中の〔(1) 200°C、250°C、280°C〕〔(2) 250°C〕、〔(6) 200°C、250°C、280°C〕にしてその試験結果第 14 表及第 14 圖の如し。



上記結果の如く試製品も外國品 (6) も殆んどその差を認めざるに至れり、(一見(2)は(6)より良好なる如きも線徑に於て 0.1mm 大なると焼戻温度 (6) に適合せざるを以てなり)。

更に第 14 圖にて見る如く往復運動 5,400 回の

第 14 表

種類	溫度 °C	試験前 抗力 mm	往復回数									
			5,400	10,800	16,200	21,600	27,000	32,400	37,800	43,200	48,600	
I, I	200	210	217	213	213	210	210					
I, II	200	218	222	218	218	216	215	216	212	210	214	
1, II	250	215	219	218	218							
1, II	250	210	216	216	214							
1, I	280	202	210	208	206							
1, II	280	205	215	208	212							
2, I	250	220	205	226	214							
2, II	"	221	229	223	221							
2, III	200	213	223	224	227	216	212					
2, III	200	216	224	226	220							
6	200	212	218	214	215	214	208	213	210	212	210	
"	200	213	216	211	213	214	212	215	210	212	212	
"	250	212	215	217	215							
"	250	212	213	217	214							
"	280	208	216	214	214							
"	280	213	218	218	218							

備考 1. 表中の字数は螺線發條の往復運動後 6kg 荷重時の全長を示す。(單位 mm)
 2. 溫度 200°C のもののみ往復運動 48,600 回行ひ他の溫度のものは之を中途にて中止せり。
 3. 試験前の抗力とは焼戻後 1 週間全壓縮を施したる後 6kg 荷重時の全長 (mm) なり。

時の抗力は一度上昇し爾後漸減せるを見る。(他の溫度のものも第 14 圖の如く概ね同様の状態なるを推測し得るを以て中止せり。

この一度上昇せるは次の理由によるものと考へらる。

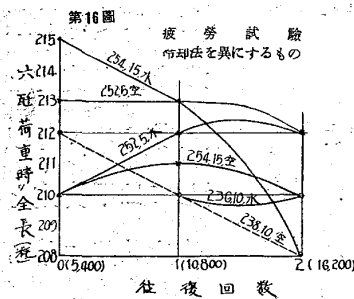
發條は全壓縮状態に對し安定なる如く、内部歪りを生じありたるも焼戻持續時間 40 秒の短きため尙内部歪力の殘存せるもの即内部歪りの完了しあらざるものあるを想像し得べし、而して一方往復運動の最大壓縮長は前述の如くその全壓縮との間に La なる差あるため更に往復運動による震動により新なる方向に内部歪りを生ずること比較的容易なるためなるべし、故にもし焼戻持續時間を長くし、内部歪力の存在を消却しあるならば、この上昇現象は生起し難がるべし、(第 15 表及第 16 圖参照) 爾後漸減せるは即ち金屬の疲勞に基くものなり。

次に上記上昇現象を確むるため及び冷却法の差が疲勞性に及ぼす影響を見るため次表の如き實驗を行へり。

第 15 表

種類	溫度 °C	焼戻持 續時間 分	冷却 法	試験前 抗力 mm	往復回数	
					5,400	10,800
2	252	5	水	發條自然長	387	384
				抗力 mm	210	212
"	"	"	空	"	385	384
				"	213	212
"	236	10	水	"	387	384
				"	212	210
"	"	"	空	"	385	380
				"	212	208
"	254	15	水	"	385	381
				"	215	208
"	"	"	空	"	385	381
				"	210	210

備考 1. 焼戻は油槽にて種油を用ふ。



上記結果に見る如く焼戻持續時間の長きもの程前記上昇現象の生起概して少きを見る。且又冷却法を異にするも疲勞性に及ぼす影響は大差なきを知る。

D. 實地試驗:— 實地試驗は多額の費用を要する關係上先づ第 1 回として第 8 表中の (2.1) のみを試験に供せり、その結果次の如し。

發射彈數	0	2,500	5,000	7,500	10,000
發條全長	395	391	390	383	379
6kg 荷重時の全長	221	211	211	205	195

上記の如く抗力は尙相當良好なるも局部的に變形を生ぜるを以て完全とは云ひ難きも相當使用し得るものなることを示す。

處理等を適切ならしむることにより外國品に劣らざるものを得ることの確信を得たり。

終りに望み著者は本研究中終始御懇篤なる御指導を賜つた東京帝國大學教授俵博士に對し厚く感謝の意を表す。

III. 結 言

本研究の結果を要約すれば次の如し。

1. 普通ピアノ線と異なり大なる抗力を要するものは炭素量多く 0.95~1.03 の範囲内にあり。

2. 常溫加工(拉伸)程度は最大抗張力に大なる影響を與ふるものなることを示す。

3. 最大抗張力を現はす焼戻溫度は拉伸程度により變化する (170°C~250°C) のものなることを示す。

4. 焼戻後の捻回数減少の理由を考察す。

5. 螺線發條の性質及諸現象につき説明し製作上注意すべき事項を示す。

6. 試製品と外國品とを比較しその相違點を示す。

是れを要するに上述諸種の試験により本邦製品にても使用し得るに至れるは明らかなるも、更に材料(ロツド)の選擇拉伸の方法熱處理による組織の改善及發條成形後の熱

