



Title	曳線加工に伴ふ硬銅線纖維構造の生成
Author(s)	幸田, 成康; Koda, Sigeyasu
Citation	北海道大學工學部彙報, 1, 1-13
Issue Date	1948-12-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40445
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_1-13.pdf



曳線加工に伴ふ硬銅線纖維構造の生成

幸 田 成 康

(教授・生産冶金學研究室)

On the Change of the Fiber Structure of a Cold-Drawn Copper Wire

Sigeyasu Koda

The structure of a cold-drawn copper wire is fibrous, that is grains of the wire are oriented to a certain direction by the cold-drawing process. The aim of this reearch is how such fiber structure arises by the cold-drawing from an annealed state which have at random oriented grains. By the cold-drawing we reduced from 7 mm annealed wire to 2.6 mm by seven passes and took eight samples from every stage. To determine the degree of the fiber structure we applied the X-ray diffraction method and measured the intensity of the interference lines by a microphotometer. To measure the degree of the fiber structure of the inner part of a wire, we etched the wire with nitric acid. We observed next facts. After the first pass, the annealed structure was completely destroyed, the crystal grains became very fine and the distortion of the crystal-lattice arose, but we could not get the fiber structure. On proceeding the drawing, the part of the fiber structure arose from the center of the wire, and became stronger, with hevier reduction, but the surface of the wire did not became fibrous. Some discussions was made on those results.

Content. I. Introduction. II. Samples prepared and their properties.
III. Samples for X-ray analysis. IV. Experimental method.
V. Results. VI. Discussion. VII. Conclusion.

目 次

I. 結 言	2
II. 試料及びその性能	3
III. X線用試片	3
IV. 實 驗 方 法	4
V. 實 驗 結 果	7
VI. 考 察	11
VII. 結 言	13

I. 緒 言

今までの研究^{1), 2)} から、普通の 2~3 mm の硬銅線では、

- 1) 横断面を通じて一様な組織性能を持つて居ないこと、
- 2) 表面部よりも中心部の方が繊維組織の發達が良く、又抗張力も強いこと、

を知つた。本研究はこれを一歩進めて、以上の様な硬引線の構造が曳線加工に伴つて如何にして生起するかを知らうと思ふ。

過去の同種の研究は、1931年に英國國立物理研究所 (National Physical Laboratory) の Wood が行つたもの³⁾ があるばかりで、その研究も 1.8 mm の焼鈍銅線を材料に 0.7 mm まで 30 回のレダクションで線引した時のもので、實際操業とは甚だ遠い、全く實驗室的な條件のものである。故に同氏の結論たる

- 1) 硬銅線は、繊維組織の極めて發達した中心部と、全然發達してゐない表皮部との確然とした二層から出來てゐる、

に就いては、既に前報告²⁾ で述べた如く、普通の曳線法による硬銅線では成立せず、一般に外から内に到るに従ひ漸次繊維組織が強くなつてゆくものである。従つて次の

- 2) レダクションが進み硬銅線の外徑が減るに伴つて、1) に述べた繊維組織の極めて發達した中心部の外徑も略平行に減少する、

も當然疑問視せざるを得ない。Wood 自身翌 1932 年のコンスタン線⁴⁾ の結晶格子の歪の研究⁴⁾ を 1.645 mm 焼鈍線より 24 回で 0.725 mm に仕上げたものと、0.762 mm 焼鈍線より 12 回で 0.102 mm にしたものとの 2 種に就いて行つた際に、

- 1) 線引に依る格子の歪は、加工の初期に速やかに一定値に達し、それ以上線引を續けても増大しない、

といふ主題の結論と同時に、前年と異つた、

- 2) 繊維組織は格子歪がこの一定最大値に達した後に初めて中心部から現はれる、

と言ふ事を見出してゐる。然し、中心部に先づ現はれた繊維組織の著しい個處がそれから後どの様に發達してゆくかには着目せず、従つて何故前年の硬銅線の時と異つた結果を得たかには一言も觸れてゐない。以上の如く僅かにある研究も結果が一致せず、特に仕上りが 2~3 mm と言ふ實用の硬銅線の場合に對しては全然未知といふことが出来る。而も實際にかかる硬銅線の繊維構造こそ明らかにしたいもの故、茲に本研究を行つた次第である。

研究方法としては、Wood が X 線廻折法を利用し、硬引線の構造分析を行ひ、且これによつて

1) Schmid, E. u. Wassermann, G.: Z. f. Physik, 42, (1927), 779.
 2) 幸田成康: 古河電工, (昭和 12 年), 6 月號.
 3) Wood, W. A.: Phil. Mag. II, (1931), 610.
 4) Wood, W. A.: Proc. Phys. Soc. 44, (1932), 67.

曳線法の効果を知る手段とした試みに倣ひ、繊維組織を簡単に検出出来る X 線的方法を採用した。

II. 材料及びその性能

試験材料としては、7 mm の焼鈍線より 7 回のレダクションで 2.6 mm まで曳線した場合の、各回毎に採取した銅線 8 種を用いた。

この時の曳線条件は、曳線機は單式 (single) 線引機で、レダクション方法は

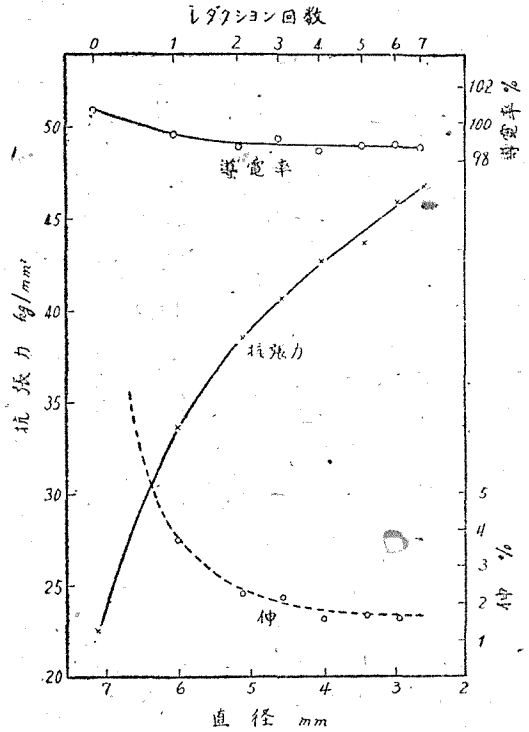
7.0 mm (焼鈍線) → 5.9 → 5.2 → 4.6 →
4.0 → 3.4 → 2.95 → 2.6 mm (仕上り)

で、曳線速度は毎分 110 m, ダイは合金銅, リューブリカントはスピンドル油 6 と種油 4 の混合油。

第 1 表は、本硬銅線のレダクションに伴ふ性能を變化を示す。ここに加工度とは

$$\text{加工度}(\%) = \frac{(\text{焼鈍線の断面積}) - (\text{曳線後の線の断面積})}{(\text{焼鈍線の断面積})} \times 100$$

である。第 1 圖は加工に伴ふ導電率及び抗張力、伸の變化を圖示したものである。



第 1 圖 試料の加工に伴ふ性能變化

第 1 表 試料の性能、レダクションに伴ふ性能の變化

試料番號	レダクション回数	直 徑 mm	加工度 %	電導率% 20°C	抗 張 力 kg/mm²	伸% 250 mm	捻 回 數		比 重
							75 mm		
160	0	7.09	00.0	101.00	22.74	44.8	11.0		8.913
161	1	5.98	29.0	99.59	33.75	3.8	13.0		8.904
162	2	5.11	48.0	98.83	38.65	2.3	17.2		8.905
163	3	4.55	59.0	99.33	40.68	2.2	18.8		8.904
164	4	4.00	68.0	98.63	42.70	1.6	23.2		8.903
165	5	3.37	77.5	98.95	43.74	1.7	28.4		8.902
166	6	2.96	82.5	98.95	45.92	1.6	31.8		8.903
167	7	2.60	86.5	98.78	46.69	1.9	29.0		8.900

III. X 線用試片

X 線用試片としては、上記 8 種の銅線を稀硝酸により色々の太さにエッチした長さ 20~30 mm

のものを準備した。かうした化学的處理により細くしたのは、銅線の内部を露出させて、そこに X 線を當てて内部の組織を見る爲めである。

試片の種類は、第 2 表の如く、大體直径にして 20%、40% 及び 60%、更に可能の場合は 80% 細くしたものを選んだ。外に比較の爲め 7 mm 以下 1.02 mm に至る 10 個の焼鈍銅線の試片をも作った。

第 2 表 X 線用試片の種類

試料番號	原線の直径 mm	エッチした試片の直径 mm				
		5.6	4.2	2.8	—	
160	7.0	5.6	4.2	2.8	—	
161	5.95	4.68 (21.4)	3.55 (40.4)	2.43 (59.2)	—	
162	5.1	4.25 (16.7)	3.1 (39.2)	2.1 (58.3)	—	
163	4.55	3.7 (18.7)	2.7 (47.0)	1.85 (59.3)	—	
164	4.0	3.2 (20.0)	2.42 (39.5)	1.6 (60.0)	—	
165	3.37	2.65 (21.4)	2.0 (40.7)	1.4 (58.5)	0.7 (79.3)	
166	2.95	2.4 (18.6)	1.83 (38.0)	1.17 (60.3)	0.6 (79.7)	
167	2.6	2.1 (19.2)	1.55 (40.4)	1.0 (61.5)	0.5 (80.5)	

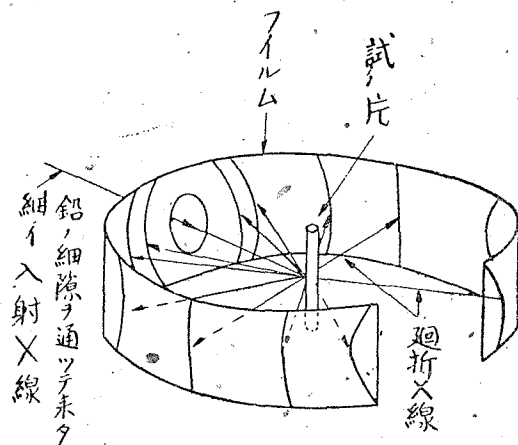
(括弧内は原線の直径に對するエッチした試片の直径減小の百分比)

IV. 實 驗 方 法

X 線廻折寫眞の撮影は、上記試片を中心にその周圍に圓筒形のフィルムを置き、試片が散亂する X 線を受ける型式の Debye-Scherrer 法カメラ (第 2 圖) を用ひた。使用 X 線は Fe の對陰極より發する特性 X 線 ($K\alpha_1 = 1.936012 \text{ \AA}$, $K\alpha_2 = 1.932076 \text{ \AA}$, $K\beta = 1.753013 \text{ \AA}$) を用ひた。Fe の X 線を採用したのは、その波長が比較的長く、試片の面に於ける内部への透過が少く (100 分の 1 mm に達せず)、エッチで露出した個處の組織を示すに便宜であり、又廻折寫眞上の干涉線の位置が適切なる故である。

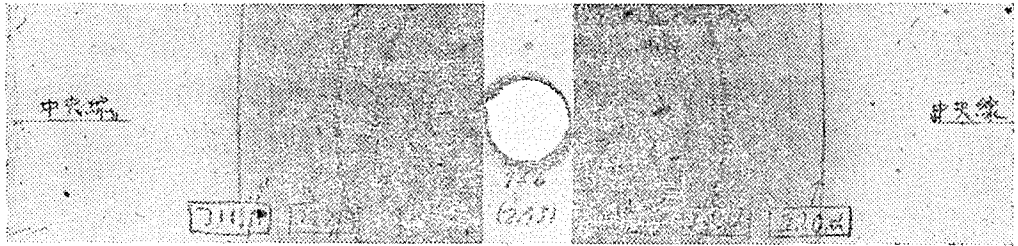
廻折寫眞撮影時の條件は 45,000 V, 5.5 mA, 30 min の X 線照射を標準とした。

第 3 圖は、その X 線寫眞の代表的なものでこれを利用して、第一に、干涉線上の點々 (同圖 (3)) により焼鈍組織か否かが判定出來、第二に、干涉線上の模様 (同圖 (1), (2) の比較) から纖維組織か否かが判定出來る。即ち $K\alpha_{1,2}$ 線による干涉線は、本寫眞では内方より、結晶の (222),

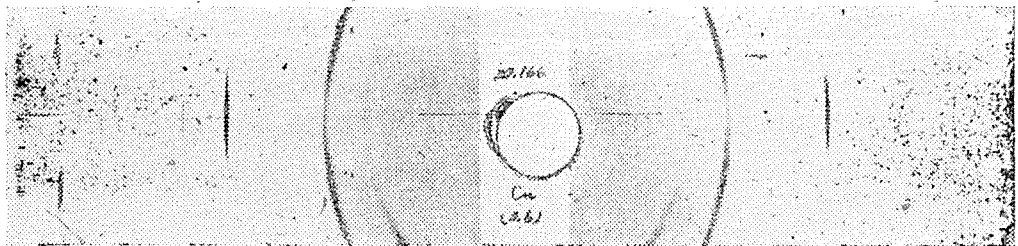


第 2 圖 デバイシエーラー法に依る X 線廻折寫眞撮影方法

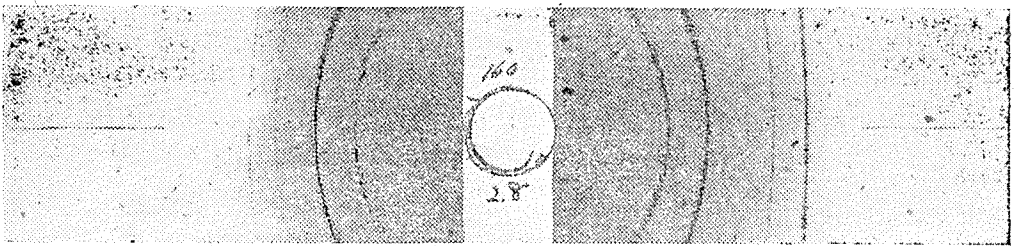
(311) 及び (220) の面での廻折に依る 3 本が現はれてゐるが、この夫々水平中央線上の濃度は繊維組織をとるに従つて、(222) 線と (311) 線は濃度を減じ、(220) 線は濃度が増して来る。依つて特に中央水平線上のこの 3 線の濃度の變化に着目すれば、その程度から繊維組織の程度を相對的にではあるが比較することが出来る。第三に、なほ同圖 (3) と (4) の (222) 線と (311) 線とを良く見ると、一見 1



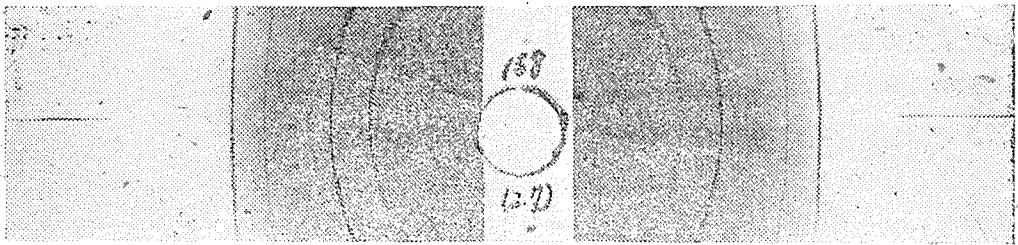
(1) 硬銅線、但し加工度少きもの



(2) 硬銅線、加工度大で繊維組織になる



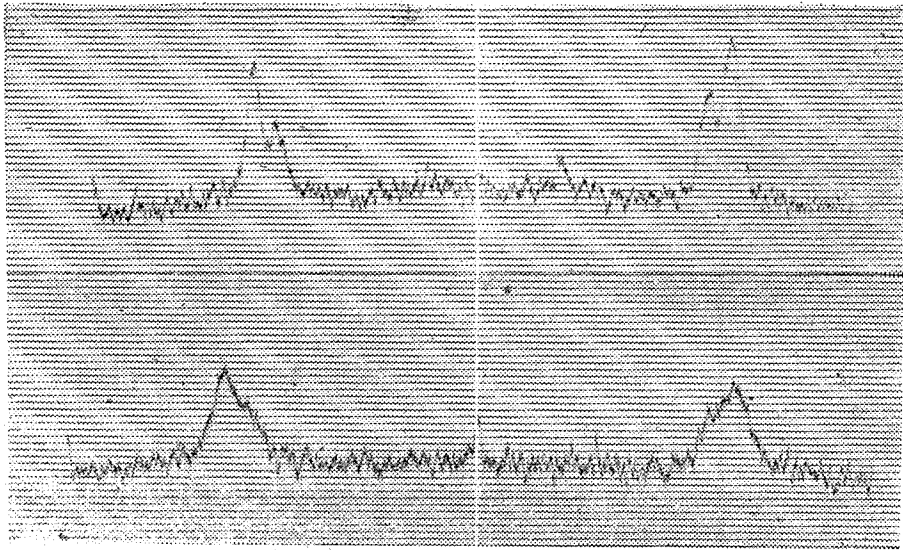
(3) 軟銅線、焼鈍に依り結晶粒大(試片廻轉せず)



(4) 軟銅線、同上試片を廻轉した場合のもの

第 3 圖 デバイシエーラー法に依る銅線の X 線寫眞

本の如き干渉線が非常に近接した2本から成立してゐるのが分るが、これはこの線が結局 $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の近接した波長の二つの X 線に原因する廻折線であるからである。然し硬銅線では加工による歪が結晶格子に生ずる爲め、この二つは重り合つて1本の干渉線となる。これを利用すれば格子歪の検出も出来る。

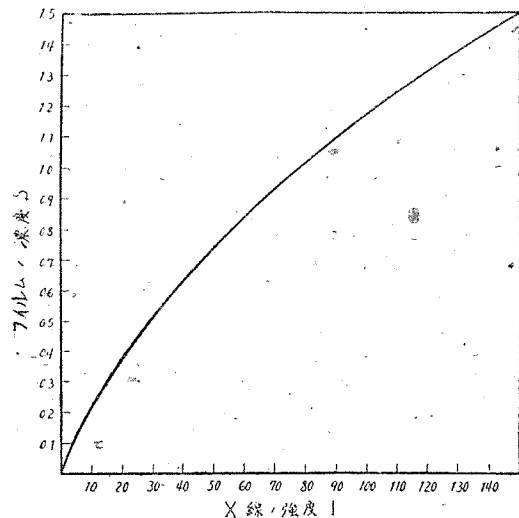


第4圖 ミクロフォトメーター記録の1例 (上 焼鈍線, 下 硬引線)

扱て、本論に戻つて、繊維組織の發達の強度の表はし方であるが、これを目測より一步進めて數量的にする爲め第二の實驗としてミクロフォトメーターに依る干渉線の濃度の測定を行つた。ミクロフォトメーターは理研製のもので、光電池を利用してフィルム干渉線の濃度を第4圖の如き曲線に轉換するものであるが、茲で注意すべきは、これ等フィルム上の濃度が、廻折 X 線自體の強度と比例してゐない事で、豫備實驗(詳細は略す)で見ると、濃度と X 線の強度とは第5圖の關係になつてゐる。依つてミクロフォトメーターの記録曲線をもとにこれを X 線強度に換算しなくてはならない。その方法は、記録曲線の干渉線の濃さを示す振れ D と、全然感光してゐないフィルムの場合の濃さを示す振れ D_0 より

$$S_1 = \log D_0/D$$

なる式で濃度 (Schwarzung) S_1 を求め、次に「カ



第5圖 イーストマン X 線フィルムの X 線に對する特性曲線

ブリ」に対する補正として、干渉線の濃度を示す山形の記録曲線の底部の濃度 S_2 を同様に求め、 S_1 と S_2 を第 5 圖で夫々 X 線強度 I_1, I_2 に換へた後、 $I_1 - I_2 = I$ を求めて、これを干渉線の強度 (Intensity) とした。この様にして夫々 3 本の左右 2 組の干渉線の強度を求めて、その相互の強度の割合より數量的に纖維組織の程度を表はすことにした。

V. 實 驗 結 果

1. 廻折寫眞の觀察

上記 40 數個の銅線試片の X 線廻折寫眞は略するが、その視察のみで知られることを述べれば、第一に、焼鈍材料線と第 1 回のレダクションのものとが著しく異り、焼鈍したものでは干渉線がポツポツの集合より成り、尙良く見ると $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ 線の近い 2 本の線に見られるのに、第 1 回のレダクションを経たものでは、全然ポツポツが見られず干渉線もぼやけて來てゐる。この事は、

“第 1 回のレダクションで焼鈍に依る組織が完全に破壊され、結晶粒が微細化し、且結晶格子に歪の入つた”

のを表明する。結晶粒の微細化の程度は、干渉線の點々になるのが結晶粒の大きさが徑の約 0.01 mm 以上、平滑な線になるのが 0.01~0.001 mm 程度である故、第 1 回のレダクションに依り、結晶粒は初めの 1/10 乃至 1/100 の大きになつたものと考へられる。

第二に、レダクションの進行に伴ふ各試料の寫眞を次々と比較する事に依り、

“性能變化からも豫想される如く、一般的傾向としてはレダクションを重ねるに伴ひ纖維組織になつて行く”

ことが分る。

第三に、同一試料の太さの異なる試片の寫眞を比較する事により前報告²⁾の如く、

“硬銅線は中心部へ行く程、纖維組織の發達が著しい”

ことも認め得る。但し

“この傾向は第 1 回レダクションのものには見られず、漸次レダクション回數を進めるに従ひ、傾向が助長されて行く”

ことが新たに分つた。

2. ミクロフホトメーター試験結果

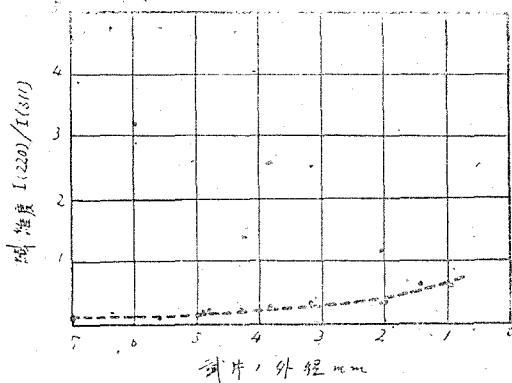
レダクションに伴ふ纖維構造の變化を、相對的ではあるが數量的に比較検討する爲め、前述の方法に依り寫眞の (222) 線、(311) 線、(220) 線 3 本の濃度を X 線強度に換算し、更に比較に便宜な爲め三者の相對強度を百分比で求めた。第 3 表はその結果である。

第 3 表 ミクロフォトメーター試験結果

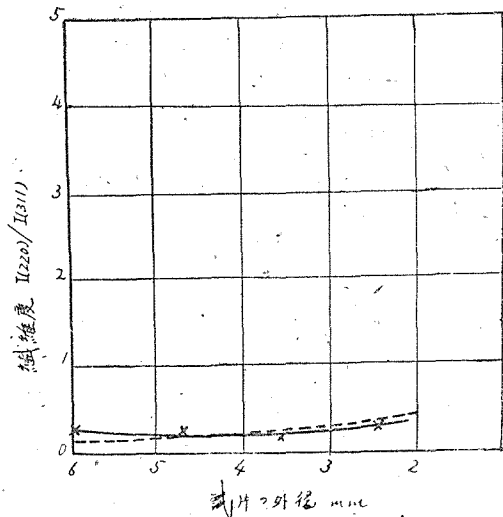
試料 番 号	原線の 試片の 直 径 直 径		相 對 的 強 度 (百 分 比)			(220)線の強度	試料 番 号	原線の 試片の 直 径 直 径		相 對 的 強 度 (百 分 比)			(220)線の強度
	mm	mm	(222)線	(311)線	(220)線	(311)線の強度		mm	mm	(222)線	(311)線	(220)線	(311)線の強度
161	5.95	5.95	16	65	19	0.29	166	2.95	2.95	21	62	17	0.27
		4.68	19	66	15	0.23			2.4	16	36	48	1.33
		3.55	17	70	13	0.19			1.83	9	23	69	3.00
		2.43	18	64	18	0.28			1.17	5	17	78	4.59
								0.6	0	5	95	19.00	
162	5.1	5.1	11	70	19	0.27	167	2.6	2.6	17	64	19	0.30
		4.25	20	61	19	0.31			2.1	9	30	61	2.04
		3.1	21	55	24	0.44			1.55	6	22	72	3.27
		2.1	12	54	34	0.63			1.0	0	11	89	8.09
								0.5	0	4	96	24.00	
163	4.55	4.55	20	64	16	0.25	168	焼鈍 試料	7.0	24	68	8	0.12
		3.7	23	58	19	0.33			5.6	21	67	11	0.21
		2.7	16	57	27	0.47			4.8	21	65	14	0.21
		1.85	11	33	56	1.70			4.3	23	63	14	0.22
								3.82	19	64	17	0.27	
164	4.0	4.0	20	67	13	0.19		3.25	24	56	20	0.36	
		3.2	17	48	35	0.73	2.7	22	55	23	0.42		
		2.42	15	42	43	1.02	2.1	24	54	22	0.41		
		1.6	3	21	76	3.62	2.02	20	58	22	0.38		
								1.5	19	49	32	0.65	
165	3.37	3.37	22	66	12	0.81		1.02	17	59	32	0.63	
		2.65	12	39	49	1.26							
		2.0	11	35	54	1.54							
		1.4	4	18	73	4.33							
		0.7	0	9	91	10.10							

(222) 線、(311) 線の數値が減じ、(220) 線の數値が増す程或は (220) 線の強度と (311) 線の強度の比が増す程、縦維組織なることを示す。

茲に (222) 線、(311) 線の數値が減じ、(220) 線の數値が増す程縦維組織の程度の強い事を示してゐる。更に比較に便宜の爲め (220) 線の強度と (311) 線の強度の比を第 3 表最後の欄に算出した。この比は數値の増す程縦維組織の強いことを示す。但し焼鈍試料の各試片の結果で見られる如く、X 線カメラの幾何學的な構造の爲め、直徑が減少す



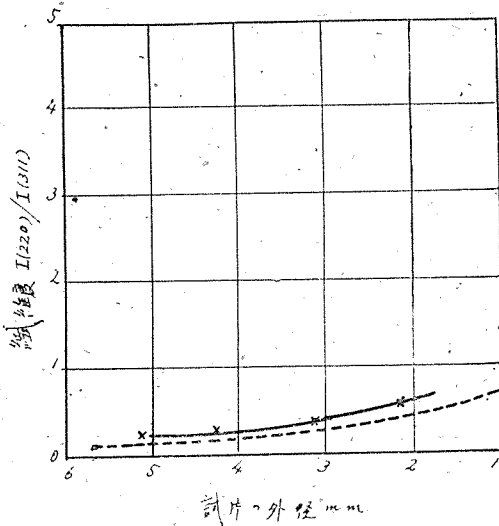
第 6 圖 焼鈍線に於ける (220) と (311) 干渉線の強度比と太さとの關係



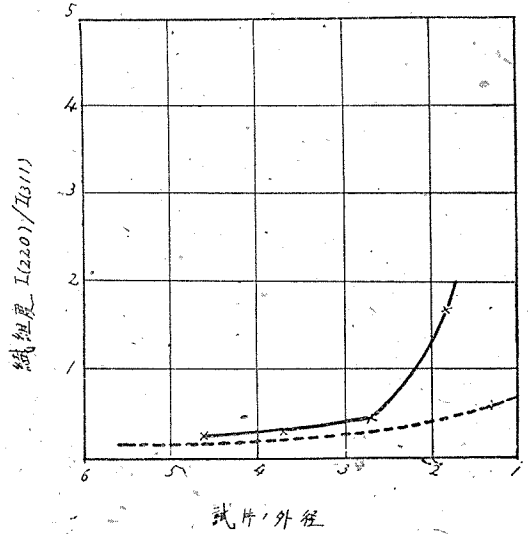
第 7 圖 第 1 回のレダクションを経た銅線の纖維構造 (試料番 号 1, 直徑 5.95 mm)

るに従ひ僅かではあるが(222)線,(311)線の數値が減じ,(220)線の數値が増す傾向を示す故,これを考慮に入れて考へる必要がある。(220)線と(311)線の強度の比で表せば第6圖の破線の如くなる。

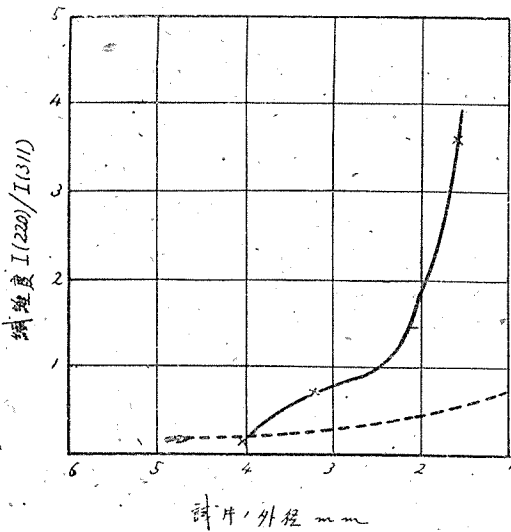
第7—13圖は,(220)線と(311)線の強度比で表はした各試料の纖維構造の分析結果である。(比較の爲め焼鈍線の時のを破線で示した)。第一に,第7圖より



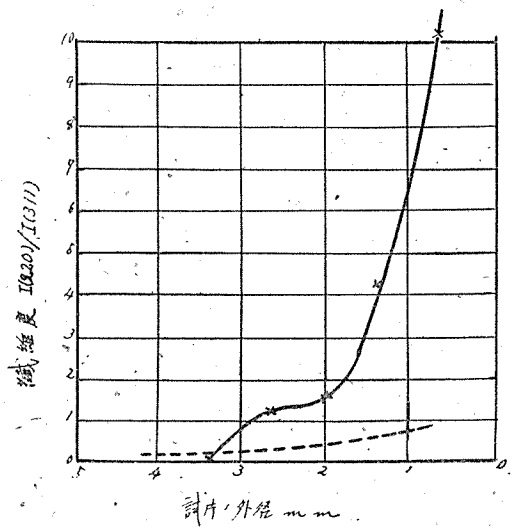
第8圖 第2回のレダクションを経た銅線の纖維構造(試料番號2, 直徑5.1 mm)



第9圖 第3回のレダクションを経た銅線の纖維構造(試料番號4, 直徑4.0 mm)



第10圖 第4回のレダクションを経た銅線の纖維構造(試料番號4, 直徑4.0 mm)

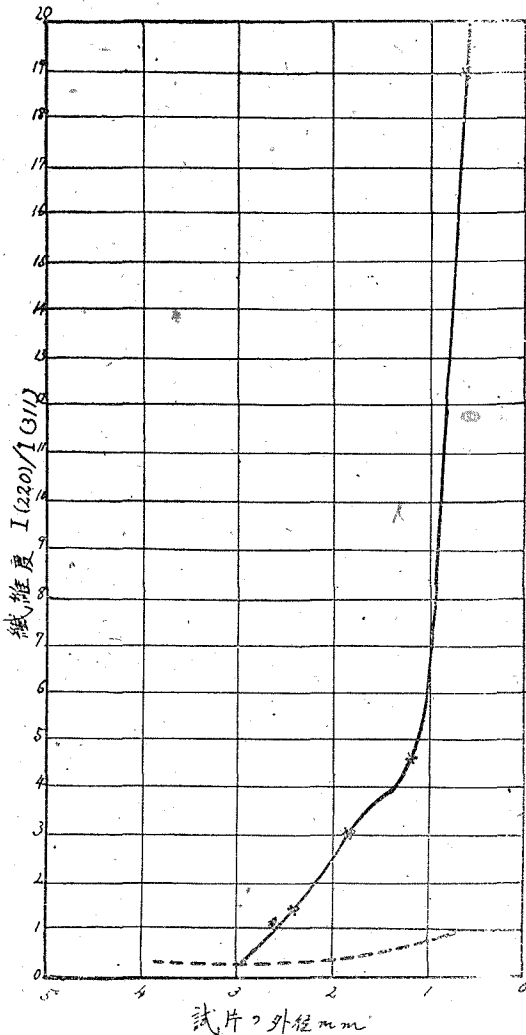


第11圖 第5回のレダクションを経た銅線の纖維構造(試料番號5, 直徑3.37 mm)

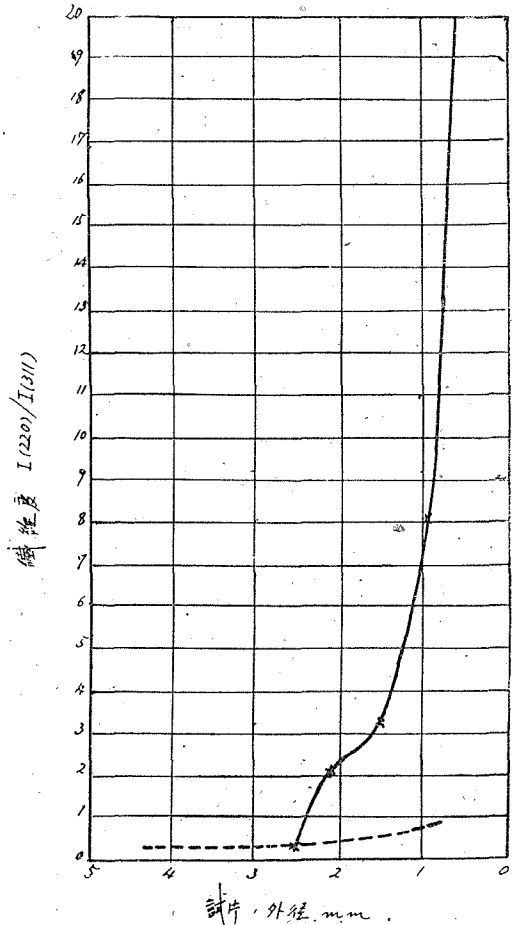
“第1回のレダクションでは、全然繊維組織にならない”

ことがはつきり知られる。但しここで言ふ繊維組織の意味は、加工による滑りの結果結晶粒の結晶學的方向が無秩序な向きから一方向に揃ふことを意味するので、外觀的に結晶粒の形状が伸びない事を言ふのでは無い。尙同圖に於て、第1回のレダクションを経た銅線に関する曳線が表面部で破線より稍上になつてゐるのが注目される。又同圖の2.5 mm 附近で繊維組織のない場合を示す焼鈍線試料の破線の稍下になつてゐるのは、(222)線の $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ 線の分離度が少い爲めその強度が重合して焼鈍線の時稍過大に出た爲めと考へられる。

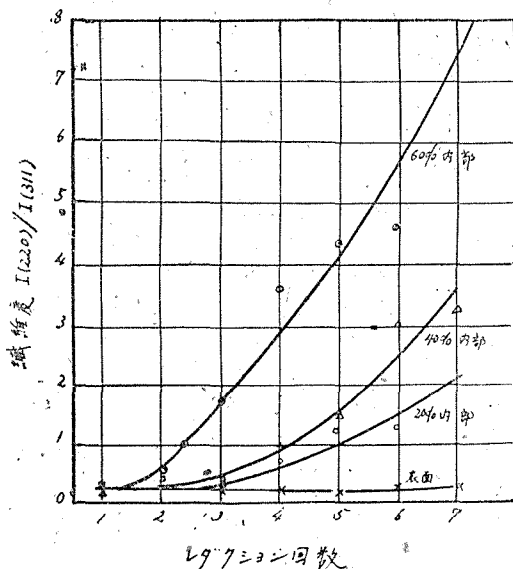
次に、第9, 10, 11 圖を比較することに依り、



第12圖 第6回のレダクションを経た銅線の纖維構造 (試料番號6, 直徑2.95 mm)



第13圖 第7回のレダクションを経た銅線の纖維構造 (試料番號7, 直徑2.6 mm)



第14圖 レダクションに伴ふ繊維組織の發達

“レダクションを進めるに従ひ、内部より繊維組織の著しい個所が生じて来る。”
 のが知られる。この傾向は第14圖の如く、同じ程度の内部を比較することにより一層良く認める事が出来よう。更に同圖は、

“銅線表面は常に同一状態にあること”

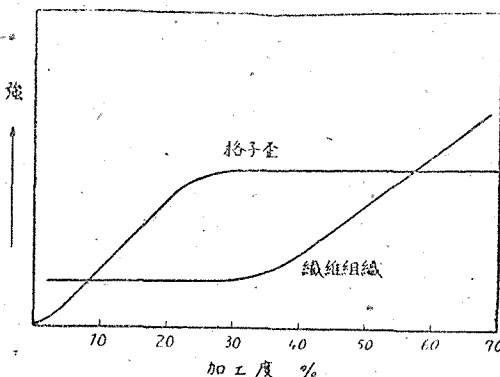
“繊維組織はレダクションの後期に於て著しく發達して来るものである”

ことをハッキリ示してゐる。

VI. 考 察

1. 加工の初期に急激に結晶粒の微細化並びに結晶格子の歪が生じ、加工の進行に伴つて漸次繊維組織の發達することに就いて

1932年 Wood⁴⁾ が銅板及び Mumetal 板を材料として壓延加工に伴つて生ずる格子歪と繊維組織の生起を研究し、第15圖の如くレダクションの進行に伴つて先づ格子歪が生じ、夫が一定値に達してから繊維組織が生起すると言ふ結果を得てゐる。但しこれも 1.61 mm の銅板より 20 回のレダクションに依り 0.5 mm に、又 0.38 mm の Mumetal 板より 21 回のレダクションに依り 0.14 mm に仕上げる如き全く實驗室的な壓延工程であるし、又氏は薄い板を試片とした爲めと思はれるが、横断面に於ける組織の相違を考慮に入れてゐないが、内部歪、繊維組織の強度を断面の如何なる位置で比較したのかがハッキリしなくては、第15圖の結果も曖昧になると思ふ。又同氏は、緒言に述べた様に、同様の傾向をコンスタンタンの線引³⁾にも認めしたが、研究の主題を格子歪に置いた爲め、一組では 42%、一組では 61% の時に中心部に繊維組織の大きいものを見たとし、その後の繊維組織の發達や、硬銅線について繊維組織を研究した場合の結論(緒言参照)との矛盾には觸れてゐない。然し大局から見て大體の傾向としては、工場的な線引法に依る本實驗結果も之等と一致した



第15圖 常溫加工に伴ふ格子歪と繊維組織の變化 (Wood 氏) (試料 Mumetal 板)

“加工初期に急激に結晶粒の微細化並びに結晶格子の歪が生じ、加工の進行に伴ひ漸次繊維組

4) Wood, W. A.: Phil. Mag. 14. (1932), 656.

織の発達を見る”

と言ふ結果が得られた。但しこの繊維組織の生長して来る模様は本研究に依り、初めて明らかにされた事實である。

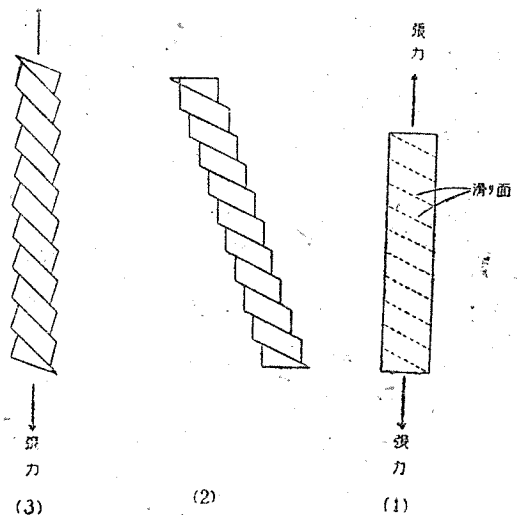
2. 加工硬化の原因と線引變形の機構に就いて

加工硬化の原因に関しては色々の學説があり^{5), 6)}、未だ定説の無い現状であるが、本實驗の如き加工に伴ふ組織變化を加工に伴ふ性能變化と比較検討することはこの問題を解く一つの鍵であり、同時にまた一般の冷間加工に依る粘性變形の機構を明らかにし、従つて加工法に對し指針を與へるのに役立つと思ふ。

本實驗より見た粘性變形の特色は、加工初期に繊維組織即ち結晶粒の方向性を示さない點にある。通説の様には、繊維組織即ち結晶粒が一方に揃ふと言ふことを結晶面の滑りの結果と見做せば、この結果は、加工初期には滑り變形に依らない結晶粒の微細化とそれに伴つた格子歪を生じ、ある程度まで加工が進んで初めて滑りによる變形が始まる如き印象を與へ、Wood⁴⁾の如きも壓延板の研究に於て、變形の過程は、格子歪、滑り、滑りの結果としての繊維組織の構成と言ふ順に起るとしてゐる。然し一方粘性變形が滑りに依らないでも起ると考へるのは、結晶物質の性質上可笑しい。むしろ逆に加工初期から滑りに依る變形をするのであるが、結晶の方向性化(繊維組織)を來さないとして説明出來まいか。即ち單結晶の粘性變形の機構から見ると滑りが存するにかかわらず結晶粒の向きが變らないのは不可解の様であるが、翻つてこの場合向きが變るのは上下の張力の結果で、

自然には第16圖(2)の如くなる可き滑りの結果の結晶ブロックの集りが(3)の如くなる爲めである。故に今、線引加工の初期では、平行移動の滑り變形のみが起るので方向性には大して變化を生ぜず、しかしこれのみでは長さの延長が僅か故、同時に粒の分裂が起るとして説明しては如何。材質がはじめは粒の相當大きい多結晶質なることと線引加工は横方向の壓力と縦方向の張力との組合つたもの故、この考へも強ち無理な説明ではあるまいと思ふ。なほ斯く考へることに依つて加工初期に現はれる格子歪の原因も、普通の單結晶の場合と同じく滑りの結果と見做すことが出來やう。

次に、今ここで觀察される、結晶粒の微細化、格子歪、繊維組織と加工硬化との關係であるが、



第16圖 滑り變形に依り結晶の方向性を生ずる機構

5) Gough, H. J.: "Crystalline Structure in Relation to Failure of Metals." p. 44.

6) Elam, C. F.: "Distorsion of Metal Crystals." (1935). p. 163.

第1圖の抗張力でも示される様に變形初期が最も硬化が著しい。この事實より見ると、加工硬化の主要な原因として第一に格子歪が擧げられそうであるが、Wood¹⁾の結果が真ならば加工後期に格子歪の増大がないことになり、それにもかかわらず抗張力はなほ増加するものであるし、又アルミニウムの如きX線的に格子歪が検出出来ないにもかかわらず、硬化するものもあり、簡単に結論は出来ない。何か第三の原因を考へねばならぬ様に思へるが、この點に對する考察は目下線引に伴ふ格子歪の生成を研究中故、そこで述べることにする。

VII. 結 言

本研究の要點を摘記する。

1) 線引加工の進行に伴つて如何に銅線の繊維構造が變化して行くか、を主題として研究を試みた。

2) 試料としては7mm 焼鈍線をもとに7回のレダクションで2.6mm に曳線した場合の、各回毎に採取した銅線8種を用いた。

3) 繊維組織の決定は、X線廻折法に依りX線寫眞上の干涉線が繊維組織になるに従ひ示す強度變化により行つた。銅線試料は色々の太さにエツチして、以て銅線内部の繊維組織を検した。

4) 實驗の結果、第1回のレダクションに依り、焼鈍組織は完全に破壊され、結晶粒の微細化並に結晶格子の歪が生じるが、繊維組織(結晶粒の方向性化)は現はれず、更にレダクションを進めて始めて中心部より繊維組織の著しい個所が生起して來ることが判明した。

5) 加工初期に繊維組織を示さない事實は、一見加工初期の粘性變形は結晶面の滑りに依らない様に考へられるが、變形機構の考へ方を變へれば、滑り變形としても繊維組織をとらないことの説明が可能である。