

ピアノ線に関する研究

(日本鉄鋼協會第 28 回講演大會講演. 昭 17. 10, 於東京)

俵 信 次*・福 地 浩*

INVESTIGATION OF PIANO WIRE.

Sinzi Tawara, Kogakuhakusi and Hiroshi Hukuti.

SYNOPSIS:—Effect of the temperature of heat treatment on the wire-drawing operation and mechanical properties were examined, in view of obtaining fundamental data on the manufacture of the excellent piano wire. The result of the test on the effect of the copper content in the wire revealed a decrease of the twisting value in case of the copper content more than 0.15%.

目 次

I. 緒 言		
II. 供試試料		
III. 実験装置		
1. 熱処理装置	2. 線引装置	
IV. 実験方法		
1. 線材の処理	2. 熱処理	3. 線引試験
4. 低温焼鈍	5. 機械的試験	6. 顕微鏡試験
V. 実験結果並に考察		
1. 熱処理温度の影響		
1) 実験試料	2) 線引試験	3) 硬度試験
4) 抗張試験	5) 屈曲試験	6) 捻回試験
7) 顕微鏡試験		
2. 銅含有量の影響		
1) 実験試料	2) 線引試験	3) 硬度及抗張試験
4) 屈曲試験	5) 捻回試験	6) 顕微鏡試験
VI. 結 論		

I. 緒 言

熱間圧延した線材より冷間加工にて鐵線を製造することは、既に西暦 1350 年獨逸に於て行はれた。爾來一般工業技術の進歩と共に本工業も躍進し、炭素含有量 0.1% 前後の線材の冷間加工は、極めて容易に行ひびるに至つたが、高級ばね用鋼線の材料たる高炭素鋼線の製造は甚しく困難を伴ひ、今尙各國に於て苦心して居る状態である。而して製造せられた鋼線の諸性質は、熱処理或は線引方法、即ち減摩剤ダイスの形状及び材質等に依り著しく影響せらるゝ故、これ等の研究は極めて眞剣に實施せられつゝあるが、本工業は從來多く小規模に行はれて居つた爲、家内工業的傾向を有し、秘密主義にて、それ等成果の發表せられたものは極めて少い。他方基礎的研究も大なる設備と費用を要する爲、A. T. Adam¹⁾(1920)又 Antom Pomp²⁾(1930)の 2

研究報告以外に見るべきもなく、本工業の進歩發達を阻害することが大きい。本邦に於ける高級鋼線の製造は、從來外國に依存して殆ど總て輸入に俟ちつつあつたが、支那事變發生以後これが國産化が唱へられ、漸く本格的研究に着手した狀況である。然るに優秀な高炭素鋼の素材を得る爲の熔解及び熱間圧延も、亦極めて困難な作業で、鋼線製造の研究と共に大いに研究を要すべき問題である。

尙本論文に取纏めた成績は、小規模な実験装置で施行せしものなれば、實際操業に依る成績と多少相違する點あるは免れざるも、これ等の成果を基とし、新設備に依り、本格的研究を爲さば、近き將來これが解決をなし得るものと確信を有する次第である。

II. 供 試 試 料

供試試料は株式會社神戸製鋼所に於て、鹽基性電氣爐に依り熔製せる鋼塊を分塊して製造せし小鋼片より、直径 9.5 mm 迄熱間圧延せし線材を使用した。特に熱処理温度の影響の試験用試料は、同一熔解より製造せし線材を使用し、成分上の誤差を皆無なる様にした。本研究に使用した線材の化學組成は第 1 表に示した。

第 1 表 化學組成

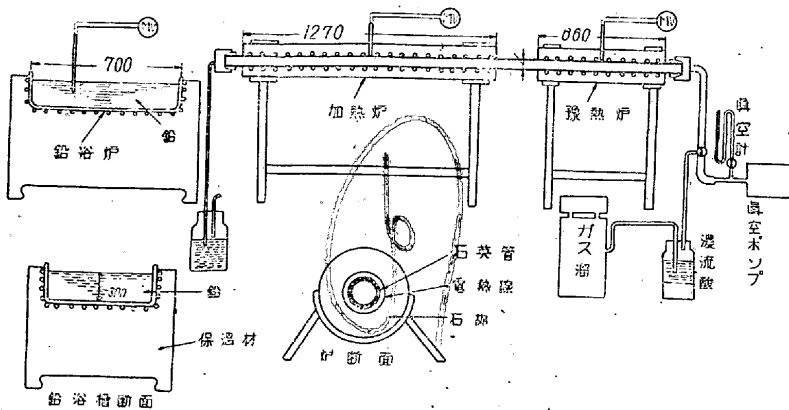
研究項目	熔解 番號	符 號	Cu%	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%	Cr%
熱處理温度 の 影 響	0A									
	1775	A	痕跡	.73	.30	.42	.013	.012	.06	.11
銅 含 有 量 の 影 響	0T.42	B	.015	.84	.19	.23	.021	.008	—	—
	0T.99	C	.08	.90	.20	.22	.041	.002	—	—
	0T.61	D	.18	.89	.20	.25	.020	.008	—	—
	0T.78	E	.33	.85	.13	.20	.024	.005	—	—
	0T.79	F	.375	.86	.29	.19	.017	.005	—	—

III. 實 驗 装 置

1. 熱處理装置

長き爐を使用する實際のパテンチング處理と、可及的同

* 海軍技術研究所材料研究部

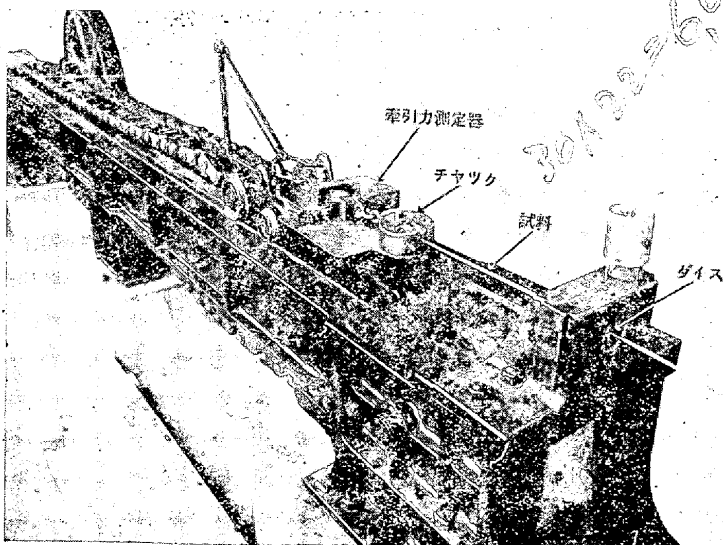


第1圖 鋼線熱処理装置
(石英管 55mmφ)

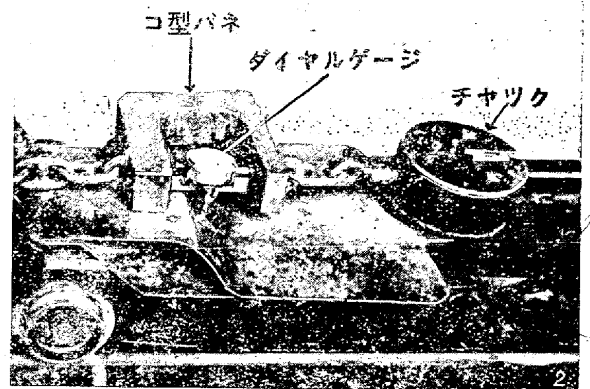
一熱処理を施す目的で、第1圖に示す様な装置で熱処理を行つた。爐は長さ 1.27 m の圓筒狀電氣爐にして、1200°C迄の使用に耐へ、中心に石英製圓管を通し、その一端には圖に示す様な同型の電氣爐を具備し、豫熱用に供した。石英管の両端には内部を氣密にするため完全な蓋を附した。これには水冷装置を附し、又試料の取入れを自由になし得る様にした。鉛浴槽は上記加熱爐と直列に置き、その加熱は自動溫度調節器を裝備し、700°C迄使用し得るものである。加熱爐内の溫度測定は爐の中央部に於て、石英管の外部に Pt-Pt-Rh 熱電對を挿入して行ひ、豫め實驗前爐内溫度との溫度差を測定し、これを補正した。又鉛浴溫度は Pt-Pt-Rh 熱電對にて正確に測定した。

2. 線引装置

本實驗に使用の線引機械は寫眞第1に示す長さ、4.5 m のベンチドローで 2.5m/mn の速度にて線引し得らるるも

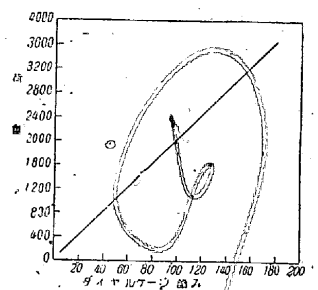


寫眞第1 線引装置



寫眞第2 牽引力測定機

回線引に要する牽引力を測定する目的にて、寫眞第2に示す様な「コ」型ばねを使用し、牽引力に依り生ずるその開きをダイヤルゲージにて測定し、豫め作製した第2圖に示す關係圖により求めたのである。



第2圖 ダイヤルゲージ
読みと荷重との關係

IV. 實驗方法

1. 線材の處理

試料には脱炭、捲込及び疵等の表面缺陷を有せぬ完全な線材を使用する爲、次の様な處理を行つた。先づ入手線材を長さ約 600 mm に切斷し、30% の煮沸鹽酸に 30 mn 間浸漬した後表面缺陷を檢查し、使用差支へないと認められたものは、更に 30% 硝酸にて直徑 8.8 mm 迄溶解し、缺陷除去の完璧を期した。次に 150°C の乾燥爐内にて約 6h 加熱し、含有水素を驅除した後、砂紙にて表面の凹凸を可及的除去し、更に口径 8.5mm のダイスにて 1 回線引し、眞圓となし、熱處理用試料の準備を完了した。

2. 熱處理

前項の様な處理を施した線材 3 本を 1 束とし、これを先づ 500°C に保持してある豫熱爐に挿入し、次に蓋をなし、真空ポンプを用ひ、内部の空氣を數回第2表に示すガスにて置換し、脱炭防止の完全を期した。

第2表 保護ガスの成分

O ₂	CO ₂	CO	N ₂ %
0.1~0.3	0.2~0.5	30~32	殘

のである。線引用ダイスは使用中、口径及ダイス角度の變化せぬ様、全部合金ダイス(ダイヤロイ)を使用した。尚毎

以上の操作中に試料は豫熱爐内にて十分豫熱される故、次に蓋を開くことなく、特殊の装置により加熱爐内に移行させた。所要温度に15mn間保持加熱後蓋を開き速かに鉛浴槽に入れ10mn間保持し、空気中に取り出し冷却した。尚加熱温度保持時間は基礎實驗の結果、必要且十分な時間を選定した。

3. 線引試験

線引用減摩剤は線引に要する牽引力、及び製品の諸性質に大きく影響を及ぼす故、使用法比較的平易で効果大なりと思われ銅鍍金を施し、更にその表面に市販の線引用減摩剤を塗布した。尚銅鍍金及び減摩剤塗布は毎回の線引毎に施した。ダイスは第3表に示す口径のものを順次使用し、直径3.1mm(減面率=82%)及び2.5mm(減面率=91.5%)の2種類の鋼線を製造した。

第3表 線引に使用したダイスの口径(mm)

8.2	7.6	7.0	6.6	6.2	5.8	5.4	5.0
4.6	4.3	4.0	3.7	3.4	3.1	2.8	2.5

尚最後の仕上りダイスによる線引は60°Cの湯内にて12h以上加熱し、銅鍍金の際生ずる恐れある酸脆性の影響を完全に除去³⁾した後行つた。

4. 低温焼鈍

一般に高抗張力鋼線はばね成形後200~400°Cの低温にて焼鈍を行ひ、弾性限を高め使用するものである。この處理を低温焼鈍(ブルーイング)と稱する。然るに鋼線に依つては低温焼鈍の爲、却つて捻回試験値著るしく低下し、線引状態にては優秀と認められたものも、本處理後は全く使用に適應ぬものあり。特に國産品にその傾向⁴⁾が大きい。依て本研究に於ては、3.1mm鋼線につき本處理を施し、その状況を試験した。その處理法は、硝酸加里と硝酸曹達の等量よりなる鹽浴中にて350°Cに15mn間保持し油中冷却をした。

5. 機械的試験

機械的試験は硬度、抗張、屈曲及び捻回試験を行つた。各試験は2~3回行ひ、これを平均した。尚毎回同一種類の機械試験に使用した試験片は、各線の同一位置より採取し、4~7個の平均を求めた、特に捻回試験及び屈曲試験は成績に不同が多い爲、試験回数を多くした。但し直径2.5mmのもの及び低温焼鈍した試料は、試料の関係上、捻回試験を除いては一回の實驗結果である。硬度試験はヴィツカース硬度試験機(50kg. 30s荷重)を使用し、試料は可熔合金(融點61°C)にて固定し、横断面に於て10個所以上測定

し平均した。抗張試験はアムスラー試験機(5t)にて標點距離200mmとした。尚本試験の際標點外にて破断せるものはこれを除外した。屈曲試験は普通の手動式屈曲試験機で曲徑を4mmに一定して行ひ、一方に90度屈曲するを第1回、舊に復するを第2回とし、次に反對に90度屈曲して第3回、再びこれを舊に復して第4回とし、以下これを重ね行ひ、切斷に至る迄この屈曲数を記録した。捻回試験は1000cmkgの捻回試験機を使用し、捫縮間の距離を直径の100倍とし、破断迄に捻回された回数を以て捻回数とした。疲勞試験はプルトン式の針金彎曲疲勞試験機に依り行つたが、試験成績不同で成果明かならざる故、目下引續きこれが原因探求中で、近々良結果を得るものと思ふ。

6. 顯微鏡試験

表面脱炭試験用試料は、水銀柱 10^{-3} mmの真空度を有する真空加熱用電氣爐にて、900°Cに1h加熱後爐中冷却し標準組織とし試験した。又組織は硬度試験に使用した試料を再研磨後檢鏡した。

V. 實驗結果竝に考察

1. 熱處理温度の影響

1) 實驗試料 鋼線の熱處理温度が線引の難易、竝に製品の諸性質に及ぼす影響を求める爲、第4表に示す様な加熱温度及び鉛浴温度を種々變化させた11種の場合に就き實驗した。

第4表 熱處理温度

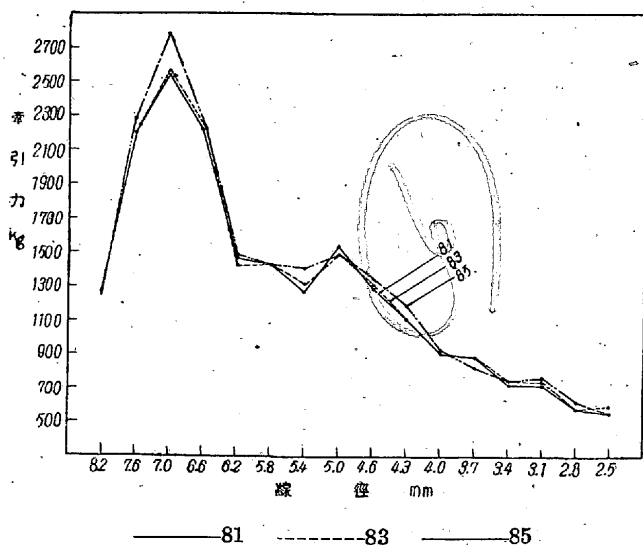
試料番號	加熱温度	鉛浴温度
加熱爐の温度を變化させた場合		
81	850°C	550°C
82	900	"
83	950	"
84	1000	"
85	1050	"
86	1100	"
鉛浴槽の温度を變化させた場合		
87	950°C	450°C
88	"	500
89	"	550
90	"	600
91	"	650

2) 線引試験 前述した装置による牽引力の測定は、装置不完全な爲、多少不正確なるも、これにより線引作業の難易の概略は判定し得るものと思ふ。バテンチングに於ける加熱温度が線引の際牽引力に及ぼす影響を、第5表第3圖に示す。これに依れば、線引作業の初期に於て、高温の場合低温の場合に比し大きい牽引力を要する

が、次第にその差僅少となり、最後の回数は殆んど同一となる。これは高温度処理の鋼線の硬度は、低温度処理のものより大きい事に起因するが、その影響も餘り甚しくない次に鉛浴温度は高き程線引容易であること、第6表及第4圖に示す。この原因も亦熱処理後の硬度が大きく相違してゐる事に依る。

第5表 加熱温度の牽引力に及ぼす影響

試料番號	81	83	85
加熱温度	850°C	950°C	1050°C
線徑 mm	kg	kg	kg
8.2	1265	1265	1245
7.6	2195	2195	2280
7.0	2540	2560	2785
6.6	2220	2240	2260
6.2	1465	1425	1485
5.8	1425	1425	1425
5.4	1265	1305	1405
5.0	1530	1485	1485
4.6	1285	1305	1345
4.3	1105	1105	1185
4.0	900	905	920
3.7	880	860	820
3.4	720	740	740
3.1	720	740	760
2.8	575	575	620
2.5	555	595	555



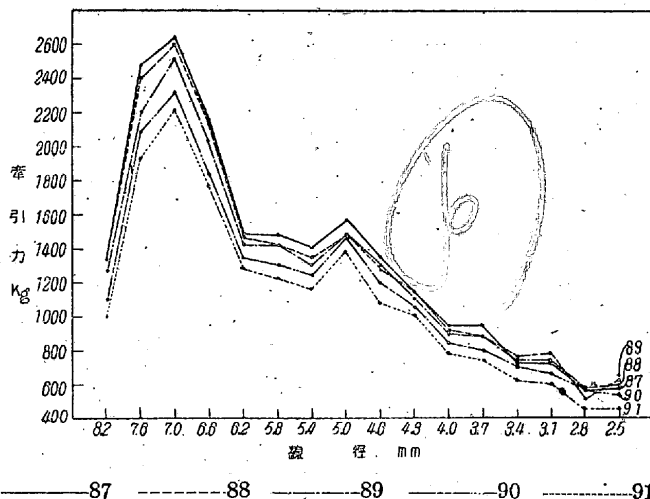
第3圖 加熱温度の牽引力に及ぼす影響

3) 硬度試験 實驗結果は第7表、第8表及第5圖に示した。加熱温度の相違に基く熱処理直後に於ける硬度は温度の高き程大きい。然るに線引後の硬度(3.1mm 鋼線)は逆に加熱温度が高い程小さい傾向を有す。これ加熱温度の高い場合は低い場合に比し加工容易なることを示すもので、一般に製造業者が高温度処理を望む理由の存する處と思考される。

直徑 2.5mm 鋼線の 3.1mm 鋼線より硬度の大きい事は、

第6表 鉛浴温度の牽引力に及ぼす影響

試料番號	87	88	89	90	91
鉛浴温度	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C
線徑					
8.2mm	1345kg	1345kg	1265kg	1080kg	980kg
7.6	2480	2400	2195	2095	1935
7.0	2645	2600	2520	2320	2220
6.6	2155	2135	2035	1855	1770
6.2	1485	1465	1425	1345	1285
5.8	1485	1425	1425	1305	1225
5.4	1405	1345	1305	1245	1165
5.0	1570	1485	1485	1465	1385
4.6	1345	1285	1305	1205	1080
4.3	1145	1145	1105	1060	1000
4.0	940	920	900	840	780
3.7	940	880	880	800	740
3.4	720	760	740	700	620
3.1	720	780	740	660	600
2.8	555	515	575	555	455
2.5	575	620	595	535	455



第4圖 鉛浴温度の牽引力に及ぼす影響

減面率即ち冷間加工の大きい爲である。次に低温焼鈍に依る硬度の増大は、總ての場合に起る現象で、本處理に依る弾性限、抗張力、竝に捻回値等諸性質の變化と密接なる關係を有するものと思考される。

鉛浴温度の硬度に及ぼす影響は、第8表及第5圖に見る様に、温度の上昇と共に著しく低下する。これは組織的に相違を生じた爲で 600°C 以上にて處理した試料は、層狀パーライト及フェライトを生成すること明かに認められる。

4) 抗張試験 試験成績は第7表、第8表第6圖に示す様に、加熱温度の變化は、本成績に大きい相違は生ぜぬが、鉛浴温度は著しい影響を示す。高温度の鉛浴にて處理した鋼線が、抗張力の低い事はパーライト組織の生成に基くものである。依て高抗張力ばね用鋼線を求める場合は、可及的低温度處理が可と認められる。

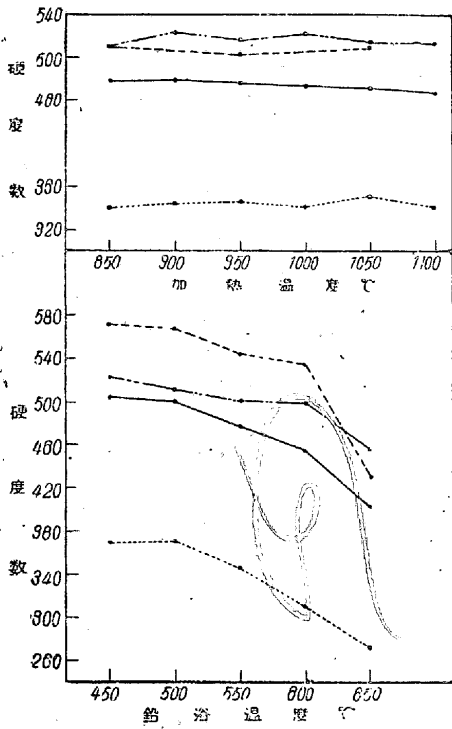
2.5mm 鋼線の 3.1mm 鋼線に比し抗張力が大きいのは、減

第7表 加熱温度の機械的性質に及ぼす影響

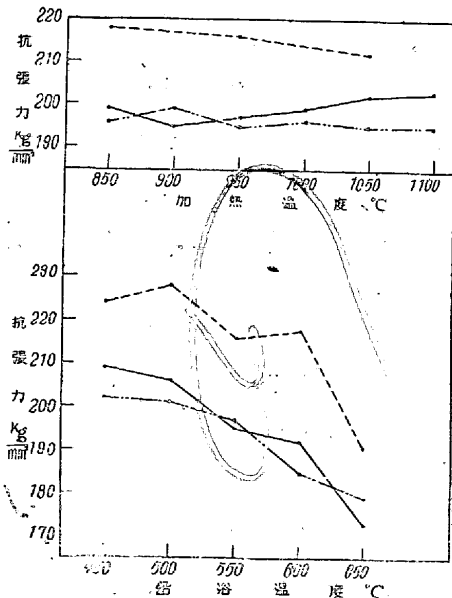
試験種類	試料番號	81	82	83	84	85	86
加熱温度	850	900	950	1000	1050	1100	
	區分	°C	°C	°C	°C	°C	°C
硬度數	熱處理後	340	343	345	340	349	343
	3.1mm鋼線	478	478	476	473	471	466
V.H.N	2.5mm鋼線	511	—	503	—	509	—
	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	510	523	516	518	513.5	512
抗張力	3.1mm鋼線	196	199	195	196	195	195
	2.5mm鋼線	218	—	216	—	212	—
kg/mm ²	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	199	195	197	199	202	203
	3.1mm鋼線	34	35	41	40	40	40.5
捻回数	2.5mm鋼線	41.7	—	41	—	42	—
	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	9	9	6	10	12.7	13.7
100d	3.1mm鋼線	13	11.5	13	13	13	12
	2.5mm鋼線	11.5	—	11.4	—	10.8	—
R=4	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	7.2	7.4	7.7	7.7	6.7	7.6

第8表 鉛浴温度の機械的性質に及ぼす影響

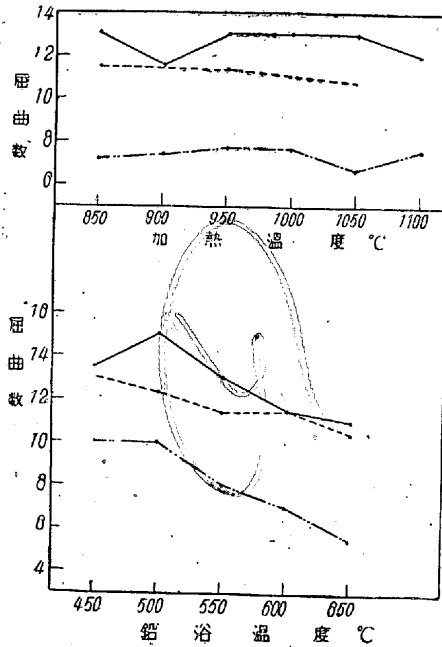
試験種類	試料番號	87	88	89	90	91
鉛浴温度	450	500	550	600	650	
	區分	°C	°C	°C	°C	°C
硬度數	熱處理後	368	370	345	311	272
	3.1mm鋼線	503	499	476	455	400
V.H.N	2.5mm鋼線	572	567	544	534	433
	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	522	511	499	498	455
抗張力	3.1mm鋼線	209	206	195	192	173
	2.5mm鋼線	224	228	216	218	191
kg/mm ²	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	202	201	197	185	179
	3.1mm鋼線	39	41	41	42	32
捻回数	2.5mm鋼線	40.5	41	41	46	38
	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	25	32	6	10	6
100d	3.1mm鋼線	13.5	15	13	11.5	11
	2.5mm鋼線	13	12.3	11.4	11.5	10.4
R=4	3.1mm鋼線の低温焼鈍後	10	10	8	7	5.5



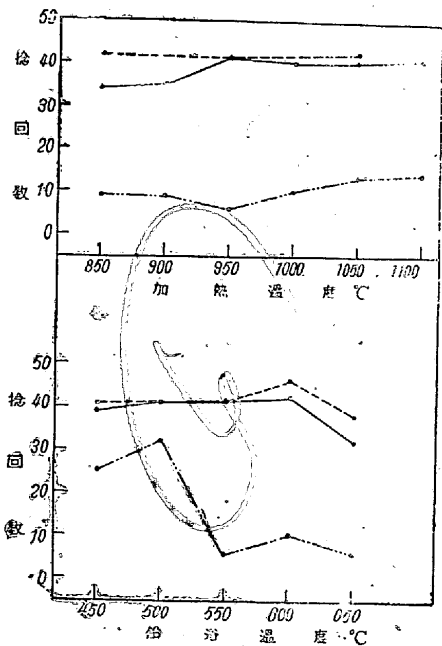
第5圖 熱處理温度の硬度に及ぼす影響
 — 3.1mm線
 — 5.1mm線
 ブルーイング後
 — 2.5mm線
 - - - 熱處理後



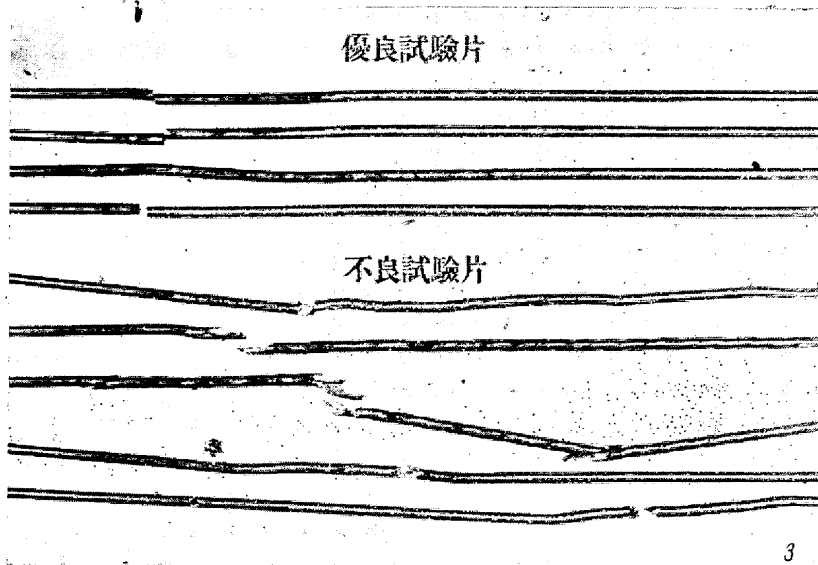
第6圖 熱處理温度の抗張力に及ぼす影響
 — 3.1mm線
 — 3.1mm線
 ブルーイング後
 - - - 2.5mm線



第7圖 熱處理温度の屈曲値に及ぼす影響
 — 3.1mm線
 — 3.1mm線
 ブルーイング後
 - - - 2.5mm線



第8圖 熱處理温度の捻回数に及ぼす影響
 — 3.1mm線
 — 3.1mm線
 ブルーイング後
 - - - 2.5mm線



寫眞第3 捻回試験に於ける破断状況

面率の相違に依るもので、これは大體減面率に比例する。

5) 屈曲試験 本試験は機械の本質上、人的誤差を生じ易いため、總て同一人に試験を爲させたが、尙 20% 乃至 30% の不同を生じた。仍て多くの試料に就き試験し、その平均を求めた。試験成績は第7表、第8表第7圖に示す。これを見るに加熱温度に依る影響は殆んど無いが、鉛浴温度は低い程屈曲試験値が高くなる傾向がある。

低温焼鈍を施した試料は、線引直後のものに就て試験した場合より、40% 乃至 50% 低下するが、大體處理前の數値に比例する。尙この低下は熱處理温度のみに依り改善することは殆んど認められない。次に 2.5mm 鋼線は一般に 3.1mm 鋼線に比し 10% 乃至 29% 低下する事が認められた。

6) 捻回試験 試験結果は第7表、第8表及第8圖に示した。

加熱温度並に鉛浴温度は高い程、捻回数増加の傾向を有する。然し試料 91 が著しく減少するのは、「パーライト」組織の増加に依る組織的原因に基くものと認められる。

低温焼鈍を施した試料の捻回試験成績は、處理前の成績に比し著しく低下し、且捻回に依り生ずる表面の状態及び破断面が著しく悪化する。これが原因に就ては未だ明かではなく目下研究中であるが、加熱温度 950°C、鉛浴温度 500°C にて熱處理を施した試料 88 の著しく優良なことより、熱處理の如何に依り相當改善し得るものでないかと想像される寫眞第3は捻回の表面状態及び破断面の優劣を示すもので、捻回数少ないものは何れも、寫眞中に不良試験片と記したるものの様に、捻回後の状態不良である。

又 2.5mm 鋼線と 3.1mm 鋼線の成績が殆んど相違せぬは、減面率 85% 乃至 92% の範囲内に於ては、減面率の影響がないものと認められる。

7) 顯微鏡試験 熱處理直後に於ける組織は、寫眞第4及第5に示す様に、加熱温度に依り僅に粒の成長を認める程度で大差はないが、鉛浴温度の影響は著しく、温度の高い程「パーライト」の量増加し、650°C に至れば著しく増加する。線引後に於ける組織は、寫眞第6乃至第9に示す様に、横断面及び縦断面共に小倍率にては線引加工の甚しくなると共に、粒伸長の増加を生ずる以外は、その差を認め得られない。

今後高倍率の顯微鏡を使用し、熱處理後所謂「パテンチング」後の組織に就き、更に研究の必要を認めた。

2. 銅含有量の影響

1) 實驗試料 國産線材の化學組成と舶來優秀品との最も著しい差異は、銅含有量であり、後者の殆んど皆無であるのに對し、國産品は原料その他の關係上、必ず多少これを含有する現状である。仍て國産鋼線の外國品に劣る原因の一つは銅含有量にあるとの豫想にて、高級線材の銅含有量に制限を實施つゝあるが、これ等の影響に関する實驗結果は未だ皆無である。仍て本實驗に於てはこれ等の影響を確め、その制限範囲を決定する爲、第1表に示す様な銅含有量 0.01% より 0.38% 迄の各種線材に就き實驗した。尙加熱温度は 950°C 鉛浴温度を 550°C とし又線引條件も一定とし實驗した。

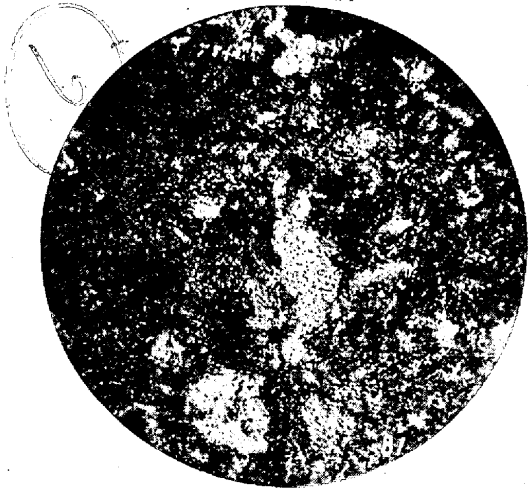
2) 線引試験 線引作業の際に要した牽引力を第9表及び第9圖(試料 C 及 E は省略す)に示す。これを見るに試料 C 及 D が最も大きく、試料 B、最小試料 E 及 F は大體これ等の中間を示した。これにより線材の銅含有量は牽引力に殆んど影響を示さず、却つて含有炭素量が、大きく影響を示すことが認められる。又銅含有量が製線作業中試料の表面状況、その他に及ぼす影響は、本實驗に於ては全く認め得られない。依て本實驗試料程度の銅含有の差異は線引作業には影響ないものと斷じ得られるであらう。

3) 硬度及抗張力試験 熱處理直後及線引後の試験成績を、第10表及第10圖に示す。本試験成績より明かな様に、硬度及び抗張力は炭素含有量の影響のみを受け、銅含有量には全く関係ないものと認められる。

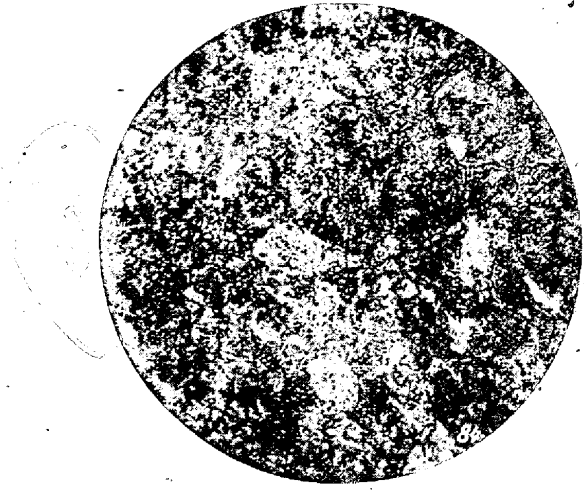
寫眞第4

熱處理後の組織 × 400

(第81~86)



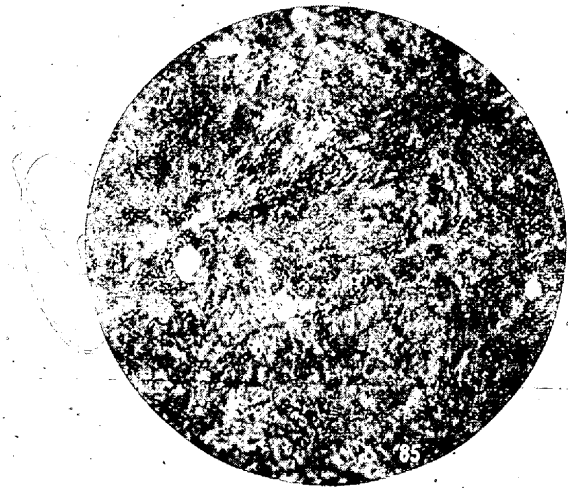
第 81



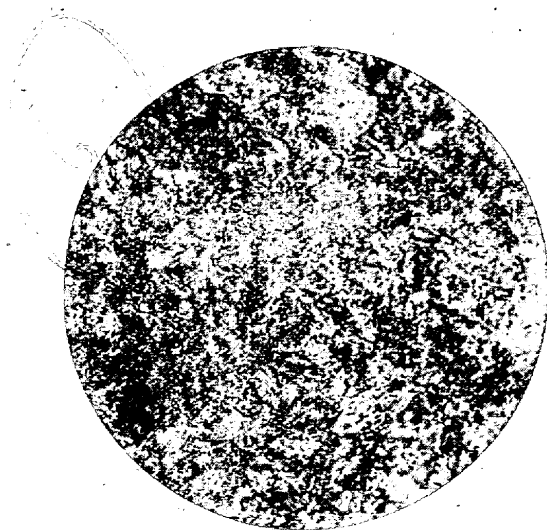
第 84



第 82



第 85

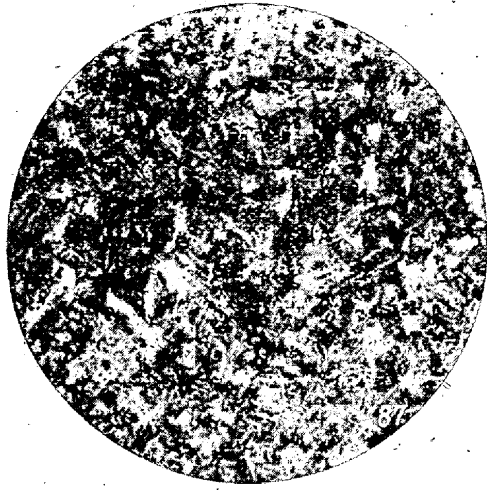


第 83

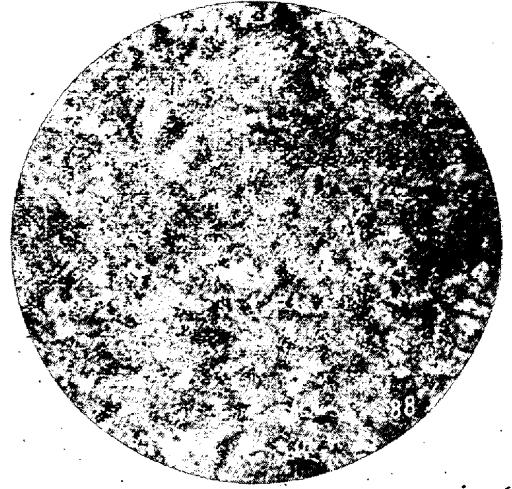


第 86

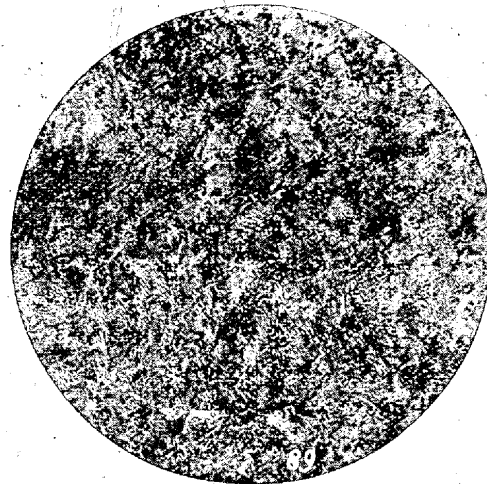
写真第5 熱処理後の組織 × 400 (第87~91)



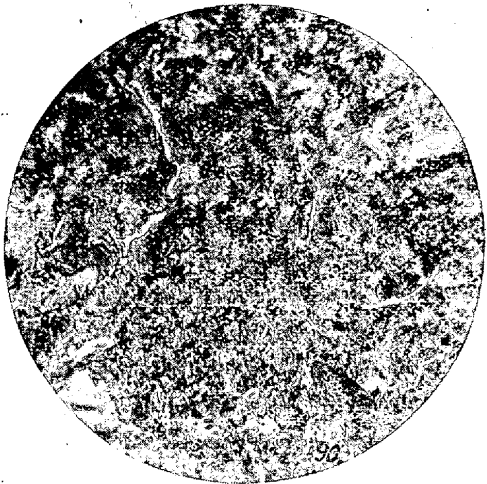
第 87



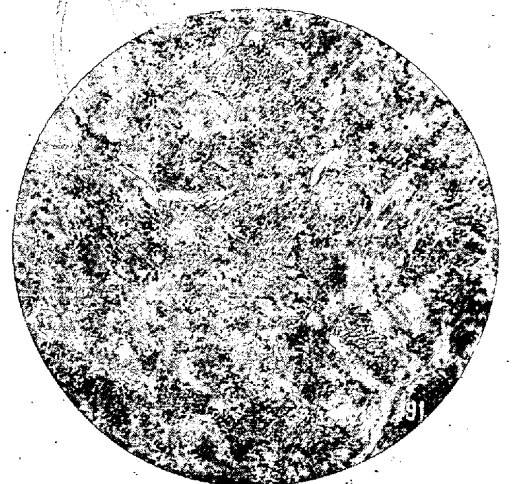
第 88



第 89



第 90

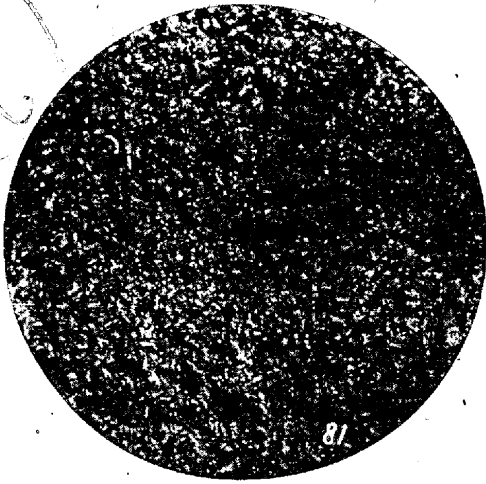


第 91

寫眞第6 線引後の組織(3.1mm鋼線) (第81,83,86)

横断面 × 400

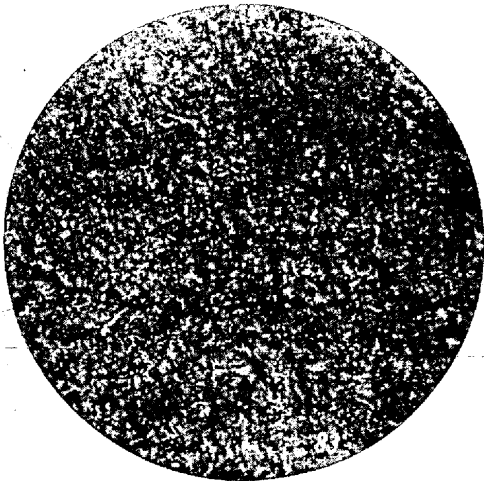
縦断面 × 100



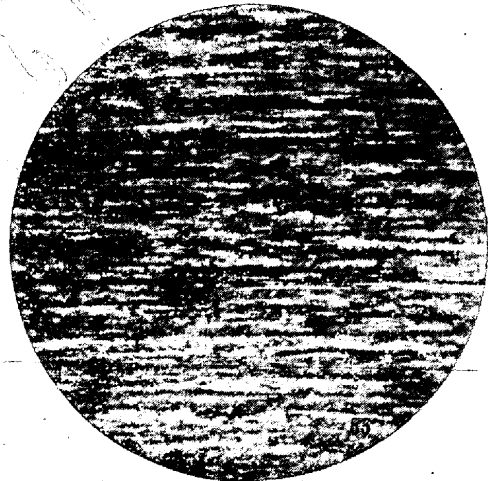
第 81



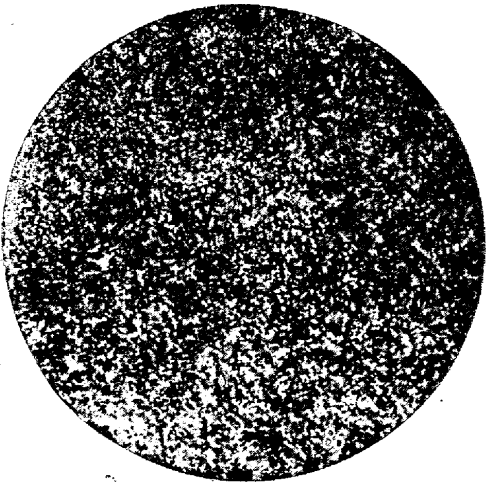
第 81



第 83



第 83

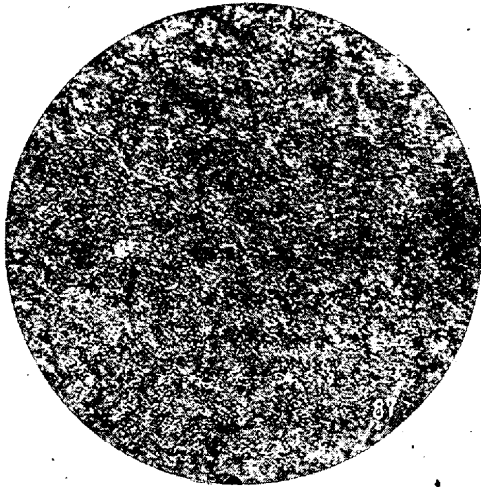


第 86

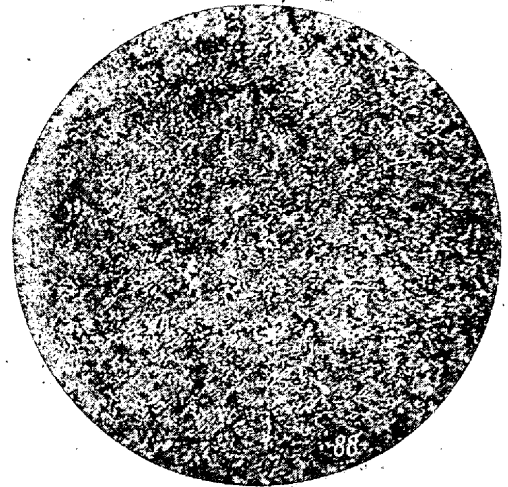


第 86

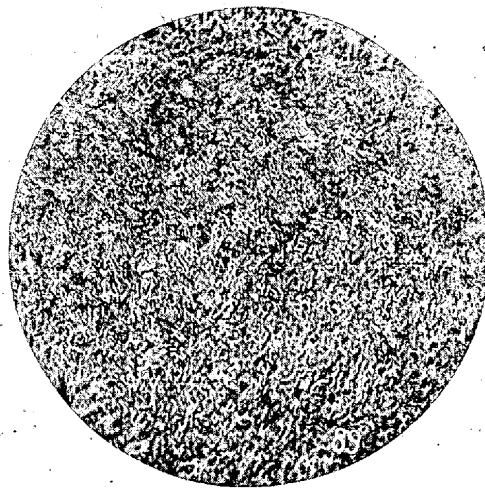
写真第7 線引後の組織 (第87~91)
(3.1mm 鋼線横断面×400)



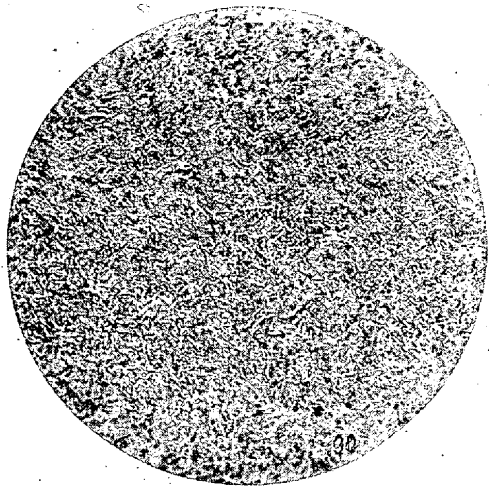
第 87



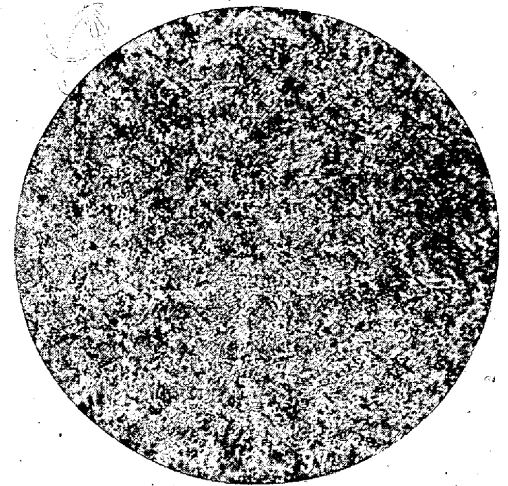
第 88



第 89



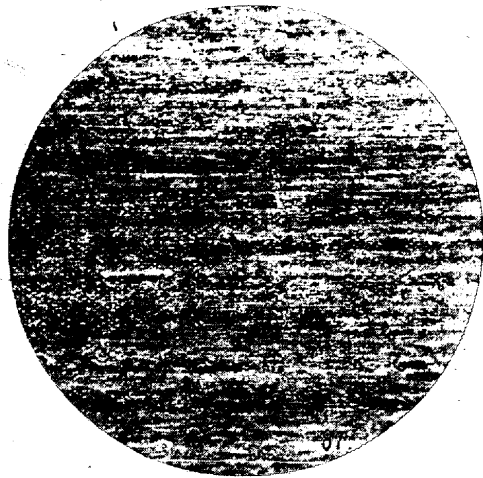
第 90



第 91

寫眞第8 線引後の組織 縦断面×100 (第87,89,91)

3.1mm 鋼線

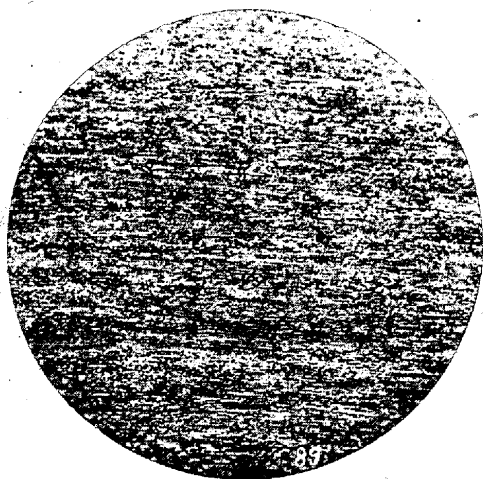


第 87

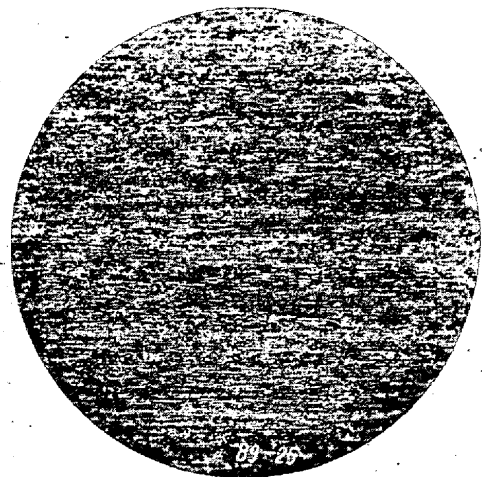
2.5mm 鋼線



第 87



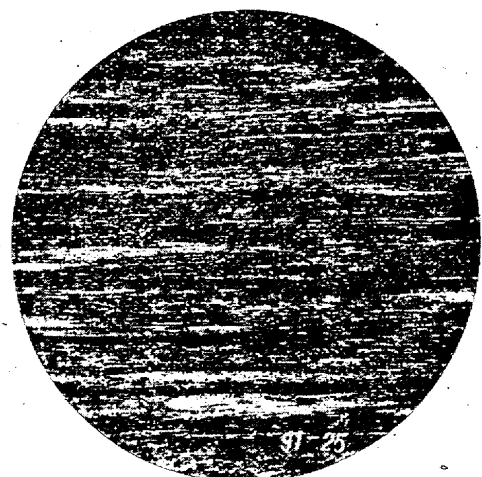
第 89



第 89



第 91



第 91

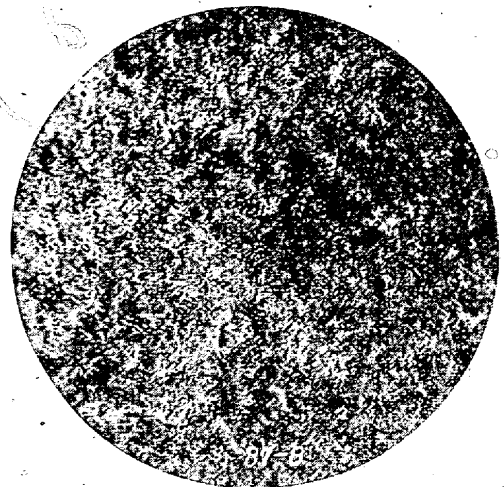
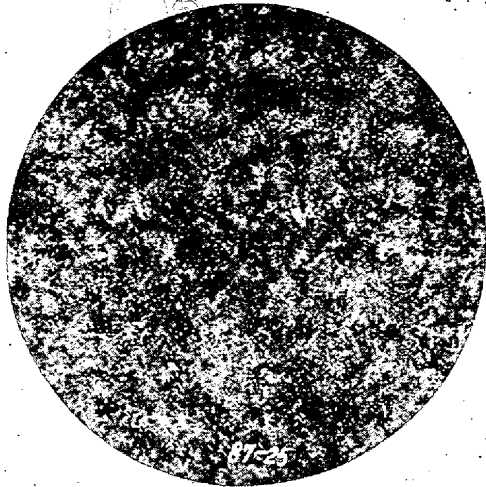
写真第9

線引後の組織 横断面×400

(第87~91)

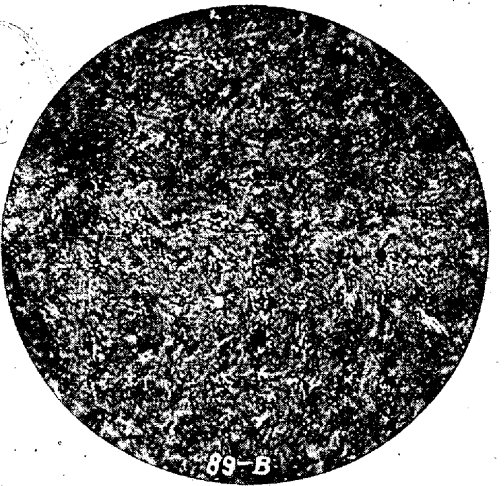
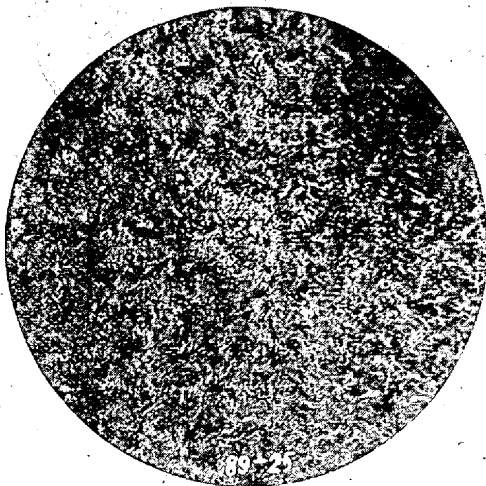
2.5mm 鋼線

3.1mm 鋼線の低温焼鈍後



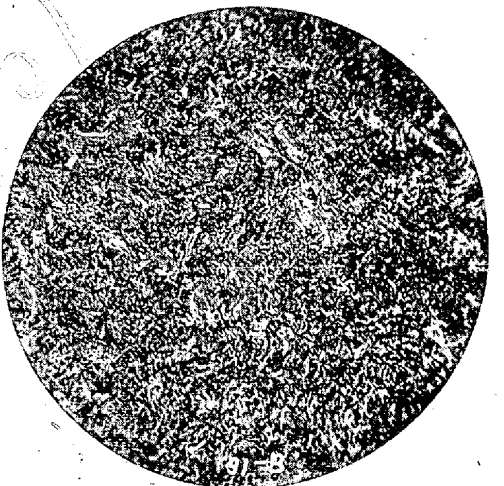
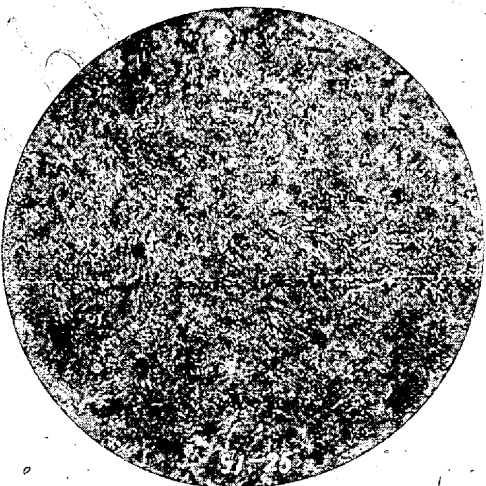
第 87

第 87



第 89

第 89



第 91

第 91

寫眞第10 熱處理後の組織 ×400 (B~F)

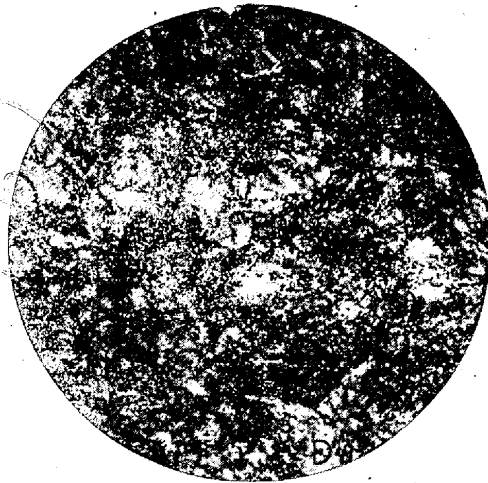
(横断面)



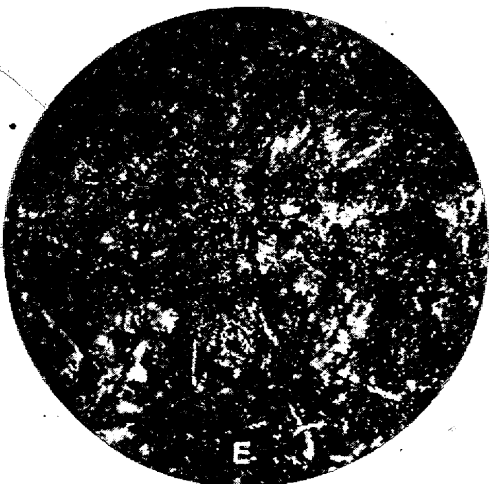
B



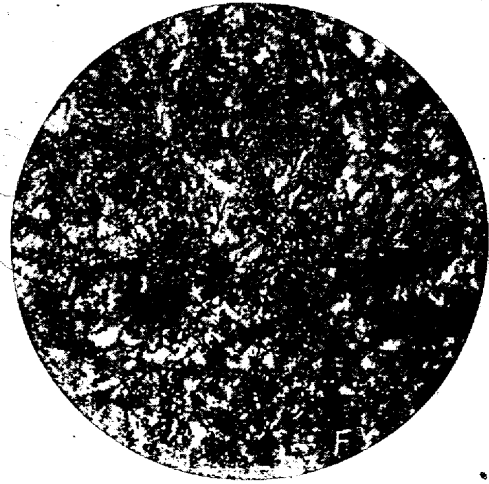
C



D



E

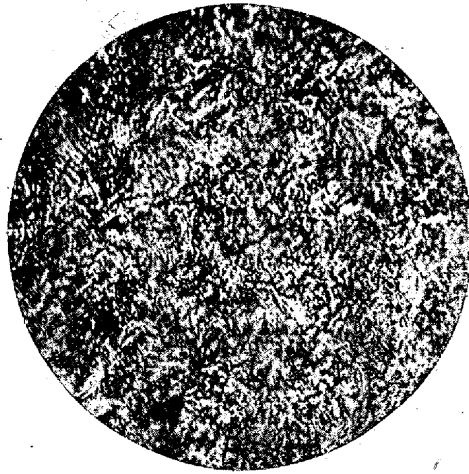


F

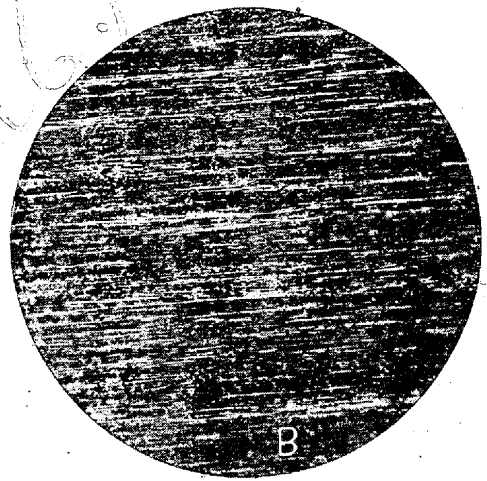
写真第11 線引後の組織 3.1mm 鋼線 (B, D, F)

横断面 ×400

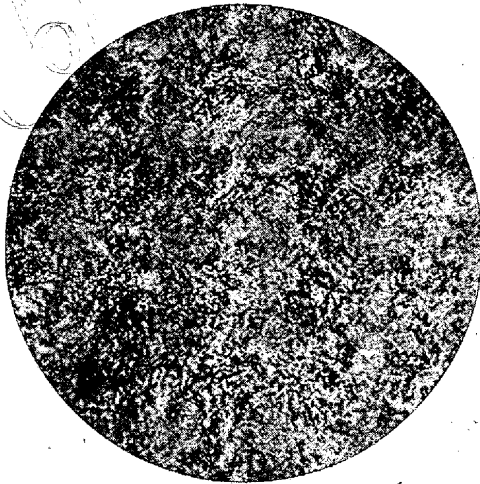
縦断面 ×100



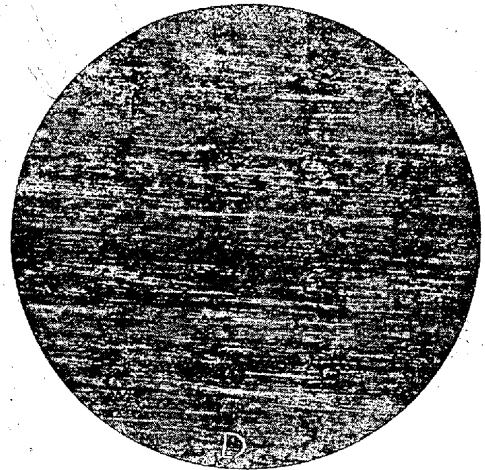
B



B



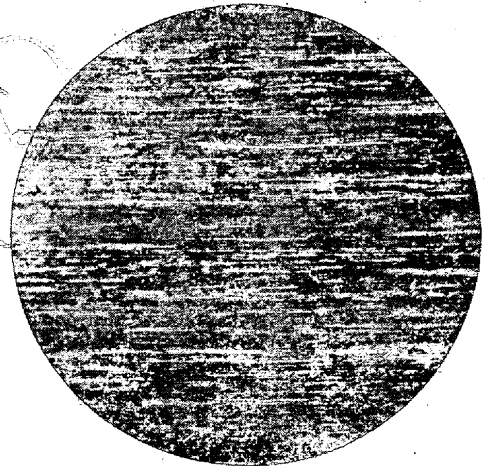
D



D



F



F

4) 屈曲試験 第10表及第10圖に示す。これを見るのに試料Dが多少成績が劣るが、其の他の試料は殆んど差異がない。一般に屈曲試験成績は不規則な結果を生じ易い。試料Dの劣れるは、銅含有量に基因するものでなく、他の原因に依るものと思はれる。仍て本試験成績にも銅含有量は影響ないものと認められる。

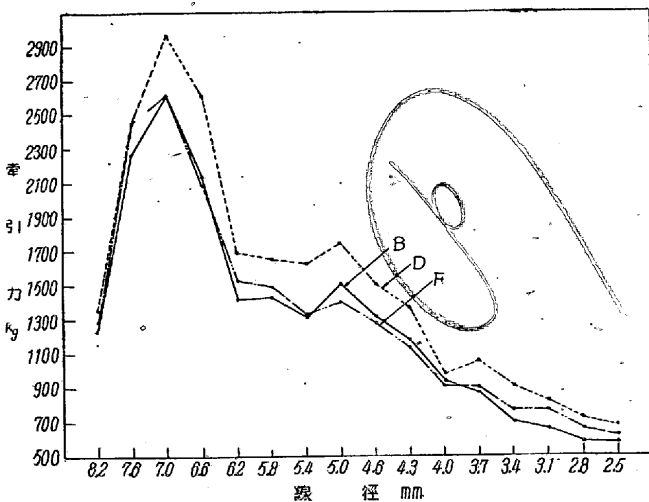
5) 捻回試験 第10表及第10圖に示す様に鋼線の捻回値は、試料B及Cは殆んど相違がないが、試料D即ち0.18%銅を含有するに至り多少低下し始め0.37%以上含有する試料E及Fは著しく減少する。即ち試料Bは20回以上の捻回値を存するに對し、試料Eは10回以下となり、50%以上の低下を示す。尙試料E及Fは試験毎に捻回値に不同を生じ、且捻回の破断狀況も異狀破断を生ずるに至る。線引の減面率を更に大きくし、2.5mm(減面率91.5

第10表 銅含有量の機械的性質に及ぼす影響

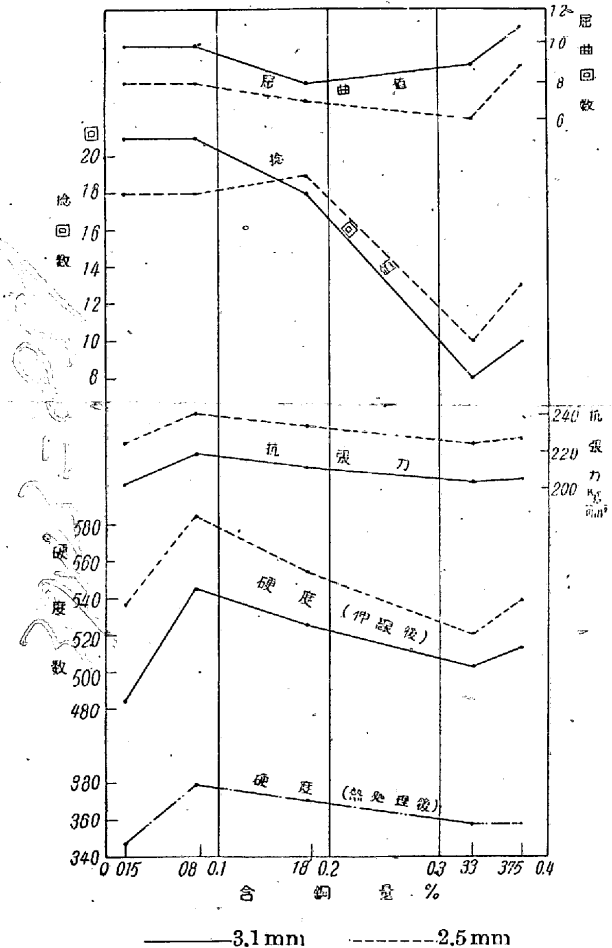
符 號	B	C	D	E	F
銅含有量	.015	.08	.18	.33	.375
區分	%	%	%	%	%
熱處理後	347	379	371	358	358
3.1mm 鋼線	485	546	526	503	514
2.5mm 鋼線	537	585	555	521	539
V.H.N					
3.1mm 鋼線	555	—	599	—	565
の低温焼鈍後					
3.1mm 鋼線	202	219	211	203	205
2.5mm 鋼線	225	241	234	224	227
抗張力 kg/mm ²					
3.1mm 鋼線	199.2	—	202	—	201.6
の低温焼鈍後					
3.1mm 鋼線	21	21	18	8	10
2.5mm 鋼線	18	18	19	10	13
捻回数 100d					
3.1mm 鋼線	16.2	—	4.2	—	9.2
の低温焼鈍後					
3.1mm 鋼線	10	10	8	9	11
2.5mm 鋼線	8	8	7	6	9
屈曲數 R=4					
3.1mm 鋼線	4.8	—	5.8	—	5.8
の低温焼鈍後					

第9表 銅含有量の牽引力に及ぼす影響

符 號	B	C	D	E	F
銅含有量	.015%	.08%	.18%	.33%	.375%
線 徑					
8.2mm	1240kg	1365kg	1365kg	1325kg	1280kg
7.6	2280	2560	2460	2440	2460
7.0	2620	3125	2970	2905	2620
6.6	2140	2500	2620	2240	2100
6.2	1420	1530	1700	1405	1530
5.8	1430	1030	1650	1575	1500
5.4	1320	1530	1630	1425	1330
5.0	1510	1790	1750	1730	1410
4.6	1320	1510	1510	1510	1280
4.3	1180	1365	1365	1305	1140
4.0	940	1000	980	1020	910
3.7	870	1080	1060	960	900
3.4	700	880	910	920	770
3.1	660	960	820	760	770
2.8	580	820	720	660	660
2.5	580	740	680	620	620



第9圖 合銅量の牽引力に及ぼす影響



第10圖 合銅量の機械的性質に及ぼす影響

%)及び2.0mm(減面率94.5%)にせしものも、3.1mm(減面率87%)の場合と殆んど同様の傾向を示した。又低温焼鈍後も同じ傾向を示した。これが原因は銅の偏析、その他に依るものと推察されるが、顯微鏡試験にては何等認められず、目下考究中である。

以上の諸試験より銅含有量の鋼線に及ぼす影響を考察するのに、その影響は捻回試験に於てのみ顯はれ、既に0.18

%の含有量にて多少低下する故、高級線材として使用差支へない銅含有量の限度は0.15%迄と認められる。

6) 顕微鏡試験 寫眞第10及11に熱処理後及び線引後の組織を示すも、相互間に何等の差異を認め得られない。

VI. 結 論

鋼線に及ぼす熱処理温度の影響及び銅含有量の影響に就き研究し、次の結論を得た。

1) 熱処理温度が鋼線の線引作業竝に機械的性質に及ぼす影響。

(イ) 線引の際要する牽引力は、加熱温度より鉛浴温度に因る影響大きく、鉛浴温度を高くすれば著しく減少する事が出来る。

(ロ) 鋼線の抗張力は、加熱温度によつては餘り變化させる事は出来ぬが、鉛浴温度を低下することより著しく大きくする事が出来る。尚同一熱処理の場合は、減面率に比例して抗張力が増大することは當然である。

(ハ) 鋼線の屈曲試験値及び捻回試験値は、熱処理温度に因る影響は大きくないが、大體高温度處理のもの良好である。

(ニ) 低温焼鈍(ブルーイング)に依る捻回試験値の低下程度は、加熱温度950°C 鉛浴温度500°Cに處理せるものが極めて少ない傾向を示した。

2) 線材に含有する銅量の鋼線に及ぼす影響は、捻回試

験成績に於て顯著にあらばれ、0.18%含有する際多少捻回値減少し、0.3%に至れば著しく劣化する。依て高級鋼線用材料の銅含有の許容範囲は、0.15%以下となるを適當と認めた。

以上の如く製線操作に関する基礎資料を求め得た故、引き続きこれら資料を基とし、新設備を使用し、工業的基礎研究に着手する豫定である。

尚本研究結果より今後は次の諸點に就き急速に研究の要があると認めた。

1) 他の諸性質を低下させることなく、高抗張力鋼線を得る爲の熱処理及び線引方法を求めること。

2) ばね用材研究には成型して使用の際、鋼線に起り得る状況を究明し、これに依り製線目標を確立すること。

3) 低温焼鈍に依る捻回及び屈曲値低下の原因を探究し、その防止方法を求めること。

終りに臨み終始御鞭撻を賜はりたる五百旗頭材料研究部長に感謝すると共に、本實驗に従事した長谷川壽夫君、今野晴康君、田島孝行君の努力を多謝する次第である。

文 献

- 1) A. T. Adam: Iron Steel Inst 1920
- 2) Pomp: Mit. K-W. Eisenforsch, XII 1930
Pomp: Mit K-W. Eisenforsch. XII 1934
- 3) G. Slater: Jour. Iron. Steel Inst. 1933, No 2
- 4) 銅金義一: 鐵と鋼 第18年

【キ】 (82) 蟻酸 (83) 蟻酸ナトリウム (84) キサントゲン酸カリウム (85) キシロール (86) キノリン (87) ギムザ氏液 (88) 銀 (89) キンヒドロン

【ク】 (90) クエン酸 (91) クエン酸ナトリウム (92) クペロン (93) グリセリン (94) クルクマ(姜黄) (95) クレゾール (96) クロム酸カリウム (97) クロム酸銀 (98) クロム明礬 (99) クロロ醋酸(モノクロル醋酸) (100) クロロホルム

【ケ】 (101) 珪酸ナトリウム (102) 珪藻土 (103) ゲンチアナ紫

【コ】 (104) コハク酸 (105) コンゴ赤

【サ】 (106) 醋酸 (107) 醋酸亜鉛 (108) 醋酸アルミ(イツ) (109) 醋酸アンモニウム (110) 醋酸ウラニル (111) 醋酸エチル (112) 醋酸カドミウム (113) 醋酸カリウム (114) 醋酸第二水銀 (115) 醋酸銅 (116) 醋酸ナトリウム (117) 醋酸鉛 (118) 醋酸メチル (119) サリチル酸 (120) サリチル酸ナトリウム (121) 三鹽化アンチモン (122) 酸化亜鉛(亜鉛華) (123) 酸化アルミニウム(アルミナ) (124) 酸化ウアナヂウム (125) 酸化カルシウム(生石灰) (126) 酸化第二クロム (127) 酸化第二水銀(黄色) (128) 酸化第二水銀(赤色) (129) 酸化第二銅 (130) 酸化チタン (131) 酸化マグネシウム(マグネシア) (132) 酸性亜硫酸ナトリウム (133) 酸性酒石酸カリウム (134) 酸性炭酸カリウム (135) 炭酸炭酸ナトリウム (136) 酸性フタル酸カリウム (137) 酸性弗化アンモン (138) 酸性硫酸カリウム (139) 酸性硫酸ナトリウム

【シ】 (140) シアン化カリウム (141) シアン化ナトリウム (142) 四鹽化炭素 (143) 四鹽化チタン (144) 四三酸化鉛(鉛丹) (145) 次硝酸蒼鉛 (146) 臭化カリウム (147) 臭化ナトリウム (148) 臭化水素酸 (149) 蓚酸 (150) 蓚酸アンモニウム (151) 蓚酸カリウム (152) 蓚酸ナトリウム (153) 臭素 (154) 臭素酸カリウム (155) 酒石酸 (156) 酒石酸カリウムナトリウム(ロツシエル鹽) (157) 酒石酸ナトリウム (158) 硝酸 (159) 硝酸アンモニウム (160) 硝酸ウラニル (161) 硝酸カリウム(硝石) (162) 硝酸銀 (163) 硝酸コバルト (164) 硝酸第一水銀 (165) 硝酸第二水銀 (166) 硝酸ストロンチウム (167) 硝酸鐵 (168) 硝酸トリウム (169) 硝酸ナトリウム (170) 硝酸鉛 (171) 硝酸バリウム (172) 樟腦(カンフル)

【ス】 (173) 水銀 (174) 水酸化カリウム(苛性カリ) (175) 水酸化カルシウム(消石灰) (176) 水酸化ナトリウム(苛性ソーダ) (177) 水酸化バリウム (178) 錫 (179) スダン III (180) スルファニル酸 (181) スルホサリチル酸

【セ】 (182) 石棉(アスベスト) (183) 石油エーテル (184) 石油ベンゼン (185) 赤燐

【ソ】 (186) 蒼鉛酸ナトリウム (187) ソーダ石灰(プロトソナル)

【タ】 (188) 大理石 (189) タングステン酸ナトリウム (190) 炭酸アンモニウム (191) 炭酸カリウム (192) 炭酸カルシウム (193) 炭酸ナトリウム (194) 炭酸バリウム (195) 炭酸マグネシウム (196) 炭酸リチウム (197) 炭素 (198) タンニン酸