



始

6 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

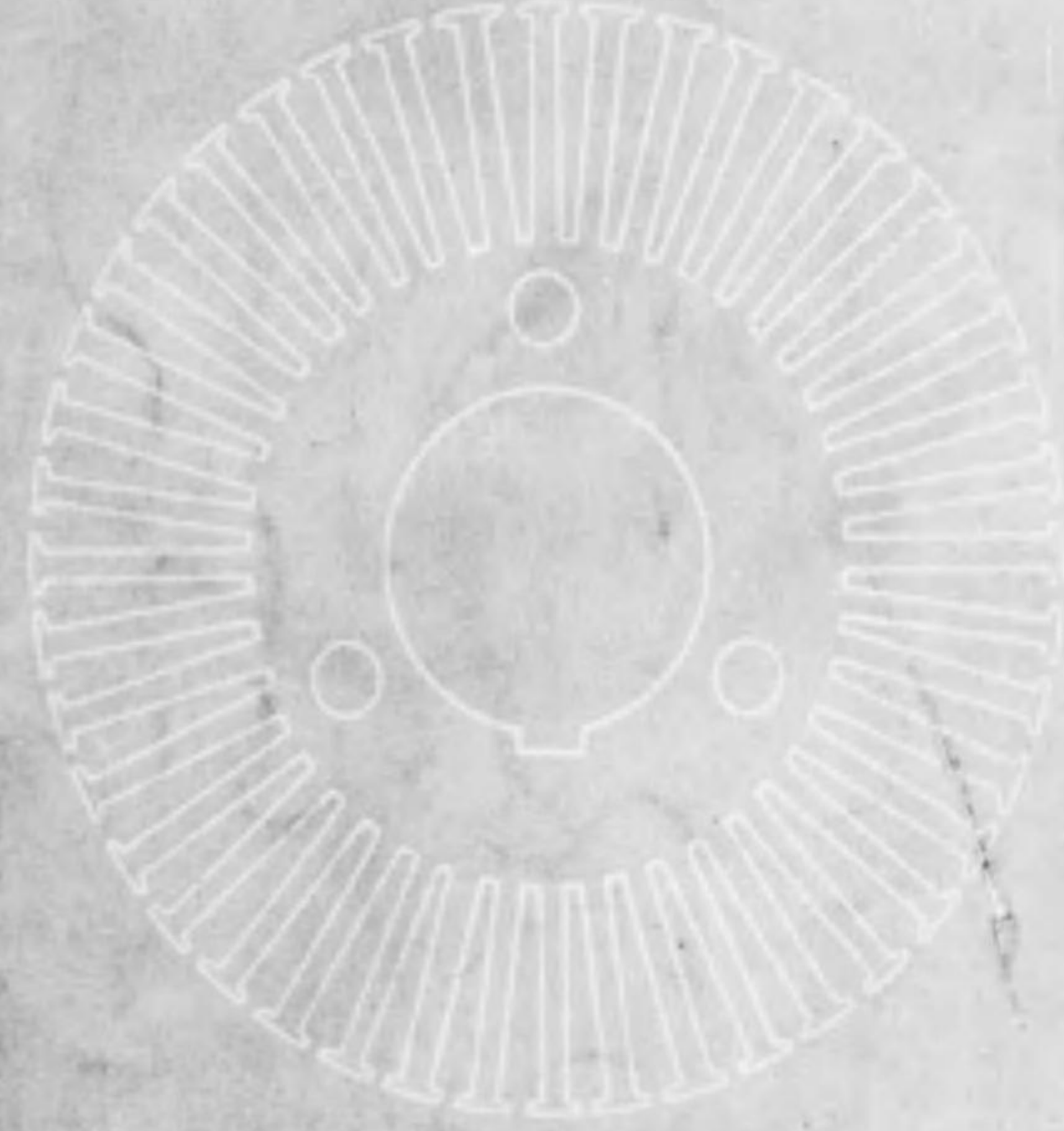
309

389



電氣鐵板

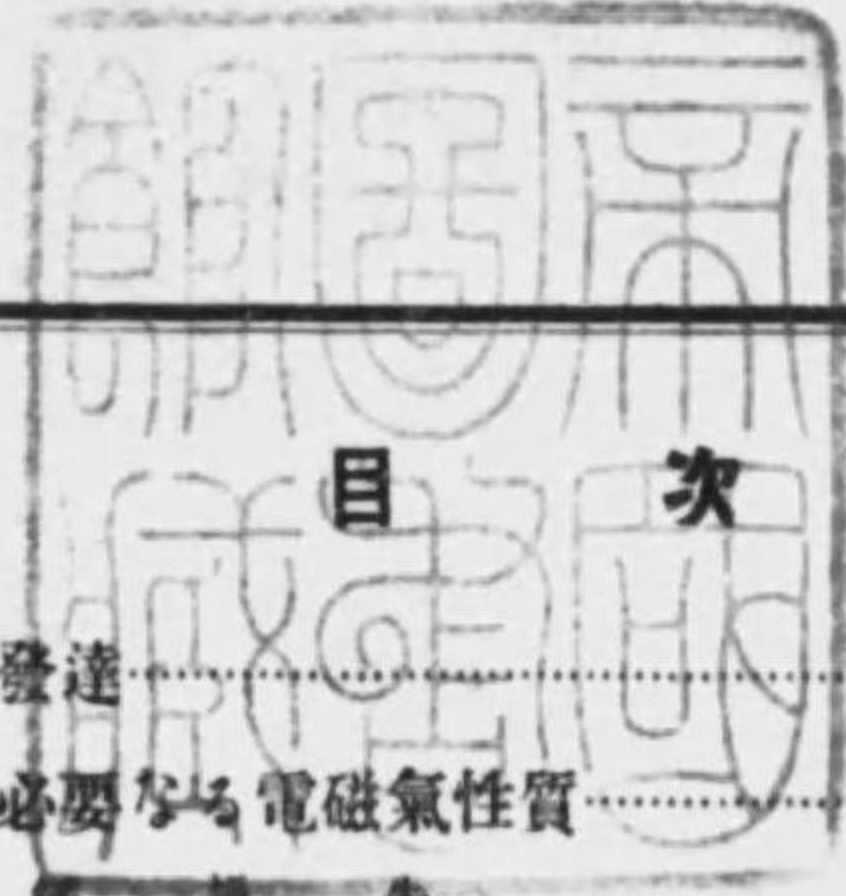
1838



製鐵所

福岡縣八幡市

特255
532



I 電氣鐵板の發達.....1

II 珪素鋼板に必要な電磁氣性質.....4

1. 鐵損
2. 時効
3. 磁化曲線及導磁率
4. Space factor
5. 總括

III 製鐵所珪素鋼板標準規格.....6

IV 外國品保證鐵損.....7

V 現品試驗成績.....9

VI 各年度別電氣試驗平均值.....9

VII 製造工程.....12

1. 材料
2. 壓延作業
3. 剪斷剝離作業
4. 粗矯正作業
5. 燒鈍作業
6. 仕上矯正作業
7. 電氣試驗作業
8. 檢定作業
9. 證明書及び檢印
10. 荷造包裝作業

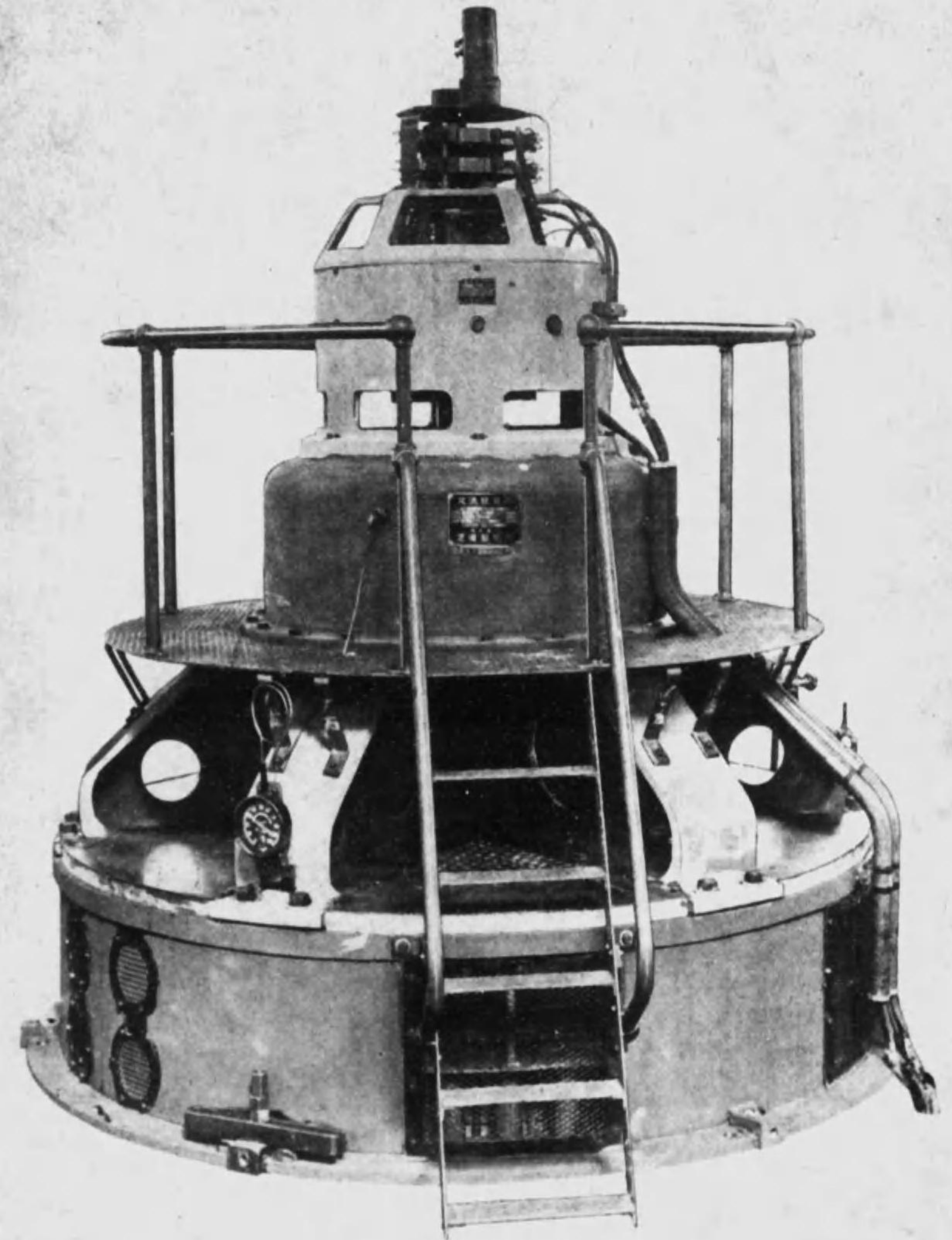
VIII 販賣方法.....22

1. 販路
2. 賣價
3. 本所電氣鐵板販賣高
4. 電氣鐵板輸入高

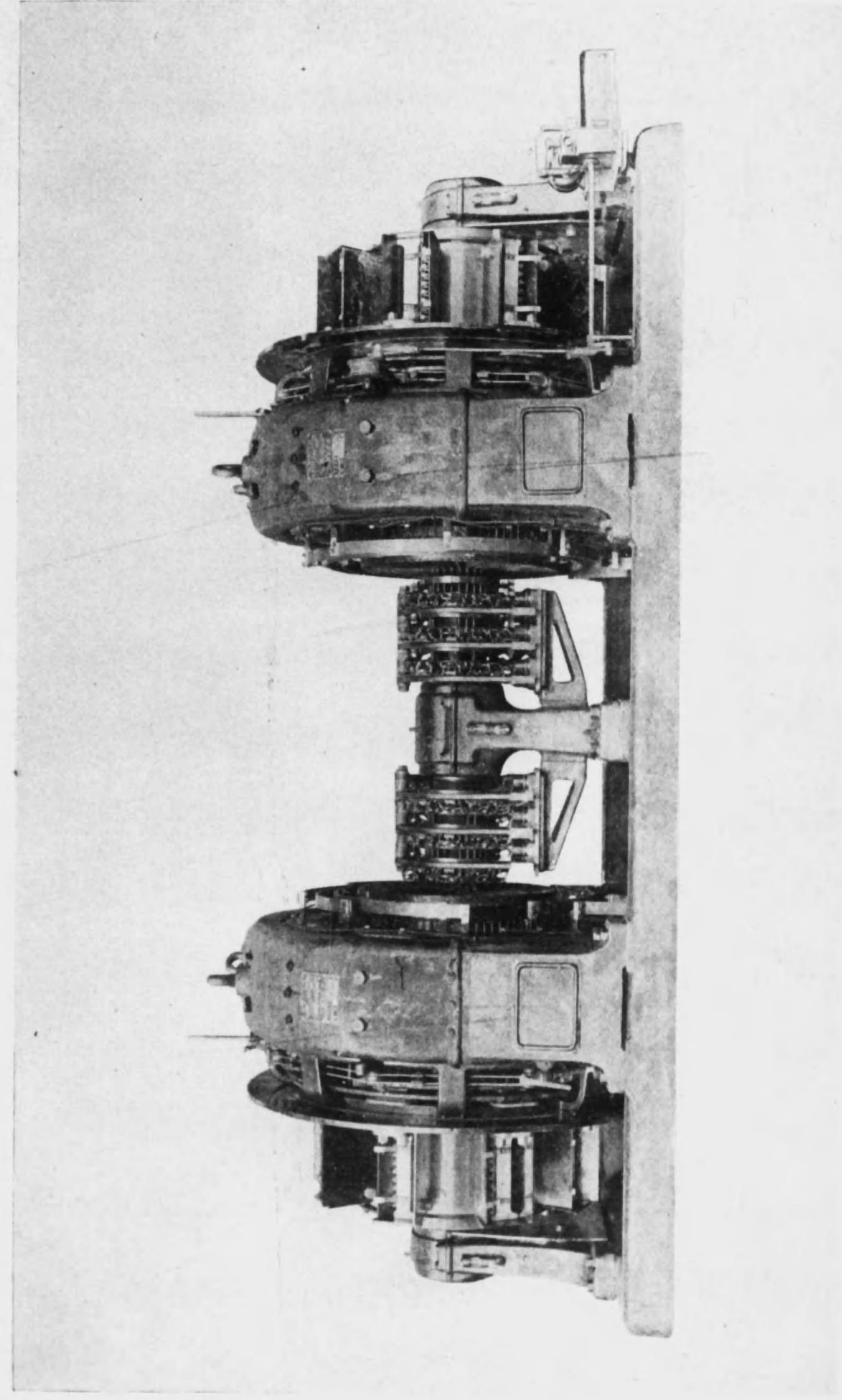
附 錄

磁氣單位表
換算表
Watts per Kg. to Watts per lb.
Gilberts per Cm. to Ampere turns per Cm.
Gilberts per Cm. to Amperet urns per in.
Kilogausses to Kilolines per Sq. in.



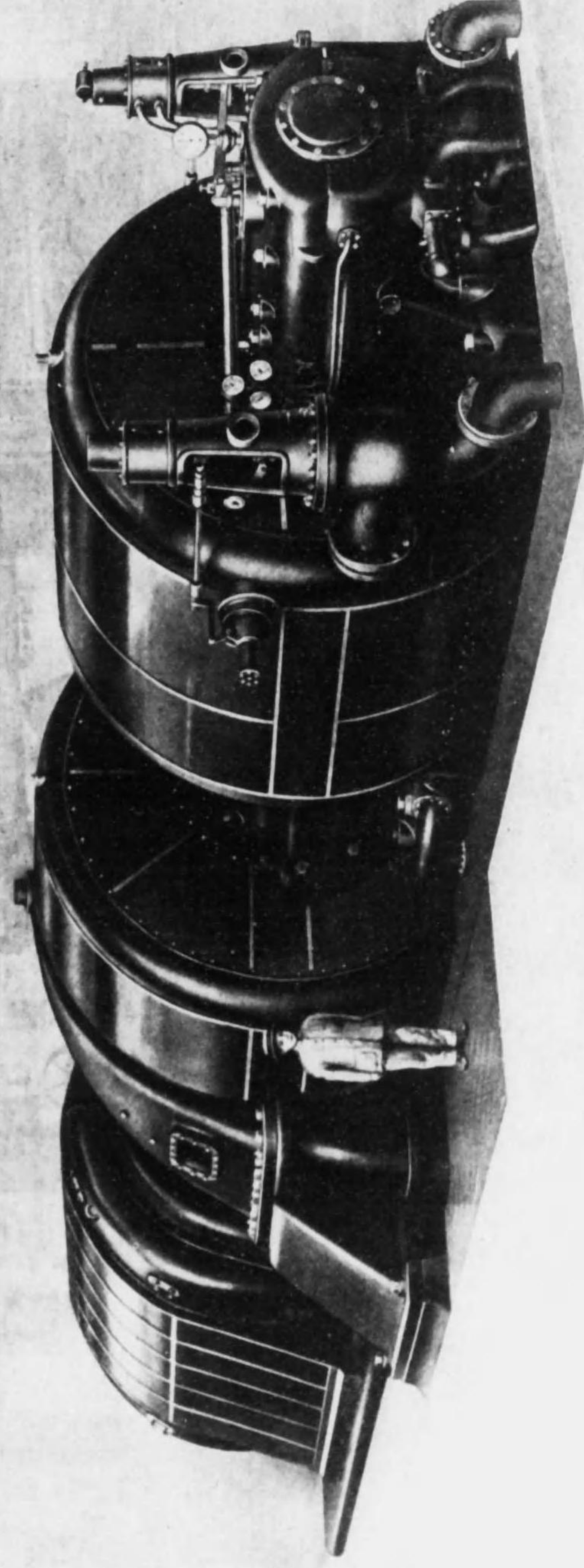


芝浦製作所製造 杖立川電氣會社納入
1,250 K.V.A 20° Pole. 300 r.p.m. 3,500 V 50 Cycles
豎型交流發電機
(製鐵所電氣鐵板使用)

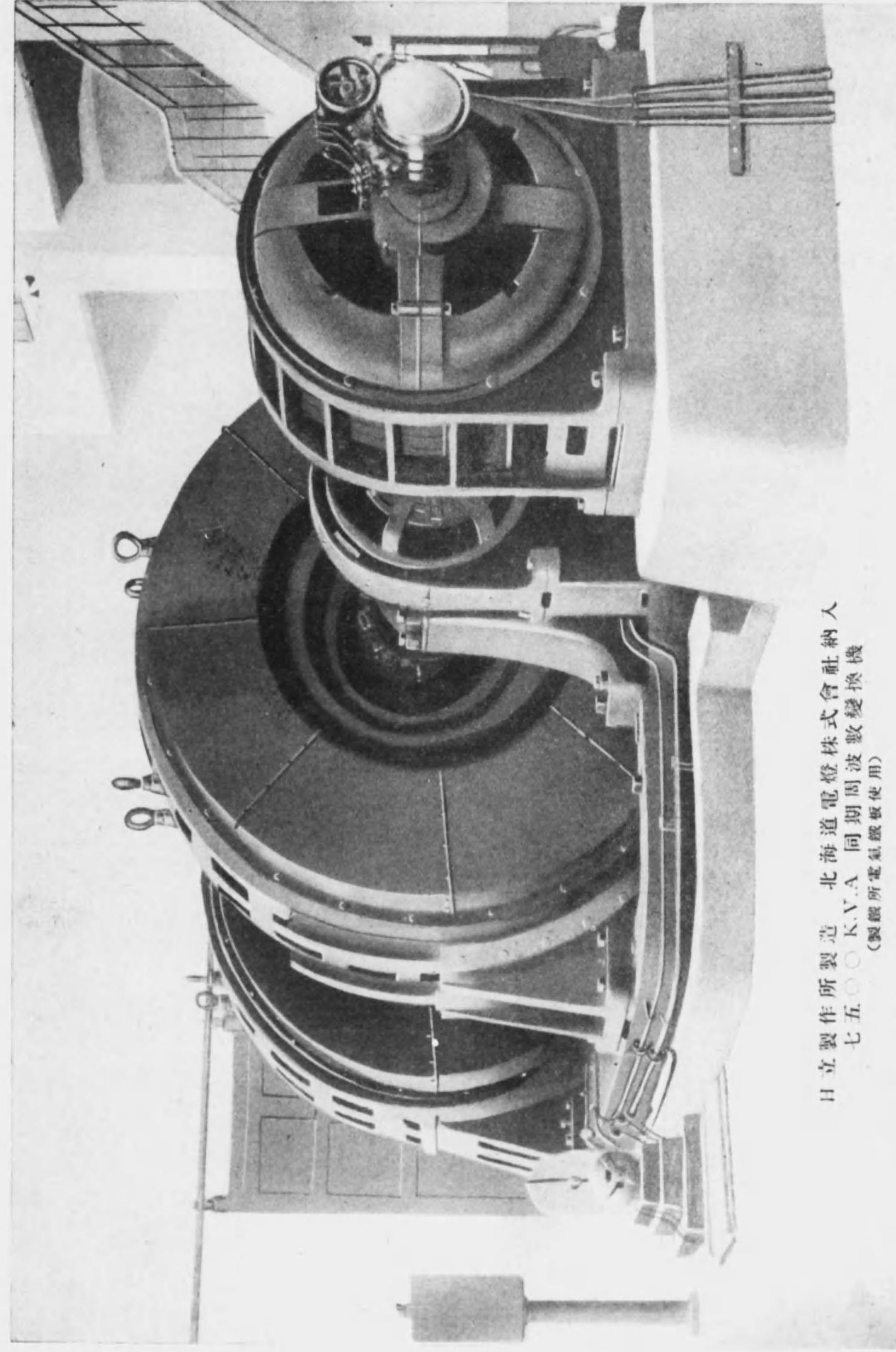


芝浦製作所製造 鐵道省納入
1,000 K.W. 750 r.p.m. 750/1,500V 50 Cycles
回轉變流機 (製鐵所電氣鐵板使用)

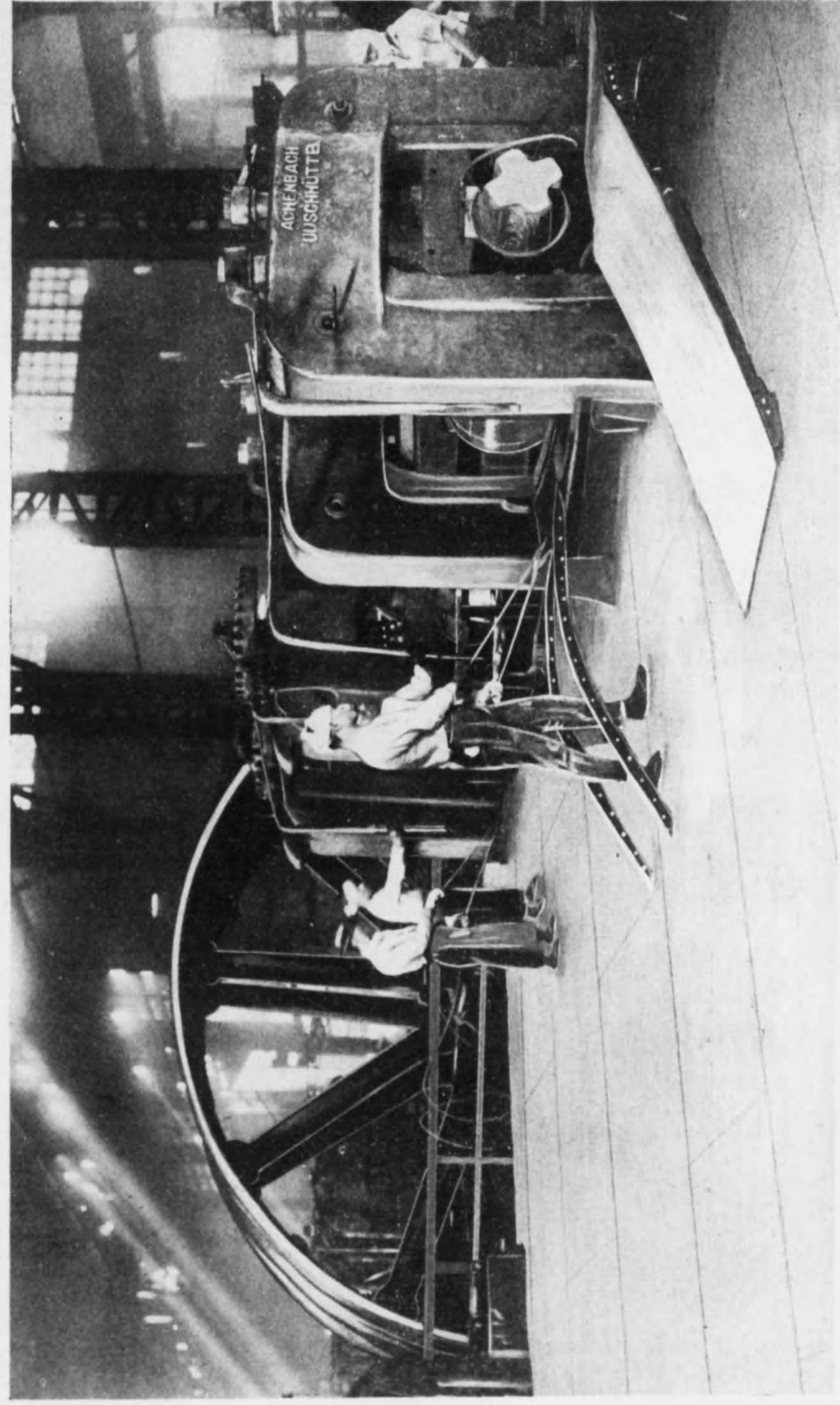
製鐵所御注文二萬二千ワットターボ発電機



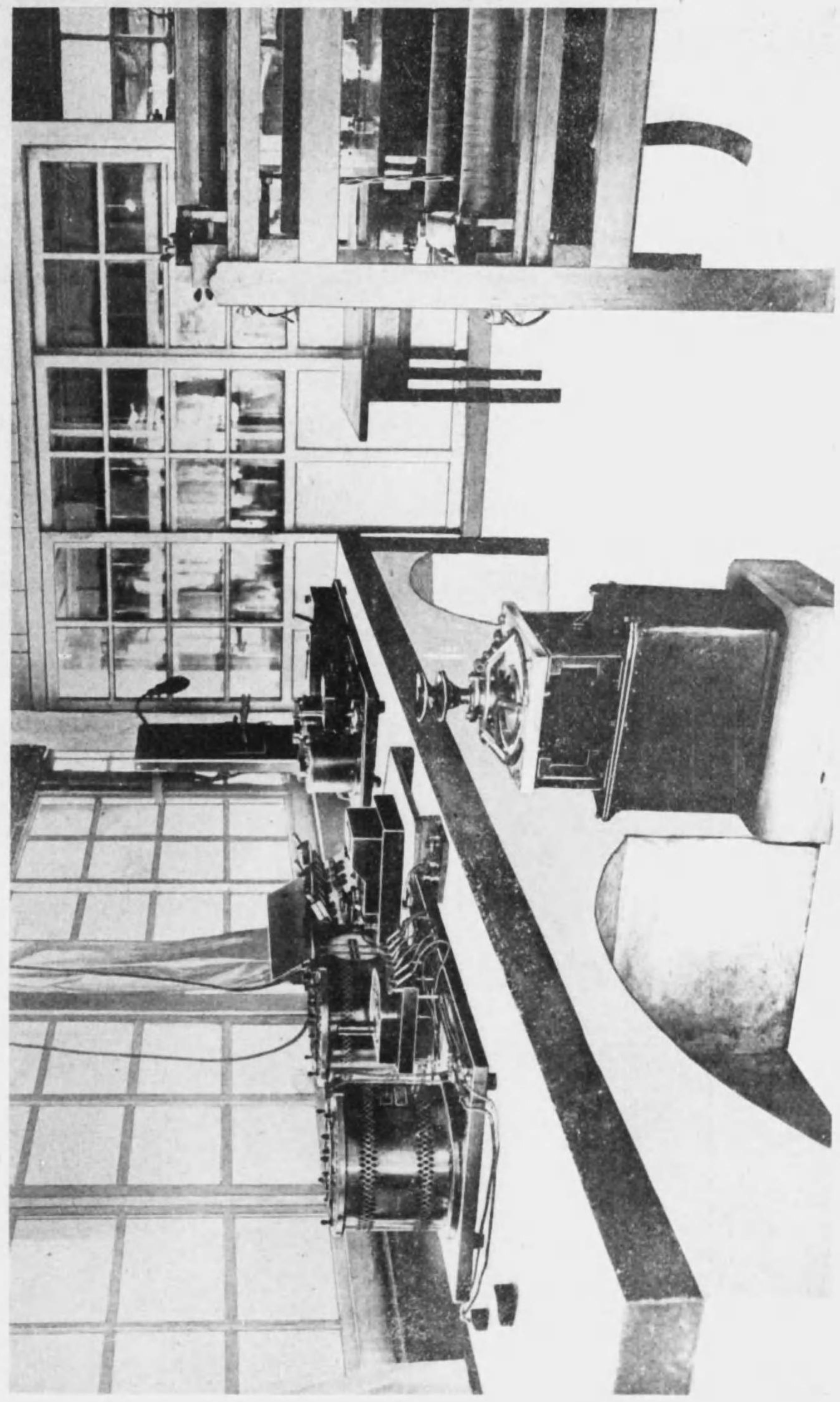
製鐵所電氣機製造株式會社ターボ発電機 (製鐵所電氣機使用)
二萬二千ワットターボ



日立製作所製造 北海道電燈株式會社納入
七〇〇 K.V.A. 同期周波數變換機
(製鐵所電氣廠使用)



製鐵所電氣鐵板壓延作業場



製鐵所電氣鐵板電氣試驗室

I 電氣鐵板の發達

電氣鐵板とは普通、發電機、電動機、變壓器等の鐵心としての珪素鋼板を意味するのである。近時に於ける電氣機器類の異數の進歩は實に此の珪素鋼板の發見と其の製造技術の發達に依ると云ふも敢て過言ではない。而し英國の有名なる冶金學者サー・ロバート・ハドフィールドが其發明を大成する迄は幾多涙ぐましい挿話を有して居る。

氏が鐵に及ぼす珪素の影響に着目し始めたのは 1882 年の頃であるが當時セフィールドの或る壓延工場から一對の齒車の注文に接し之を鑄造し供給せしに普通より多く動力を消費し硬くて使用に耐へぬこの不平を持込まれ其の原因探求の爲之を分析せしに偶然に珪素 1.5 % を含む事を見出した。そこで氏は珪素が鋼に著しき硬度を與へることを認め當時甚しく不完全なりし研磨砥石の製造に應用して見たが遂に成功するに至らなかつた。而し種々の困難や莫大の費用を費し研究は繼續せられて 1884 年には低炭素にして珪素含有量 1.5 乃至 5 % の合金鋼を造り 1885 年には高炭素の珪素鋼も完成せられて學術的に各般の性質を研究發表せられたるは 1889 年(英國鐵鋼協會)である。氏が最初に成功したのは炭素 0.07 % 珪素 1.5~3 % を含む工具鋼で 1900 年以後高速度鋼の一般工具界を風靡する迄は大に名聲を博したものである。

1894 年米國ピッツバーグ市スタンレー會社のジョン・ケリーは變壓器鐵心に關して米英の特許を得た其主旨は 0.03 % を超へざる少量の珪素の含有は鐵心板を安定にしヒステリシスの生長を減すると謂ふにあつた。茲に一言するが當時電機に使用した鍊鐵或は軟鋼板に關する困難の一つはヒステリシスに基く磁損が使用後數ヶ月間に急速に増加し時に三倍にも達することであつた。而してケリーの發明は珪素の極少量の添加が此變化を著しく減じ得ると云ふのである。

此現象に就ては當時の英國電氣學會々長ダブリュー・モルデルに由つて研究され其結果は 1895 年英國學士院に報告されて磁氣時效の眞の原因を明かにした。

然し比較的多量の珪素が鐵の電氣的及磁氣的性質に及ぼす影響を組織的に研究したのは英國のジョン・ホップキンソン(1885年)である氏は炭素及滿飽分高き珪素鋼に就て研究した爲め珪素は却つて惡影響を與ふるものなりと結論された。

其後ハドフィールドは低炭素珪素鋼板に腐心すると同時に其物理性質の研究にはサー・ウィリアム・パーレット教授等の援助を得て約八年間の研究を続け遂に低ヒステリシス及高き抵抗を有する珪素鋼板製造に成功した。然し實驗室規模の試験は旨くいつてもいざ之を大規模の工場設備で製作するとなると又種々の思はざる困難に遭逢したものである。即ち此合金鋼の鑄造性は普通鋼と異り収縮孔を生ずること多く又其鍛錬及壓延に當つても裂罅を生ずること屢々にして之を薄き板に仕上げ得るまでには多大の苦みを嘗めた。元來氏の工場は鋼鑄物を主なる生産物となしたる爲め壓延機を缺ぎ故彼は唯鋼塊を造つて之をジョセフ・サンキー會社に供給し其處で其製板法及特殊の焼鈍法等を研究し兩々相俟つて始めて之を大成するに至つたのである、而して後には其全製造を同會社に譲り此が現今の Stalloy の起源をなすのである。

倍て段々研究して見ると今迄は適當と考へた成分も電気技師の要求する成績を得るが爲には幾分其成分を変更する必要に迫られた、即ち以前は一吋度當りのワット・ロス普通 1.25 ワットを標準とし 2.1 ワット以下のものは合格したのであるが、最近 0.5 ワット位 (50 サイクル・磁束密度 10,000) のものを要求するに至つた、而して現今最良なる珪素鋼板の成分としては鐵 95~96 % 珪素 3.5~4.0 % 以上炭素・磷・硫黃等の和 0.25 % 以下であることを必要とするに至つた。

今此發明を完成したとして之を實際に使用せしむるまでには又長年月の奮闘を必要とした、初め電気技師は此材料の効能書を荒唐無稽のものとして相手にせず愈々其眞價を知るに至つては珪素の如き廉價なる元素の 3~4 % を加へた合金鋼が何故斯く高價になるかと反問され最後には之を用ふるの大利益を認むるに至つても之は電機の設計及構造に大革命を來たすものとして躊躇されなごして此發明を發表して七年後の 1906 年までに僅に一噸弱を販賣し得たのみであると云つて居る。斯かる有様であるから初めは大規模の工場を設計することも出来ず従つて鋼板の品質も現在のものに及ぶべくもなかつたのであるが 1903 年に 0.5 K.V.A. の變壓器に之を試用したのを始めて年と共にその容量は増加し遂に今日の名譽を博するに至つたのである。

今此發明以來最近に至るまでに珪素鋼板が如何に改良され進歩したかは第一表に由つて之を窺ふことが出来る。

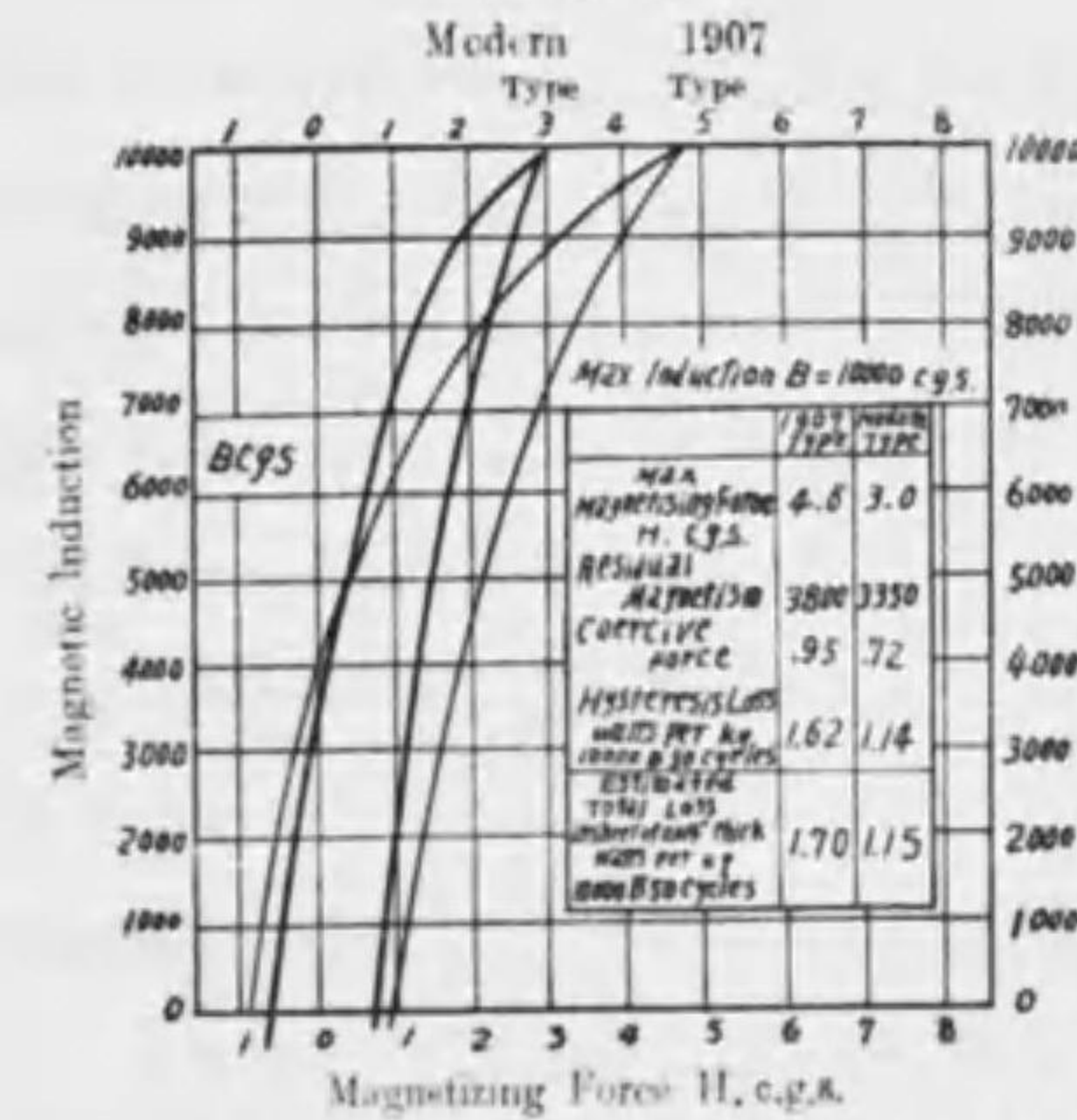
第一表

	全鐵損				ヒステリシス損失と渦電流損失の割合			
	50 サイクル		60 サイクル		50 サイクル		60 サイクル	
	1 吋度 ワット	1 吋 ワット	1 吋度 ワット	1 吋 ワット	ヒステ リシス	渦電流	ヒステ リシス	渦電流
木炭練鐵	1.20	2.65	1.54	3.4	67	33	62	38
軟鋼	1.09	2.41	1.41	3.1	66	34	61	39
珪素鋼 (1903年)	0.78	1.73	0.98	2.15	78	22	74	26
全上 (1912年)	0.66	1.45	0.82	1.8	84	16	81	19
全上 (最上品 1912年)	0.59	1.30	0.74	1.62	82	18	78	22
全上 (珪素約 3.5% 1925年)	0.58	1.28	0.73	1.60	81	19	78	22
全上 (最良品 1925年)	0.44	0.97	0.56	1.23	75	25	72	28

今 1907 年に工業的に製造開始されし當時の珪素鋼板を現今の者と曲線に依て比較すれば第 1 圖第 2 圖の如きものである。

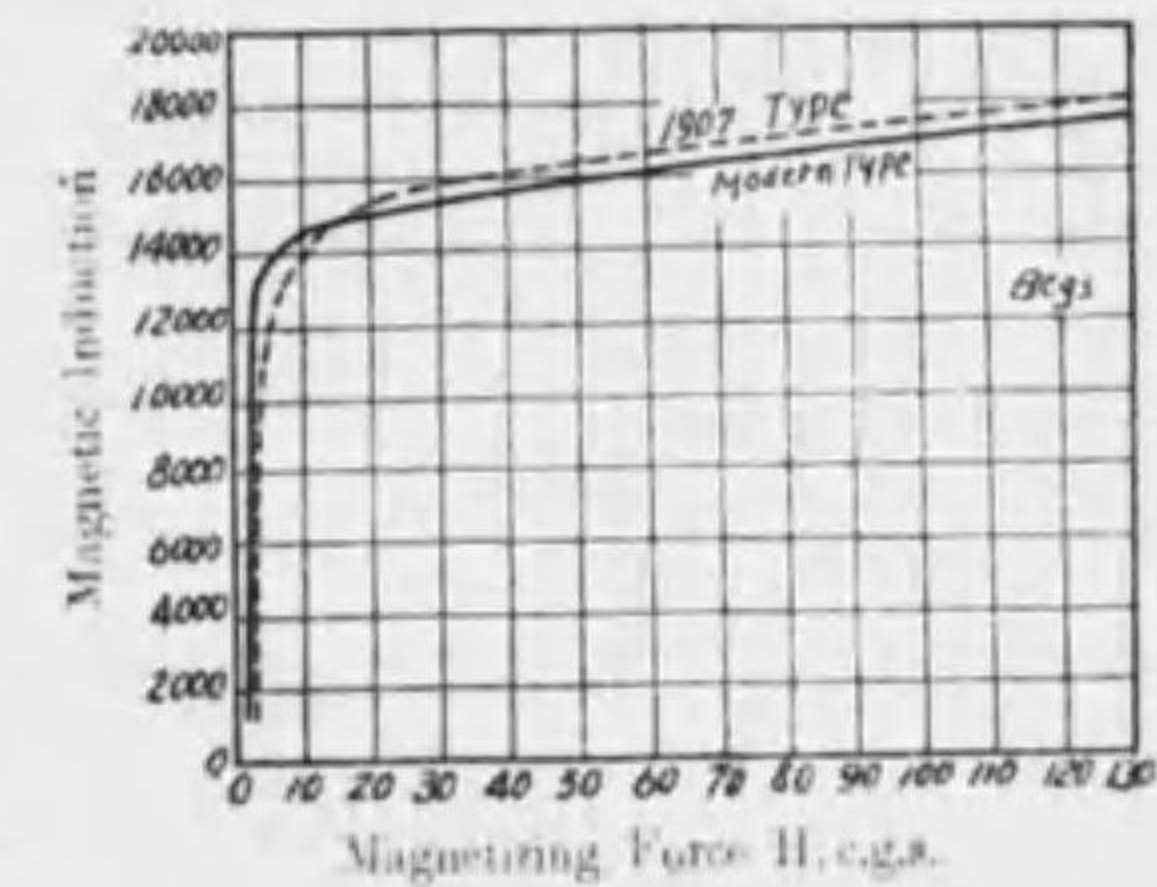
第 1 圖

今昔の珪素鋼板ヒステリシス曲線比較圖



第 2 圖

今昔の珪素鋼板磁化曲線比較圖



而も之等の進歩は主に 1910 年前後迄に行はれたるものにして其後の進歩は遅々とし漸く最近焼鈍法に bright annealing の應用を見るに至つたのである。

本邦に於ける珪素鋼板の製造は世界大戰に刺戟せられ製鐵所に於て大正五年乃至大正七年の頃種々研究されたが平和克復と共に中絶の貌であつた、其間鑄造加工に多大の困難に逢ひとは英國に似たるものがある。民間に於ても計畫は存したるも實現の運

びに至らずしてやみ漸く大正十三年十一月より再び製鐵所に於て製造開始され漸次技術及び設備の完成と共に増産せられて居る。

II 珪素鋼板に必要な電磁氣性質

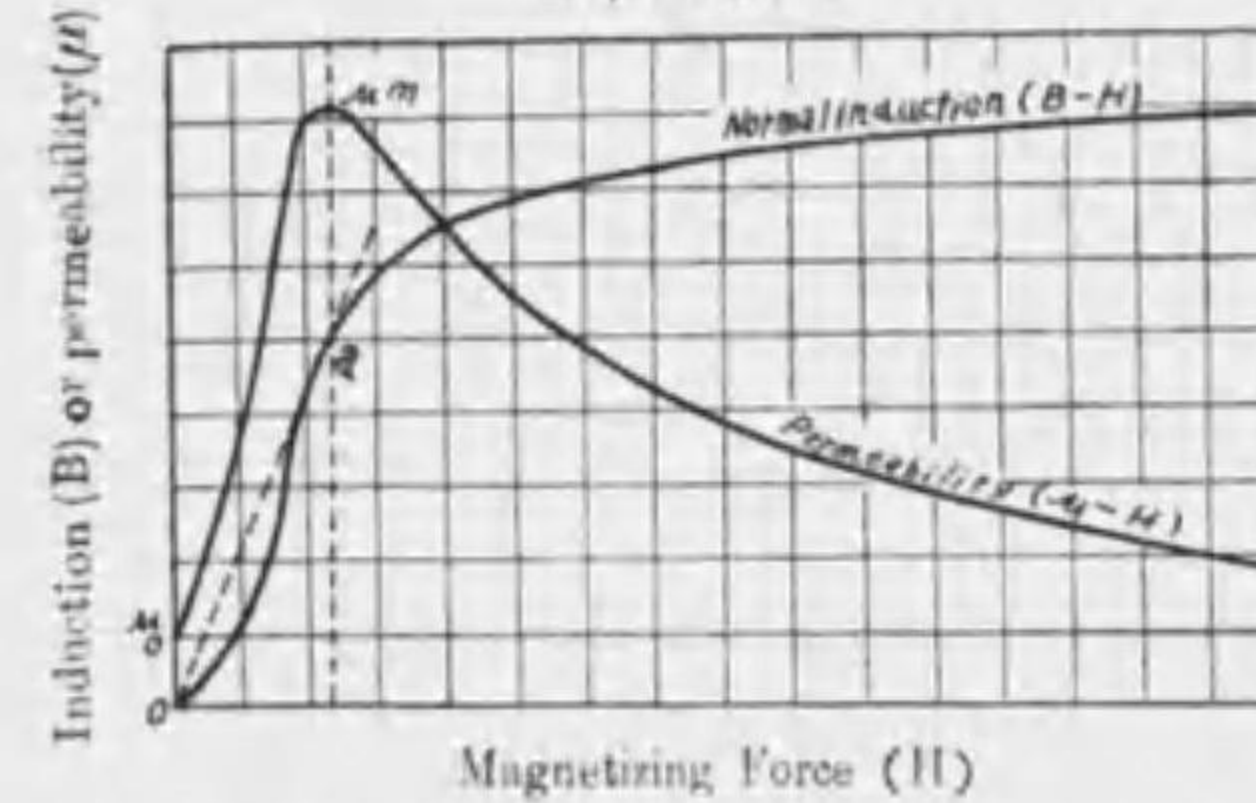
1. 鐵損失：—此は鐵板を交番に磁化する時に起る電力の浪費にして珪素鋼板の最も重要な磁氣性質である、此は鐵心中に生ずるヒステリシス及び渦電流の兩損失を併せたるものにして又ワット・ロス。コア・ロス。パワー・ロス。等と稱せられて居る。ヒステリシス・ロスはヒステリシス曲線の包含する面積となり電流の方向を逆にする度に磁氣誘導が磁化電流より遅れる事より生ずるものにして鐵の分子を熱するのみにして電力の損失となり磁化力が交番に迅速に變化する如き場合に起り易く發電機の發電子、變壓器鐵心の如きものが最も多く此の作用を受ける。渦電流損失も鐵心に起る普通の現象にして此も亦鐵の分子を熱するのみで其のエネルギーは浪費されるのであつて此の渦電流損失は全鐵損の15乃至25%を占めるのである。其の比較割合は第一表に示されて居る、而して此の鐵損失は次の如き條件に支配される。即ち厚さ、磁束密度、周波數。温度の上昇と共に増加し且又機械的歪を加ふる事に依ても増加し波形率の影響も受くるのである、依て此の損失の規準を定めるには此等の條件を包含するを要し萬國的に採用されて居るのは各厚さに就きて25°Cに於て材料1kgが50サイクルの周波數にて10,000ガウスの磁束密度中にて消費せるワット數を規準として居る。米國は60サイクルを用ふるが製鐵所及歐洲では50サイクルを採用し又參考として15,000ガウスの場合も添付する事がある、符號には $W_{10/50}$ 又は V_{10} 等を用ふる。

2. 時効：—變壓器鐵心又は發電子等の如く鐵板を絶えず使用して長期間に及び時は磁氣的の疲勞即ち時効といふ特性を表はす。此は鐵損失の増加を來すものにして現在の珪素鋼板の出現迄は此の増加が100%に及ぶ事ありしも現在は2乃至3%の範圍に止まり實用上此の影響は無視して可なる域に進歩して居る。

3. 磁化曲線及導磁率：—珪素鋼板の性質をよく表はすものは磁化曲線又はB-H曲線誘導曲線である、此曲線は第3圖の如くその誘導Bと磁化力Hとの關係を示して居る。

.....(4).....

第3圖
標準磁化曲線



此を見るにHが大となれば水平に近づきBの増加はHと同率に進まず換言すれば鐵分子の磁化が飽和する事を示し従つて此の曲線を飽和曲線とも呼ぶ事がある。而して此の誘導Bは其鐵板の每平方吋(又は每平方吋)を通る磁力線の數であつて其面積が每平方吋であれば其單位をガウス (Gauss) といふ名稱で表はして居る。誘導がガウスで表はさる時は磁化力は普通 Gilberts per C.M. 又は Ampere Turus per C.M. (A. T. p. in) で示される此等相互の換算表は末尾の附録に掲載してある。

次に重要な事項として導磁率 $\mu = \frac{B}{H}$ の關係がある即ち permeability = $\frac{\text{Gauss}}{\text{Gilberts per cm.}}$ となる導磁率と磁化力との關係は第3圖に示す $\mu-H$ 曲線にて知らるる如く Max. permeability はOを通り磁化曲線に切線を引く事に依て得られる、珪素鋼板は鐵損失を餘りに重要視する爲か此の導磁率を時に没却する傾向を有すれども現時の珪素鋼板改良項目の一は如何にして此の導磁率を高むるかに存し電氣材料としては重要な條件である。

4. Space factor：—能率よき機械を低廉に作らんとする時は與へられたる空間を出來得るだけ多量に有用の鐵板にて充填する事を必要とする。然るに厚み不同にして平滑ならず、且電磁氣的に效果少なきスケール厚き時は空間を不經濟に使用する事となり鐵其の物の容積は充すべき全容積の何%かに低下する、此の率を Space factor と稱し此が改善は各國の争つて研究する處にして歴延技術の進歩と相俟つて特殊の燒鈍方法の發見に依り之を優秀にせんと努力されて居る。

5. 總括：—依て優秀なる珪素鋼板に必須なる諸性質は次の如く表示される。

- | | | | | |
|----------------|---|------------|---|-------------------------------------|
| (イ)電磁氣性質 | { | 1. 鐵損失少なき事 | { | ヒステリシス(α) 保磁力 (Coercive force) 少なき事 |
| | | 2. 導磁率高き事 | | ロス少なき事 (β) 保磁性 (Retentivity) 少なき事 |
| | | | | 渦電流損失少なき事 (γ) 固有抵抗大なる事 |
| 3. 時効なきか又は少なき事 | | | | |

.....(5).....

- (ロ)物理性質
- 1. Space factor よき事
 - I. 厚み均等なる事
 - II. 板面平滑なる事
 - III. スケール薄き事
 - 2. 適宜の柔軟性ある事

III 製鐵所珪素鋼板標準規格

製鐵所珪素鋼板標準規格

厚	サ	磁束密度	損				
			A	B	C	D	T
0.35	0.014	10,000	3.00	2.46	2.26	1.95	1.50
0.43	0.017	10,000	3.30	2.73	2.44	2.10	1.62
0.50	0.020	10,000	3.60	3.00	2.60	2.35	

磁化力	誘導				
	A	B	C	D	T
25 A. T. 毎 厘	15,200	15,000	14,500	14,500	14,500
50 A. T. 毎 厘	16,200	16,100	15,500	15,500	15,500
100 A. T. 毎 厘	17,300	17,200	17,000	16,800	16,500
300 A. T. 毎 厘	19,800	19,500	19,000	18,800	18,500

本規格は製品の最大「ワット・ロス」及び最小誘導を保證するものなり。

厚さの公差は一枚の板に付き±10%以下。巾及び長さの公差-0、+6 耗とす。

重量公差はその板の算定重量の±2.5%以内。

現在に於ける製品最大寸法 3'~0"×6'~0"迄。

将来 9'~0"迄は作る豫定。

今各規格別に其の使用箇所の概念を示せば

A, は pole の鐵心に適し又連続的に運轉せざる電動機或は發電機用としても可、又高磁束密度を要求する機械等に使用される。

B, C, は主として電動機、發電機のアーマチュア、或は誘導電動機の廻轉子用。

D, は特に誘導電動機の固定子用鐵心として適し或種の變壓器にも用ふ。又 C, と共

に高能率の電動機或は發電機のアーマチュアに使用される。

T, は變壓器用のものである。

IV 外國品保證鐵損

外國品は當所規格の A, B, C, D, T. に相當するもの各別に種々の名稱を與へて種別多きが如く使用者を欺いて居る。此等は多量生産中に種々異なる電氣試験結果を示す製品を生じ、之を各別に命名分割したるものにして、珪素含有量は一つの連鎖をなすのみである。今内地市場に表はるる品の各社保證鐵損を當所規格にて示せば次表の如きものである。

名 稱	厚さ	W _{10/50}			製鐵所規格にて示せば
		0.35 ^{mm}	0.43 ^{mm}	0.5 ^{mm}	
Bismarckhütte	3.0	—	—	—	A
Allegheny Armature	2.90	3.10	3.78	—	A
Lohys	3.02	3.32	3.92	—	Aより悪し
Armco Armature	2.90	3.12	3.39	—	A
American Armature	2.91	3.12	3.82	—	A
Newport Armature	2.91	3.09	3.79	—	A
Surahama Dynamo	2.93	3.25	3.98	—	A
Uloy Armature	2.97	3.59	4.40	—	A
Bochum E. H. W. B D 36	—	—	3.6	—	A
Bismarckhütte	2.4	—	—	—	B
E. H. W. B D 30	—	—	3.0	—	B
Allegh. Electrical	2.39	2.64	3.10	—	B
Armco Electric	2.40	2.64	2.86	—	B
Special Lohys	2.21	2.48	2.95	—	C
U. S. Electrical	2.44	2.64	3.15	—	B
Newport Electr "A"	2.45	2.72	3.20	—	B
Sur. Special Dynamo	2.48	2.74	3.30	—	A
Uloy Elec.	2.53	2.77	3.30	—	A
Motor Spec. Elec.	2.13	2.25	2.47	—	C
Newport Elec. "B"	2.14	2.30	2.50	—	C

Uloy Spec. Elec.	2.09	2.27	2.53	C
Bismarckhütte	2.0	—	—	C
E. H. W. B D 26	—	—	2.3	C
Medium Resistance	1.97	2.15	2.48	C
Allegh. Dynamo	1.95	2.09	2.25	D
Armeo Spec. Elec.	1.96	2.10	2.24	D
Sur. Med. Alloyed	1.94	2.14	2.57	D
Allegh. Dynamo Spec.	1.75	1.88	2.03	D
Armeo Intermediate Transf.	1.67	1.78	1.87	D
Dynamo Spec. Elec.	1.71	1.84	2.00	D
Newport Elec. "C"	1.72	1.85	2.01	D
Uloy Dynamo	1.74	1.90	2.05	D
Bismarckhütte	1.6	—	—	D
Allegh Transformer	1.52	—	—	D
Allegh. Transf. Spec.	1.42	1.58	1.76	T
Armeo Transf. Spec.	1.43	1.52	1.63	T
Stalloy	1.51	1.62	1.82	T
Apollo Spec. Elec.	1.46	1.60	1.80	T
Newport Transf.	1.46	1.63	1.81	T
Sur. Transf.	1.51	1.65	1.83	Tより悪し
Uloy Transf.	1.57	1.70	1.83	D
Bismarckhütte	1.45	—	—	T
Bismarckhütte	1.3	—	—	T
E. H. W. B L D	1.3	—	—	T
Armeo Transf. Extra Spec.	1.35	—	—	T
Armeo Transf. Extra Extra Spec.	1.25	—	—	T
Extra Apollo Spec.	1.37	—	—	T
Uloy Transf. Extra Spec.	1.45	—	—	T

外國品は當所規格D及びTを數種に分割命名し居るものにして當所は製品の單純化の見地よりして此の手續をなさず五大別に止めて居る。

外國品は誘導の保證を與へて居ないが本所製品には誘導の保證も與へる事となつて居る。

V 現品試験成績

本邦市場に散見する現品に就きて試験せる結果は次の如きものである。

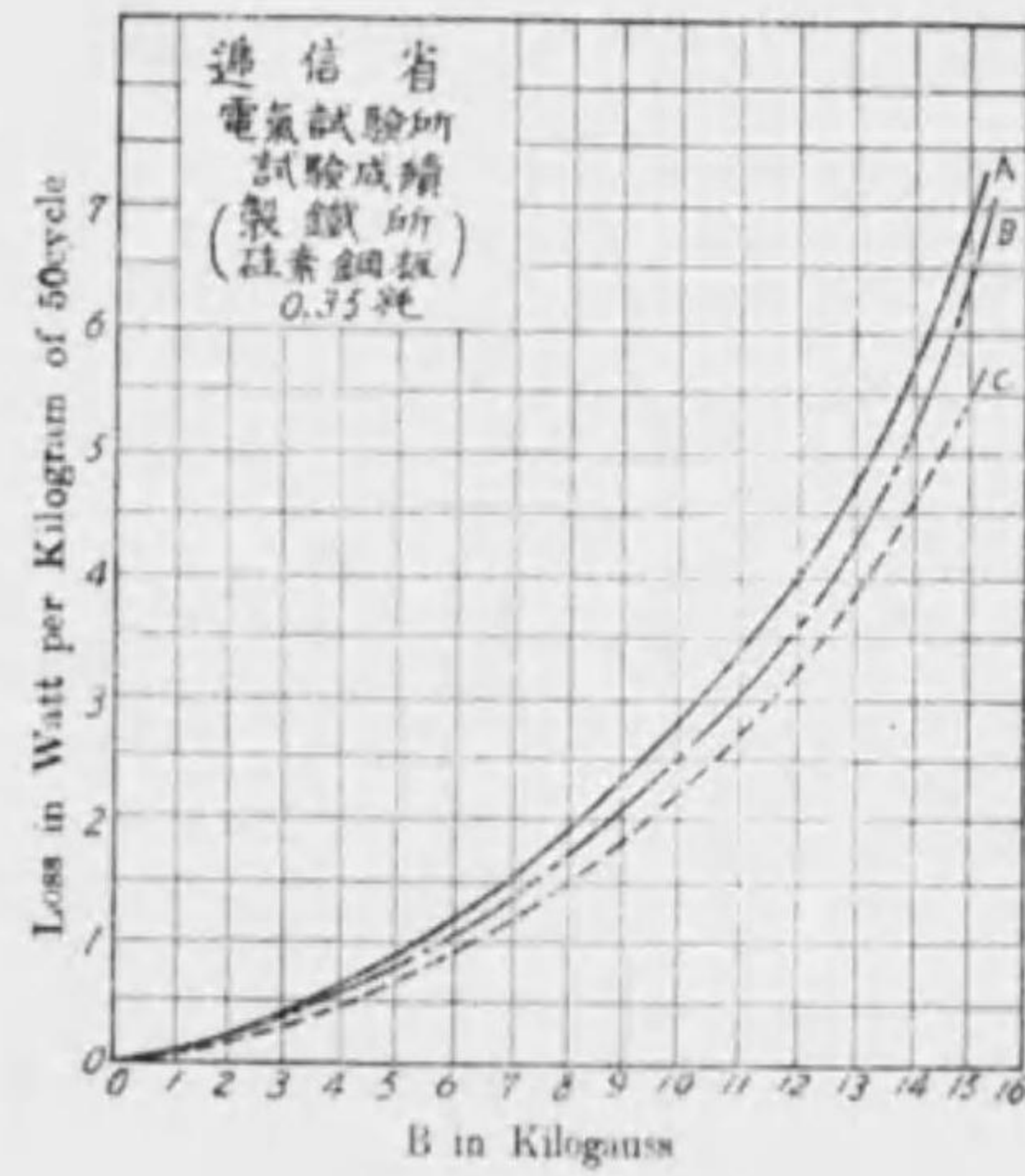
製造所	名 稱	化 學 成 分							厚 度 ワット/層 10-000 50-100	誘 導 lines/cu. ² 100 A.T. 300 A.T.				
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Al						
Sankey	Stalloy	.04	4.327	.18	.042	.028	.065	.072	0.35	1.313	14,570	15,570	16,920	19,240
"	"	.07	3.49	.19	.01	.01	.06	.14	.036	1.75	14,400	15,410	16,620	18,930
"	"	.09	3.68	.17	.01	.02	.05	.16	0.55	1.75	15,030	16,000	17,260	19,520
"	"	.09	3.25	.14	.06	.02	.03	.15	1.75	5.86	15,200	16,410	17,720	20,160
"	Special Lohys	.06	0.70	.31	.03	.01	.03	.14	0.34	2.46	15,580	16,570	17,770	20,390
"	Lohys	.08	1.04	.22	.05	.02	.02	.14	0.51	2.75	15,390	16,250	17,370	19,340
"	"	.09	1.58	.24	.06	.02	.04	.12	1.59	8.34	14,890	16,230	17,540	20,140
Allegheny	Transformer	.08	3.73	.08	.01	.01	.03	.25	0.36	1.54	14,770	15,830	17,060	19,340
"	"	.09	3.43	.16	.01	.02	.05	.19	0.13	1.66	14,910	15,850	17,030	19,290
"	Dynamo	.05	1.31	.22	.02	.02	.05	.12	0.35	2.63	15,250	16,290	17,490	19,870
U. S.	Apollo Special	.07	4.28	.14	.02	.02	.03	.16	0.37	1.54	15,220	16,140	17,460	19,410
"	"	.07	4.04	.14	.01	.02	.05	.14	0.54	1.89	14,890	15,840	17,050	19,280
"	"	.06	3.92	.13	.01	.01	.04	.16	0.37	1.69	14,936	16,040	17,290	19,420
"	Dynams Special	.05	3.59	.15	.02	.01	.03	.13	0.36	1.92	14,940	15,980	17,190	19,460
"	"	.06	2.90	.14	.06	.02	.04	.14	0.51	2.65	15,170	16,190	17,360	19,610
"	Electrical	.08	0.86	.24	.07	.03	.03	.13	0.37	2.59	15,920	16,840	17,970	20,350
Armeo	不 明	.08	1.14	.21	.01	.02	.04	.14	0.37	2.00	15,530	16,630	17,800	20,100
"	不 明	.09	1.11	.26	.09	.02	.05	.16	0.42	2.40	15,780	16,730	17,880	20,350
製鐵所	T 一例	.04	3.80	.12	.04	.017	—	—	0.35	1.398	15,150	16,200	17,470	19,820
"	T " "	.04	4.02	.15	.07	.007	—	—	0.35	1.245	14,580	15,620	16,890	18,940
"	D " "	.06	1.79	.29	.024	.030	.261	—	0.36	1.915	14,980	16,140	17,380	19,830
"	C " "	.06	1.44	.14	.012	.022	.200	.53	0.35	1.99	15,180	16,260	17,480	19,980
"	B " "	.06	1.23	.27	.021	.035	.068	—	0.35	2.33	15,630	16,750	17,950	20,350
"	A " "	.04	0.608	.43	.067	.039	.078	—	0.35	2.58	15,540	16,890	17,860	20,740

此表に依ても知らるる如く珪素含有量の尠なくて優良の成績を表すものと、こからざるものとありて、名稱は電氣試験結果に従ひ分割命名されるものにして、珪素含有量は大体の基準を有するのみである。

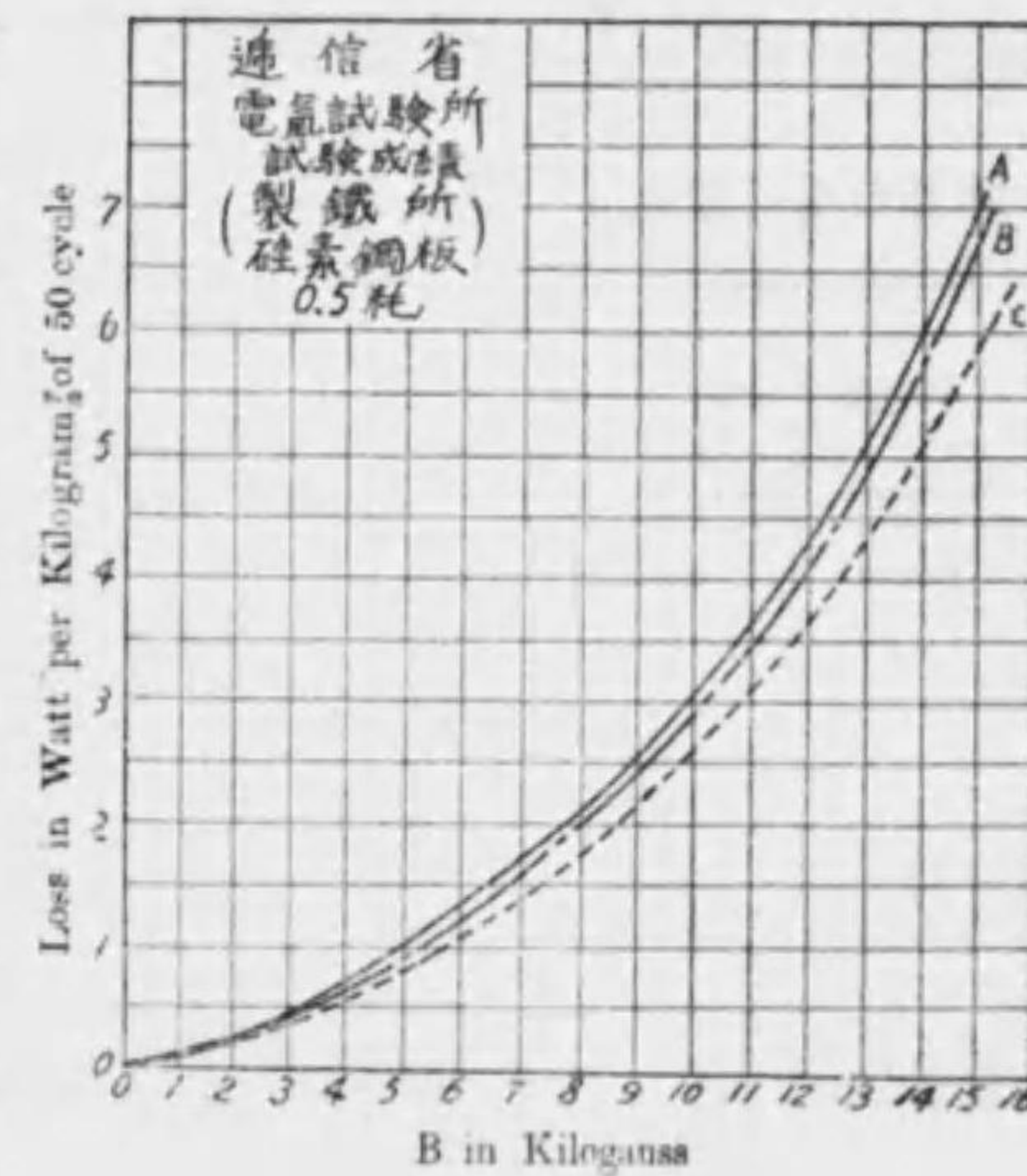
VI 各年度別電氣試験平均値

創業に際し製品試験の結果を正確ならしむる爲、逓信省電氣試験所に委託せる試験結果は次の如きものである。

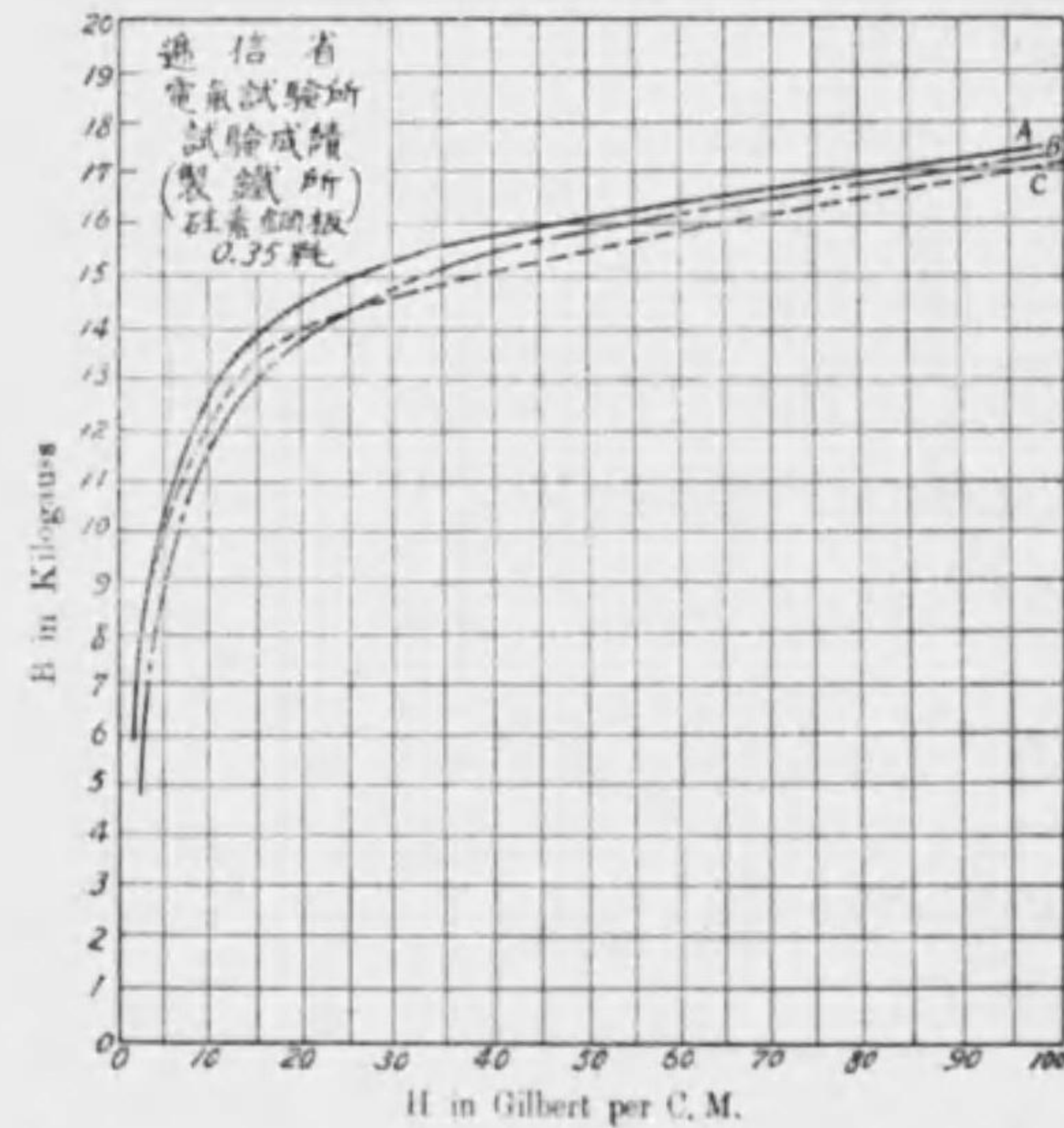
全鐵損



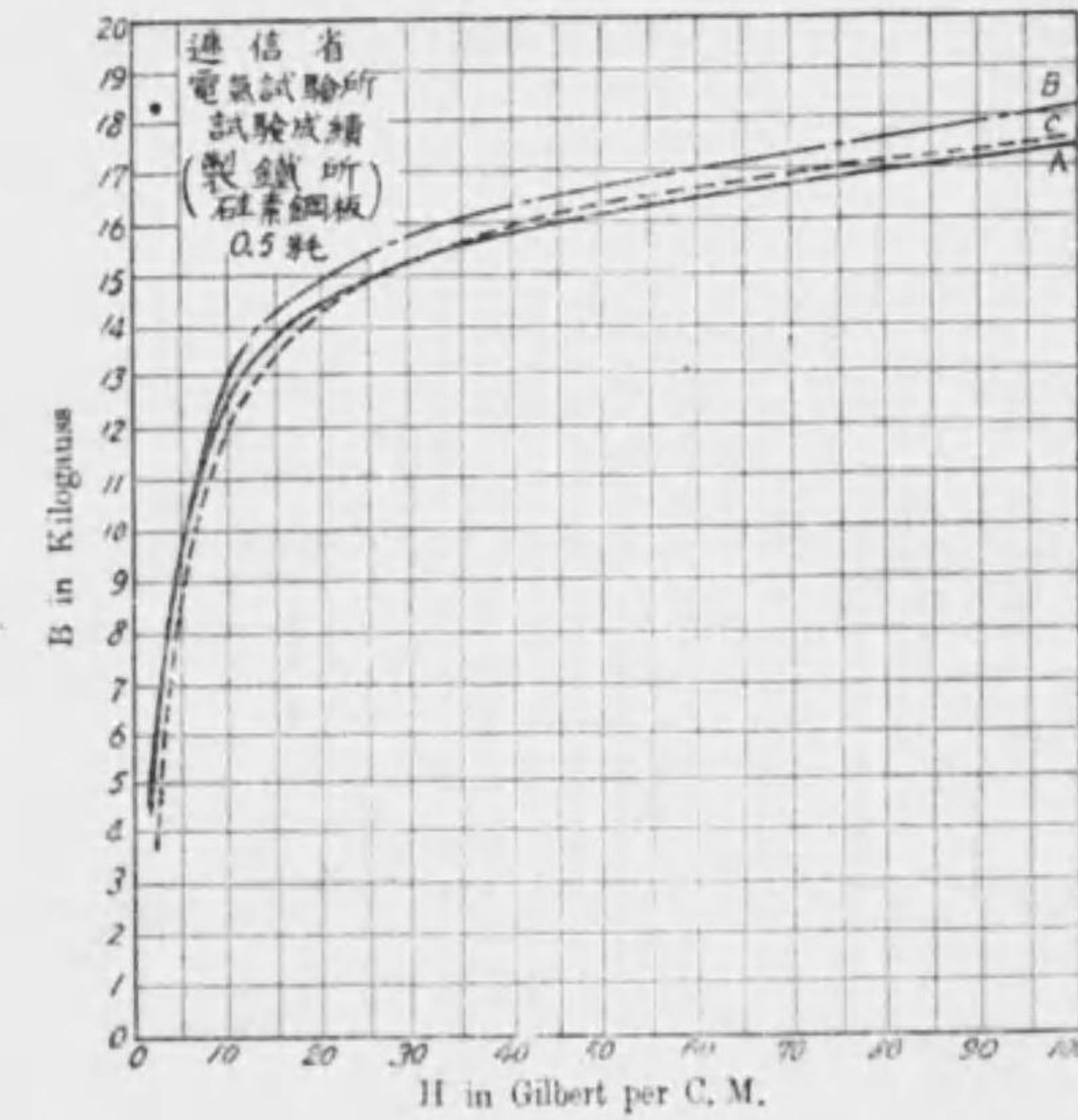
全鐵損



磁化飽和曲線



磁化飽和曲線



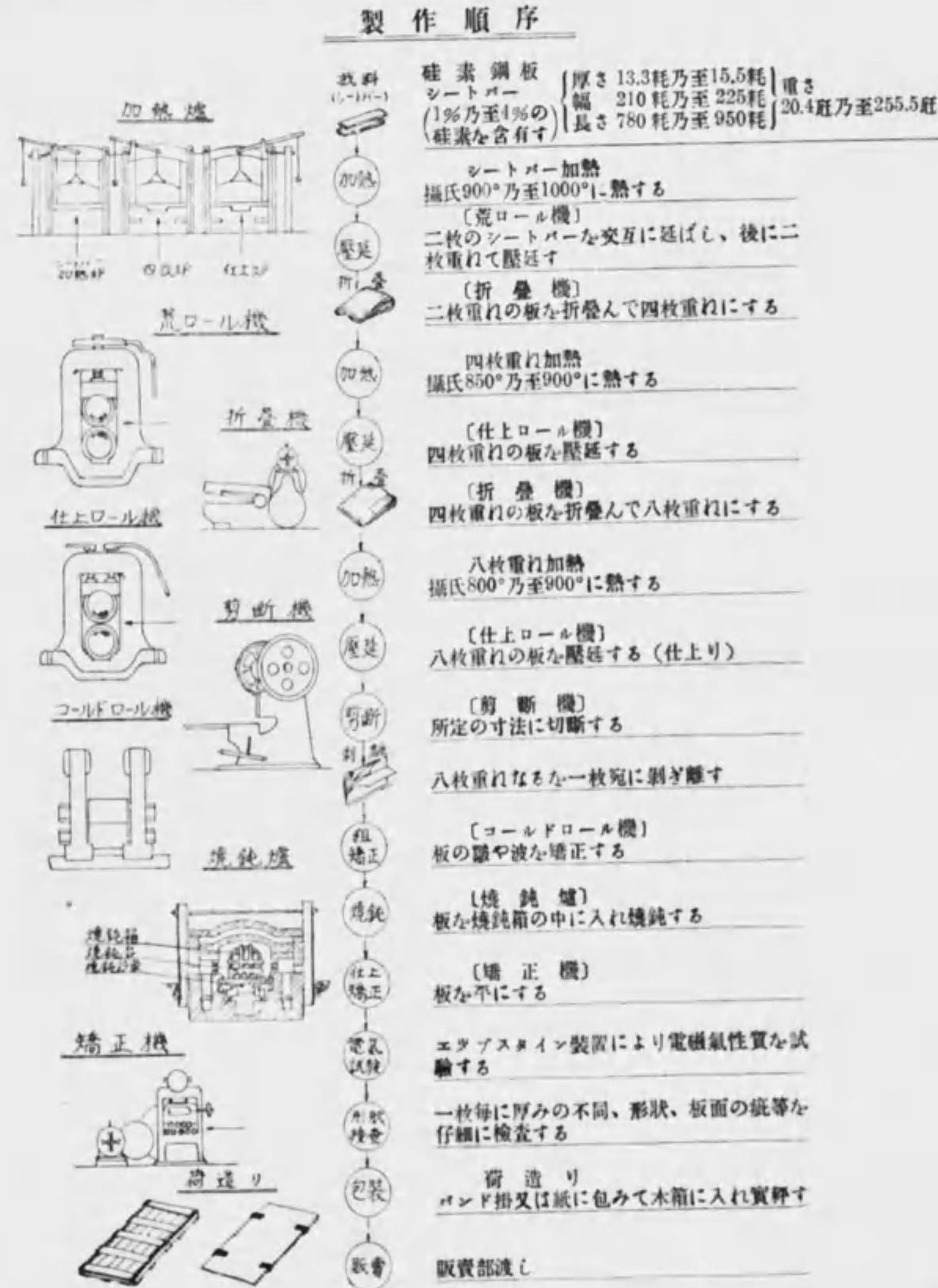
而して製品の進歩を知り且大体の傾向を視るには各年度別電氣試験結果の總平均値を知るが妥當であらう。今生産量少なきものは省略し代表としてB及D規格の製品に就き各年度別試験成績の總平均値を示せば次の結果となる。

	厚 mm	鐵損 W _{10/50}	誘導 lines/cm ²			
			25 A.T./cm	50 A.T.	100 A.T.	300 A.T.
標準 B 規格	0.35	2.46	15,000	16,100	17,200	19,500
大正 14 年度 平均値	0.35	2.372	15,100	16,280	17,510	20,030
大正 15 年度 平均値	0.35	2.353	15,220	16,320	17,580	20,080
昭和 二 年度 平均値	0.35	2.292	15,341	16,451	17,678	20,159
昭和 三 年度 (自四月至八月) 平均値	0.35	2.264	15,416	16,563	17,760	20,254
標準 D 規格	0.35	1.95	14,500	15,500	16,800	18,800
大正 14 年度 平均値	0.35	1.906	14,510	15,620	17,060	19,130
大正 15 年度 平均値	0.35	1.721	14,750	15,840	17,170	19,450
昭和 二 年度 平均値	0.35	1.642	14,910	16,000	17,210	19,590
昭和 三 年度 (自四月至八月) 平均値	0.35	1.603	15,120	16,050	17,310	19,760

此等の結果を見るに、鐵損も漸次低下の傾向を表はし、誘導も昇騰しつつある勢を示し標準規格を改正すべき機会も近きにある。

VII 製造工程

先づ其順序を圖解すれば次の如きものである



此により大体の概念を得、各作業別に順次進む事とする。

1. 材料：—シートバーは鐵、珪素以外の成分は何れも悪影響を電磁氣性質に及ぼす爲成べく少なきを好み各規格により大体次の如き分布状態を示して居る。

規格	Si	C	Mn	S	P	珪素鋼板を二大別せる場合の名稱
A	0.8~1.0	0.09以下	0.35以下	0.04以下	0.04	電機用
B	1.1~1.3	"	"	"	"	
C	1.4~1.6	"	"	"	"	
D	2.0~3.5	0.08以下	"	"	"	
T	3.5~4.3	0.06以下	0.20以下	0.03以下	0.012以下	變壓器用

此の成分は絶対的のものに非ずして、規格 A, B, C, D, T は電氣試験の結果を俟つて始めて決定せらるるものにして、分析に A, B, C, D, T の區別はないのである。熱處理法の如何によりて珪素は 1% 位のものも規格 C に合格する電氣試験結果を示す事がある。上表は普通の結果としての規準を表はしたのみである。珪素鋼板改善方法の一は低珪素にして、しかも鐵損失は高珪素と同様にし且つ時効の少きものを製造せんとするにある。斯くの如く珪素含有量多く炭素量少なく極度に鋼を精練する製鋼作業には非常な苦心を要し、電氣爐又は平爐を用ひて製せられて居る。

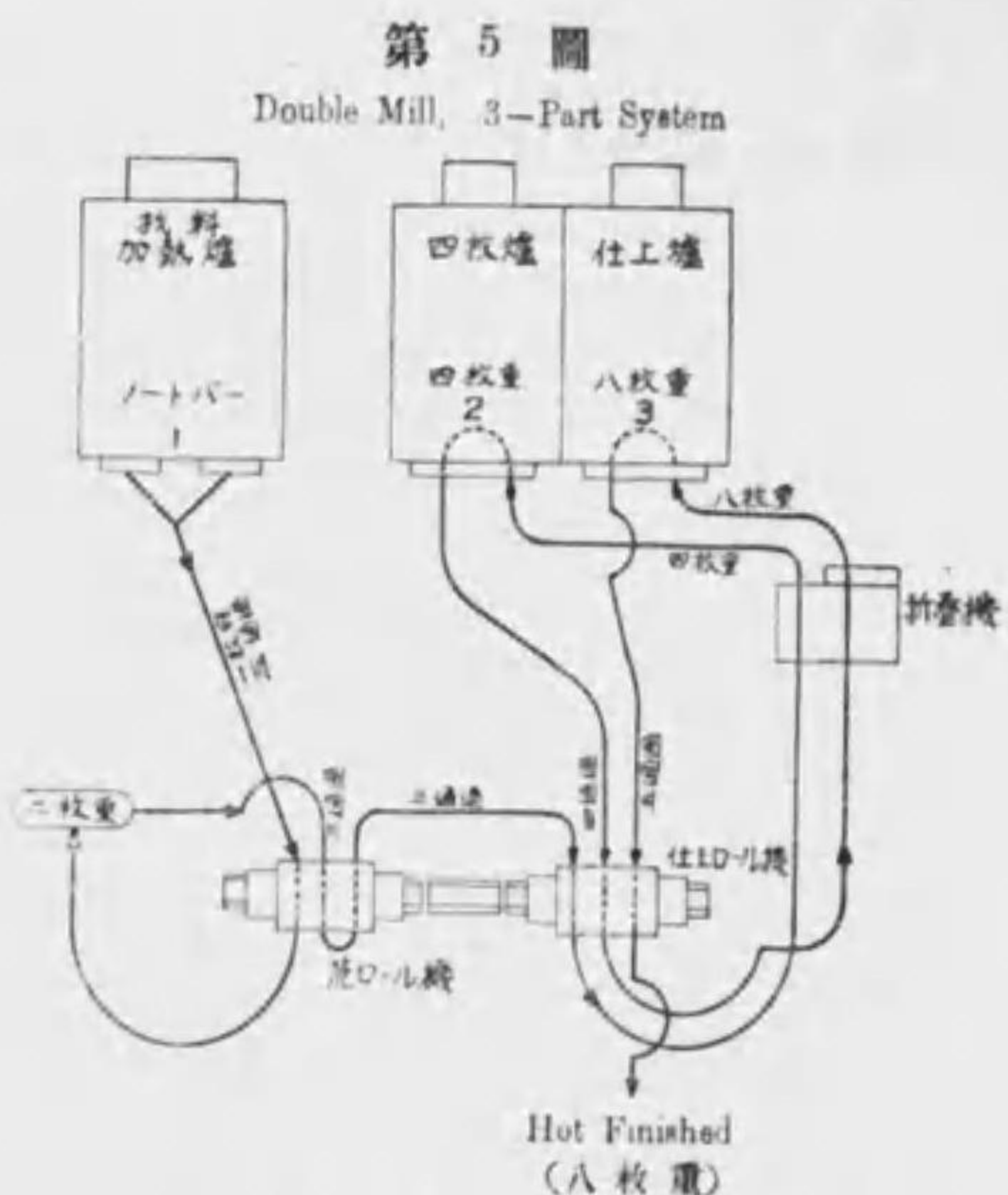
2. 壓延作業：—總て 0.35 耗の如き薄きものは一枚づつ延べては作れない。本所に於ては八枚重ねて延ばすのである。先づ材料なるシートバーは材料加熱爐に装入し 100°C 乃至 1000°C 位に加熱し、2 枚宛取り出して荒ロール機に運び、最初は一枚宛ロールに 2~3 回通して、次にこれを 2 枚重ねて 3 回通し最初の巾 200 耗のものを約 1 米突位の長さとし、之を其のまゝ仕上げロール機に運び、更に 2~3 回ロールを通過し約 2 米突位に延ばし、これを剥ぎ、折り疊みて端を揃へ、折疊機 (Doubling shear) にて充分に疊み尾部を切斷し、4 枚重ねとして 4 枚爐に装入する。此を 850°C 乃至 900°C 位に加熱して仕上げロール機を 3~4 回通過すれば 2 米突位に延び、再び此の 4 枚を各板毎に剝離し、折疊機に掛けて充分に折り疊み、尾端を揃へて切る。此が八枚重ねとなり仕上げ爐に装入され、約 850°C 位に注意して均等に加熱せられ、三度仕上げロール機を 4~5 回通過すれば約 2 米突の長さとなり、3' x 6' の板を切り取るべき原板が出来上る。厚さ 13.3 耗のシートバーより上述の行程を経て 0.35 耗の厚さとなるのである。0.5 耗より厚手のものは 4 枚重ねのまゝ仕上げて居る。要するに Double Mile, 3 Part System を

採用して居る。圖解すれば第5圖の如くなる。

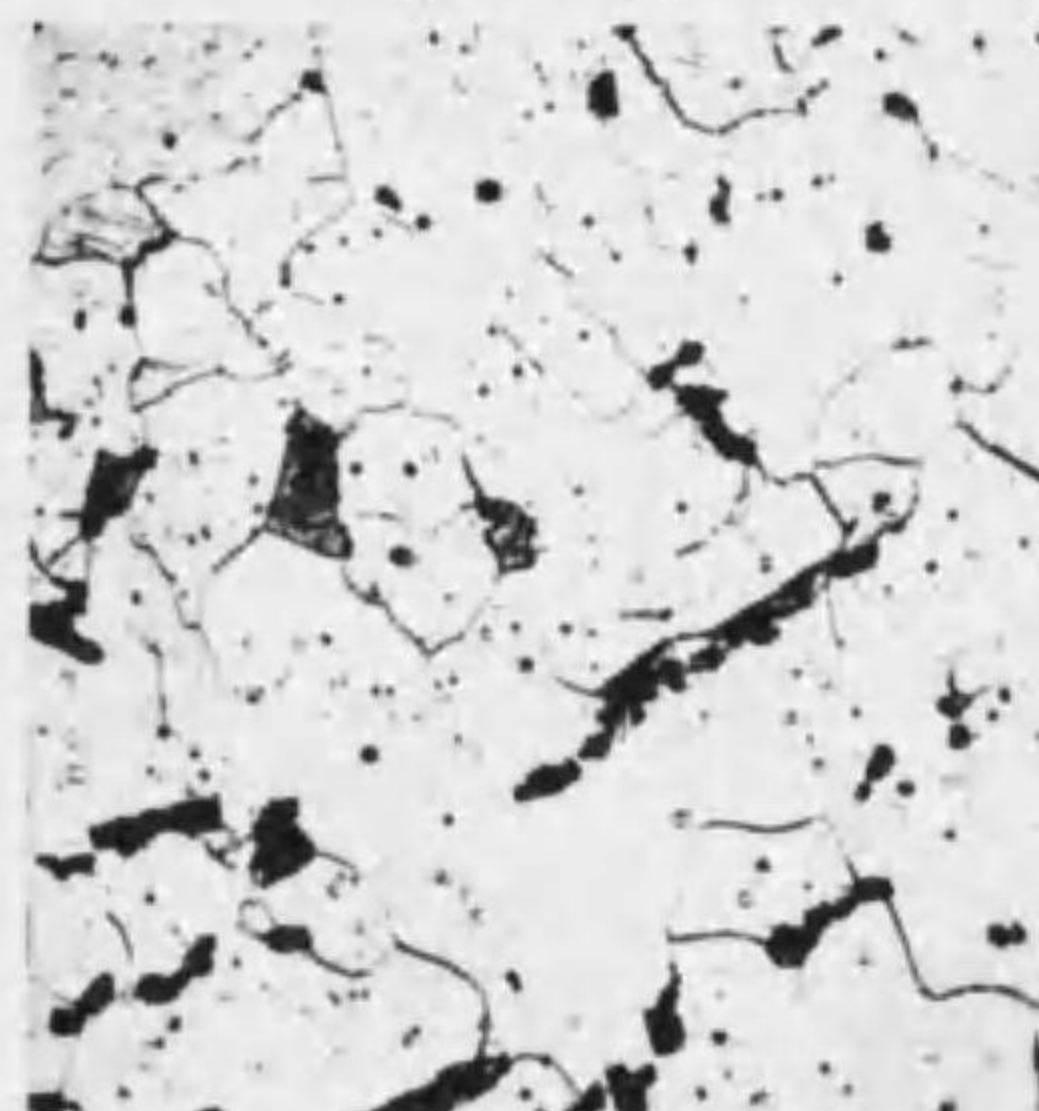
3. 剪断剥離作業:—上述の製品は1日間冷却の後、所定の寸法に剪断し、板の端を少しく屈曲し、剥げ口を作りて8枚重ねとなれるものを剥がす、外國品は長さ、巾の不足を屢々見れども當所製品は寸法は餘裕を採り此が不足は絶無と云つて好い程である。

4. 粗矯正作業:—剪断剥離を終つた板はコールドロールを通過して粗矯正を行ふ、此處に於て大なる皺を取り去り、且つ表面を平滑ならしめて Space Factor を良好ならしむるのである。

5. 焼鈍作業:—上述の加工より板は非常な内部歪を受けて硬くなり、粒状も不齊になつて居る、此を焼鈍すれば内部歪を除去され、硬度を減じ、延性を増して加工を易からしめ、又粒の不均一を均整にするのである。従つて珪素鋼板電氣試験の良否は實に此の焼鈍の如何に據るのである。今壓延各工程に於ける顯微鏡組織の變化を示せば、第6圖乃至第11圖の如きものであつて、何れも其の變化の程度の甚しきに驚く程である。本試料の成分はC.06 Si 1.23 MnO.27 P.021 S.035 Cu.068 であつて、全部同一の材料より試片を採りては殘部を壓延したるのである。此の組織により粒の太さに及ぼす焼鈍の効果は明瞭に分明するであろう。而して此の粒の太きものは鐵損失少きものである、其の焼鈍による効果の程度は何程になるか一例を掲げて見るに、第12圖の鐵損比較及び第13圖の磁化曲線の比較の如きものである。又同一試料にて試みに Erichsen sheet metal tester に依て Erichsen value を比較したる一例を示せば、珪素1.31%、厚み0.35 耗の板にて焼鈍前4.62 耗、焼鈍後6.27 耗となり充分改良されてをる。此の重要な焼鈍は連續式焼鈍爐に依て行はれる。此の焼鈍爐は本邦に於ける最



第6圖



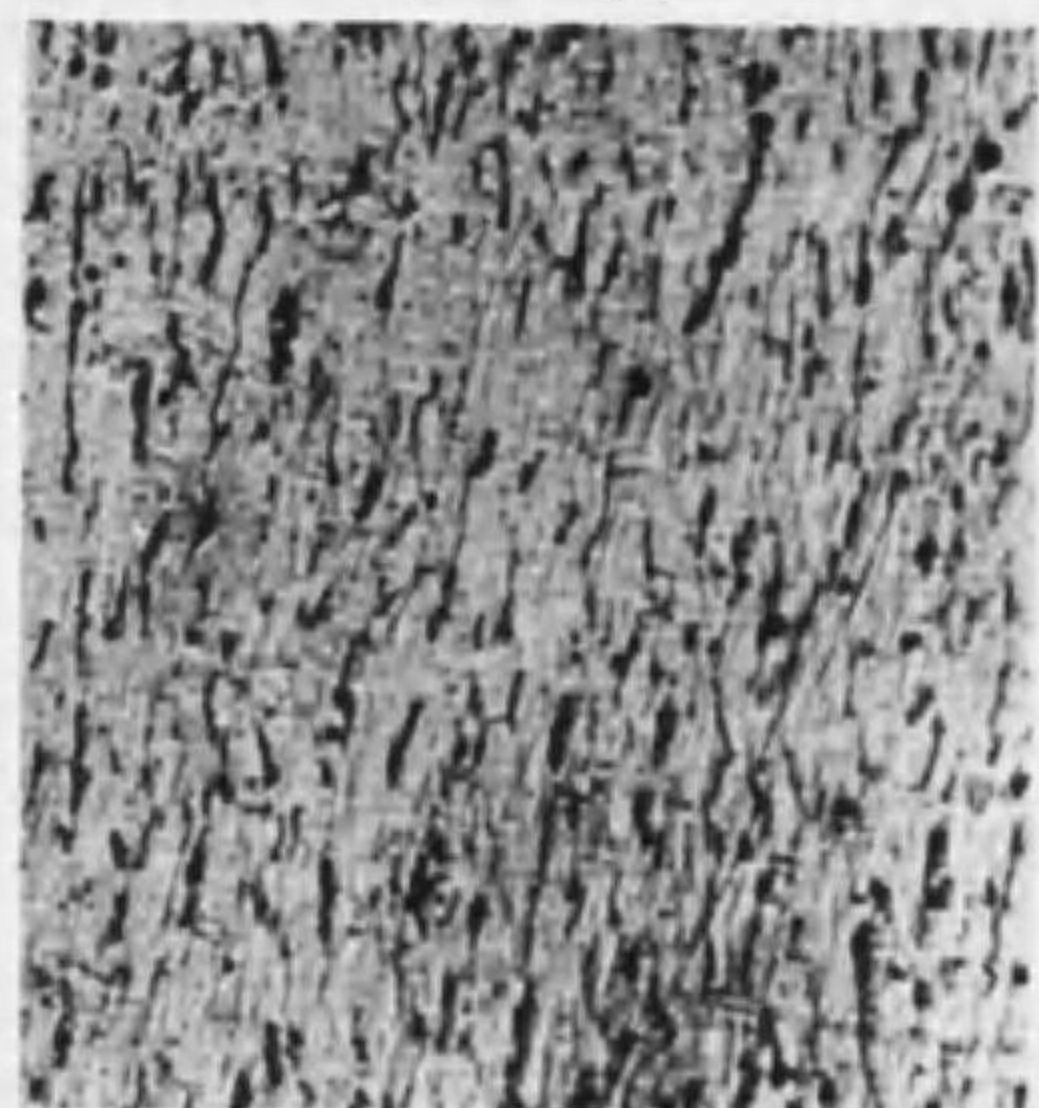
珪素鋼塊 ×100

第7圖



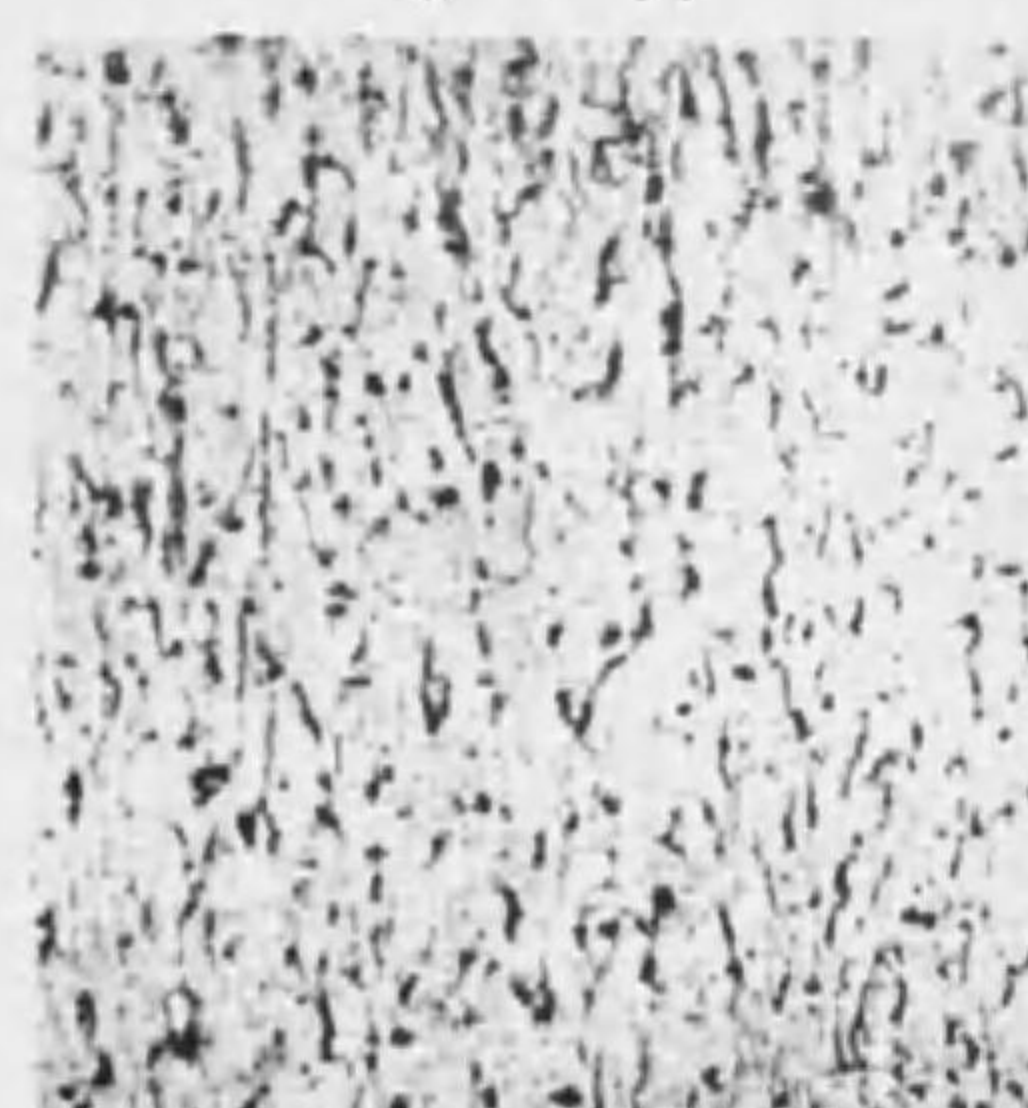
珪素鋼板用ノートバー ×150

第8圖



荒ローラ機にて延びたるもの(二枚重) ×300

第9圖



4枚重ねを延びたるもの ×300

第10圖



8枚重ねを仕上げたるもの ×150

第11圖



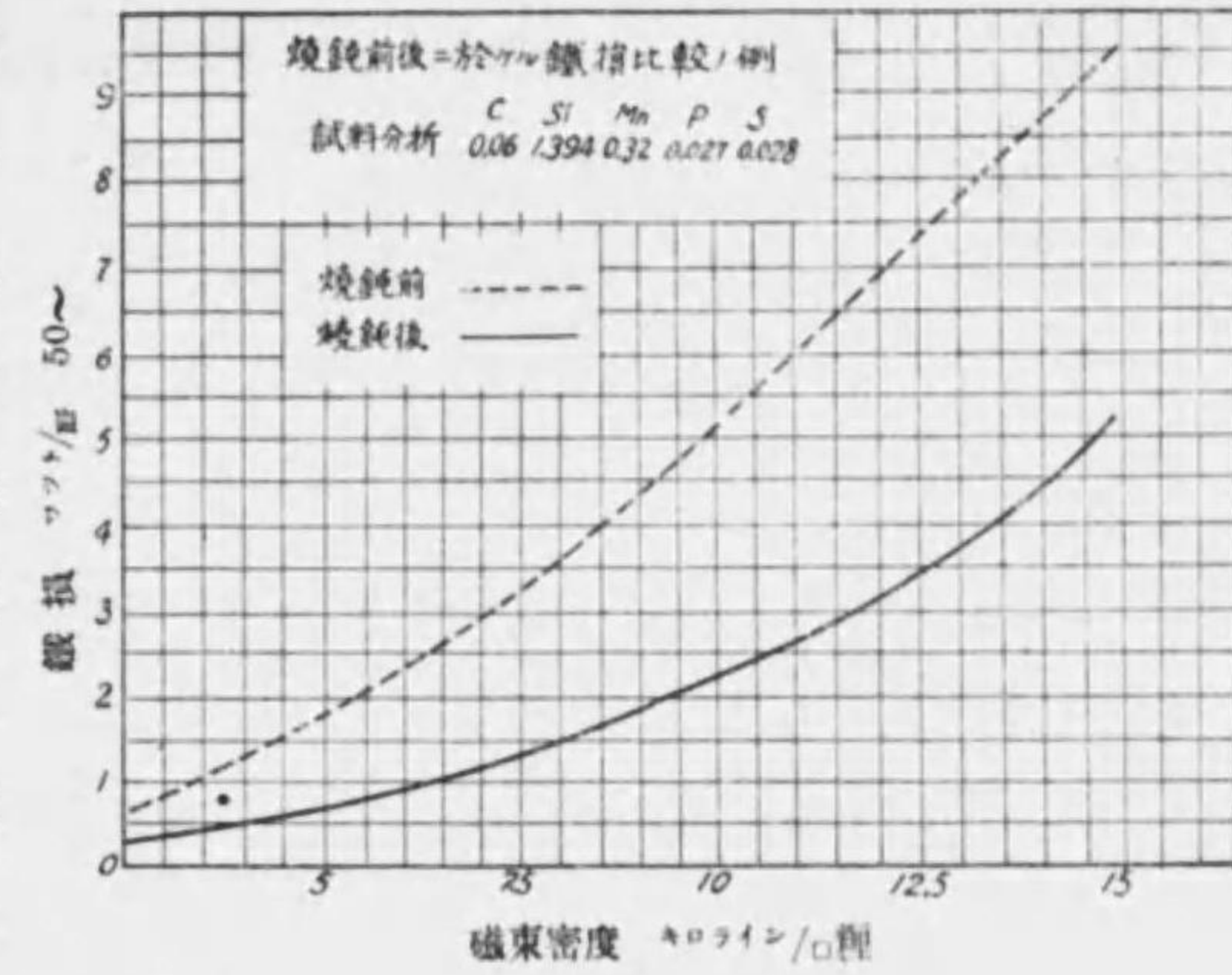
仕上げたるものを焼鈍せる時の組織 ×150

初のものにして、全長30米突に及び、10臺焼鈍臺車及其の上に乗つて10臺の焼鈍臺及び函が入る。一方より1臺装入すれば他方より1臺挿し出さるゝ如くなり、燃料は發生爐瓦斯にして、瓦斯は第6臺目の所に噴出燃焼し、押入口の方より煙突に導かる。臺車上の焼鈍臺函は装入せらるゝ

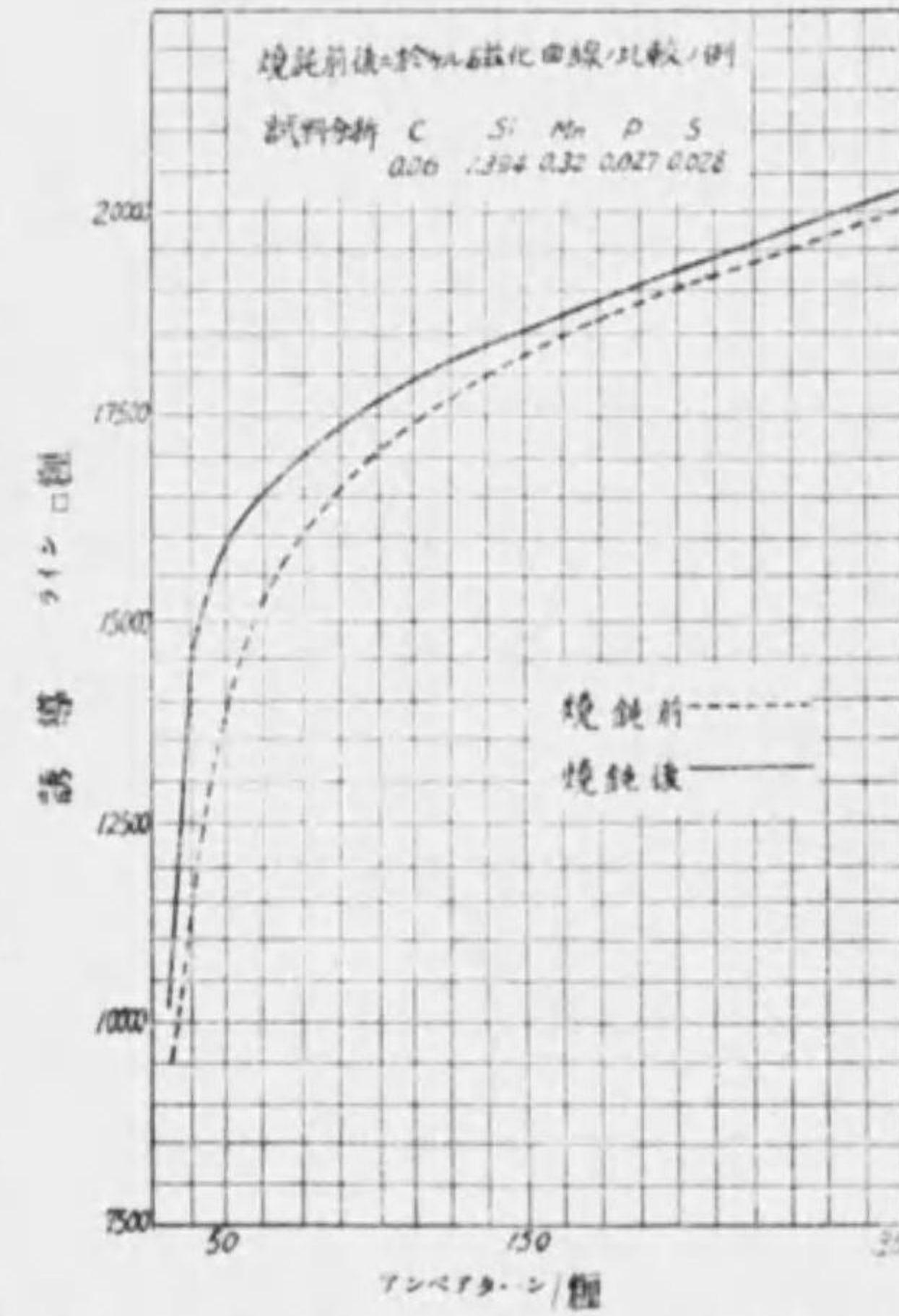
や、燃焼瓦斯によりて豫熱せられ、順次進みて6臺目となりて噴出口前に達し、其の後は漸次爐内を通りて自然に冷却して爐外に出るのである。焼鈍温度は750°C乃至900°Cを選び950°Cを超過すれば却て悪結果を表はす。變壓器用硅素鋼板にありては750°C乃至850°Cとなし、大体の原則としては硅素含有量少なきものは高く、多きものは低く、且つ冷却速度の遅き方ヒステリシス・ロスを減じ、導磁率を増加する様であり又炭素の量比較的多き時は一層此の影響が大なる様に思はれる。焼鈍時間は製品種別又は量により異なるが、現在は3~4時間に一臺づゝ

装入して進み爐外にも同時間に一臺づゝ出て居るが餘り長時間焼鈍するのも結果が思はしくない。焼鈍に於て焼き過ぎたる製品は磁化力の増加に比較してワット・ロスの増加率が非常に増大する様である。又種々の方法により其磁氣性質を改善せんと試み

第12圖



第13圖



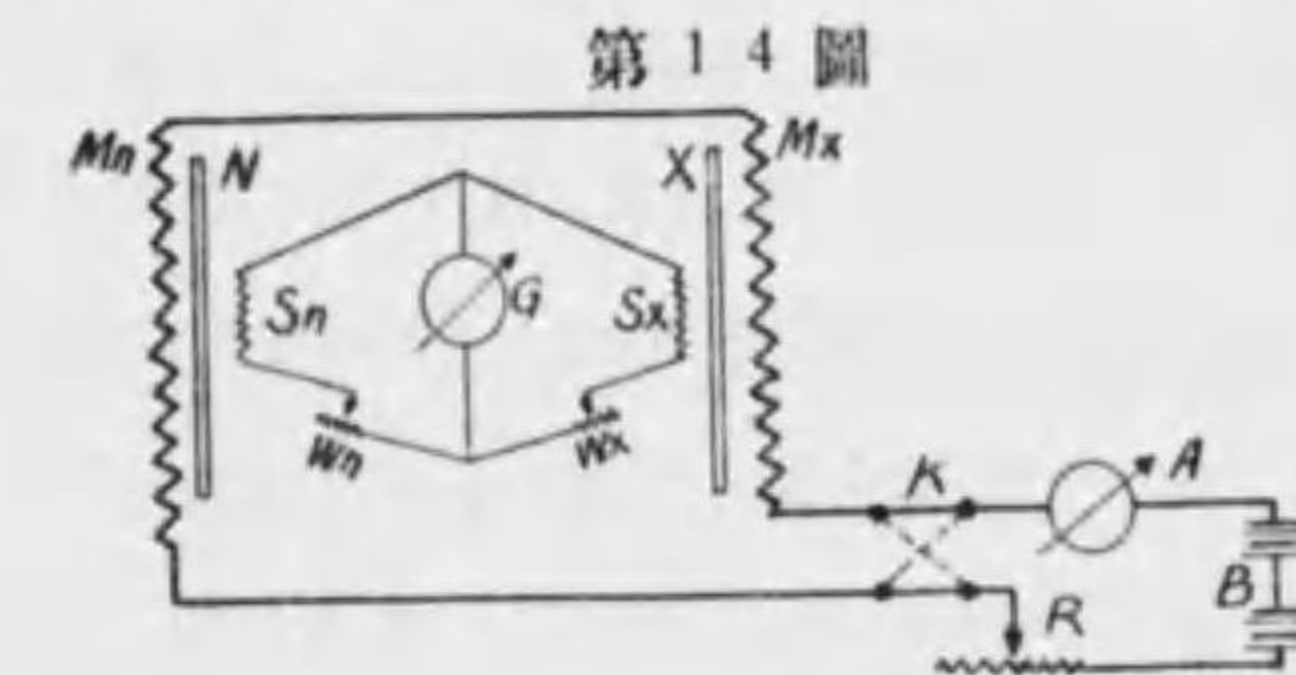
ては居るが、一度焼過ぎたるものは回復が困難である。

珪素鋼板は非常にスケールを生じ易く寧ろ避け難く、其の厚みも頗る不均等にして大体鐵板の厚さの7~20%に及ぶ事あり。而も珪素含有量多き程スケールも厚く生じ易し、スケールの磁氣的性質は著しく鐵に劣りスケールある鐵板は導磁率を低下せしむ、尤も比抵抗は約 130 Micro-ohm Per Cm 程度にして鐵に數倍するを以て薄鐵板間の絶縁に必要なりとの説ありて、昔は或程度の厚きスケールを付けてゐたのであるが、最近極力スケールは薄く、一樣になす傾向となり種々の方法で施されて居る。此の方が電氣試験の結果導磁率を高め、飽和點も高める如き甚だ優秀な成績を表はすのである。要するに、空氣は珪素鋼板の焼鈍には最大禁物である。依て現在の作業にては鑄鋼製の焼鈍臺上に約り越の製品を規則正しく積み、鑄鋼製の焼鈍函を以て蓋ひ、臺及函の空隙には砂を充填して、空氣及び火焰の流入を妨げ酸化を防ぐのである。且臺上に積める製品の上部及下部にて加熱溫度及速度の差大なる時は、上部及下部に於て磁氣性質を異にする爲、焼鈍臺及び函は低きものを用ふる事として居る。現在は高さ約600耗であるが、その上中下三個所に於ても電氣試験を行へば同一材料にても相當の差異を示して居る。殊に連続式焼鈍爐にあつては、溫度計は爐壁の溫度を測定するのみで函内の製品溫度は豫想するのみで瓦斯の加減、空氣量、燃燒狀況、焼鈍臺及函の新舊、鐵板の厚薄及重量等種々の要素の爲、常に一定溫度を函中の製品に與ふるは一層困難なのである。殊に珪素含有量多き變壓器用珪素鋼板は、紙の如きスケールが起きるのである。依てかゝる高級品は上述の Box annealing にても尙不充分にして、空氣を完全に遮断するか又は除去して焼鈍せねばならぬ。斯く空氣は大禁物であるが、如何にして經濟的に空氣を遮断し焼鈍するかは緊要にして、而も頗る困難な問題である。上述の加熱溫度及此のスケールの問題並びに表面を平滑にして Space factor を良好ならしめ、磁性を益々改良せんが爲外國に於ては Gas pickling といつて特殊な Pickling を伴ふ焼鈍を行つて居る。又表面は白色を呈するを以て bright annealing の名稱も與へられてをる。依て本所に於ても bright annealing を行ふ計畫中である。此の珪素鋼板のスケール除去の爲に獨逸等に於ては酸洗して除去すれども、此のスケールは非常に酸洗し難く、酸の強度を増せば鐵の地肌を犯し材質を脆くする危険がある。

且つ又仕上り後鐵錆を生じ易く、結果も bright annealing には劣つて居る。依て當所では酸洗はせず bright annealing を採用する方針である。

6. 仕上矯正作業：—焼鈍を終つた製品は、仕上矯正機を通過して一層表面の平滑を期して居る。此作業はコールドロールの如く板を強壓せず、従て靱性強度にはさしたる變化を表はして居ない。

7. 電氣試験作業：—珪素鋼板にあつては電氣試験が核心をなすもので大体に於て American Society for Testing Materials specification "A 34-24" (A. S. T. M.) に準據して行つて居る。本所に於ては Siemens & Halske 社製のエツプスタイン装置に依て特に入念に試験して居る。此の装置は試験材の導磁率を測定し、並びに鐵損失をも測定せられ、從來の Ballistic Method に依る鐵板の磁氣性質の測定や、或は單なる電力計法に依る鐵損失の測定に比し測定は非常に簡單にして、且其測定結果は正確度が大きく實用上取扱が便利である。此の測定法はマックスウエル氏に依つて説かれた二つの相互誘導を比較する時の差働結線法に端を發して居る。第14圖は此の新試験装置



の結線圖を示し、N は標準材料で此の試料は他の法に依て其磁化曲線が前以て決定されて居るのである。X は試験せんとする試材である。此の二個の試材は互に相等しい寸法の磁化捲線の中

に挿入されるのであるが、かくて時々電流の強さと共に各々に相互に相等しい強さの磁界が発生する。二次捲線は第14圖の如く檢流計と調整抵抗とを以つて一つの回路を形成して居る。先づ第一に一次電流を種々に變更すると一般にそれに應じて檢流計の振れを伴ふけれども、次に抵抗 W_N と W_X との關係を適當に變更して、遂に磁化電流の變化が檢流計の振れを伴はないまでに到らしめる。今兩試材の磁束密度を夫々 B_N 及び B_X とし、兩試材斷面積を夫々 Q_N Q_X とせば、此の場合誘起せられた積算電壓は、誘起せられた磁束に比例し且つ試験捲線の捲数は相互に等しと考へらるゝより次の如き等式を得る。即ち、

$$B_N \cdot Q_N : B_X \cdot Q_X = W_N : W_X$$

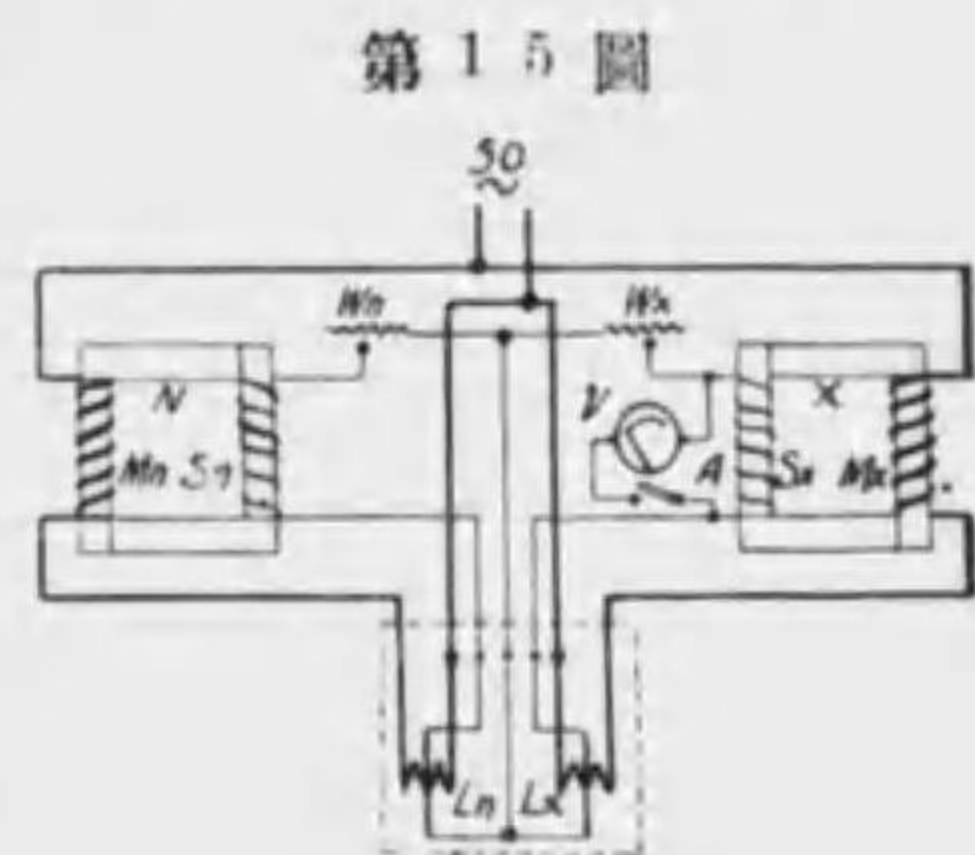
$$\therefore B_x = \frac{B_N \cdot W_x}{W_N} \cdot \frac{Q_N}{Q_x} \dots\dots\dots(1)$$

更に兩試材の断面積が相互に等しとせば

$$B_x = \frac{B_N \cdot W_x}{W_N} \dots\dots\dots(2)$$

兩試材及び兩捲線が相互に相等しい寸法になつて居ることから更に電流計Aの読みをして兩試材の磁界の強さをA.T./cm. で表はす様にする事が出来る。更に又調整抵抗は之の各値をして其読みを標準試材に就いて既知の適當な磁束密度 B_N の値に等しくさせる事が出来る。(即ち $W_N = B_N$) 斯くして第一次捲線の電流を變化しても、檢流計が振れを生じない迄に試験さるゝ試材の第二次回路の調整抵抗を調整すれば、その抵抗の値はその試材に誘起せられた未知の磁束密度に等しくなる。(即ち $W_x = B_x$) 尙第二次捲線の抵抗の影響は、抵抗 W_x 及び W_N に對して微かなものであつて、何等考に入れる必要のない程である。茲に於て該測定の場合に計算したり、或は測定の結果に矯正を施したりする事なく、簡單に直接読みを取る事が出来る様に作られて、此種測定技術をして容易に達成せしめて居る。

次に差働結線法に依つて鐵損失を測定する方法は、先づNは標準試材であつて、其の $B_{max} = 10,000$ 及び $15,000$ Gauss に對する鐵損失は既に知られて居るものとし、次にXは試験さるゝ試材であつて、其断面積及び重さは前者と等しい値を有するものとする。而して兩試材は相互に相等しく作られた第一次捲線 M_N 及び M_x 並びに第二次捲線 S_N 及び S_x を備へ各試材の第一次捲線は各々等しく作られた電力計 L_N 及び L_x に依て第15圖の如く直列に結線されて主電流に直結せられ、又第二次捲線は二つの調整抵抗(インダクション及びカパシチーを有せざるもの) W_N 及び W_x を以て電力計の電壓回路により相互に結線せられたならば、此の結線に依つて兩電力計に與へられた電力の値は、其の損失 V_N 及び V_x の値に比例し抵抗 W_N 及び W_x の値に逆比例する。更に電力計の二次回路に於ける電力の消費に至つては、全く微かなものである。斯



第 15 圖

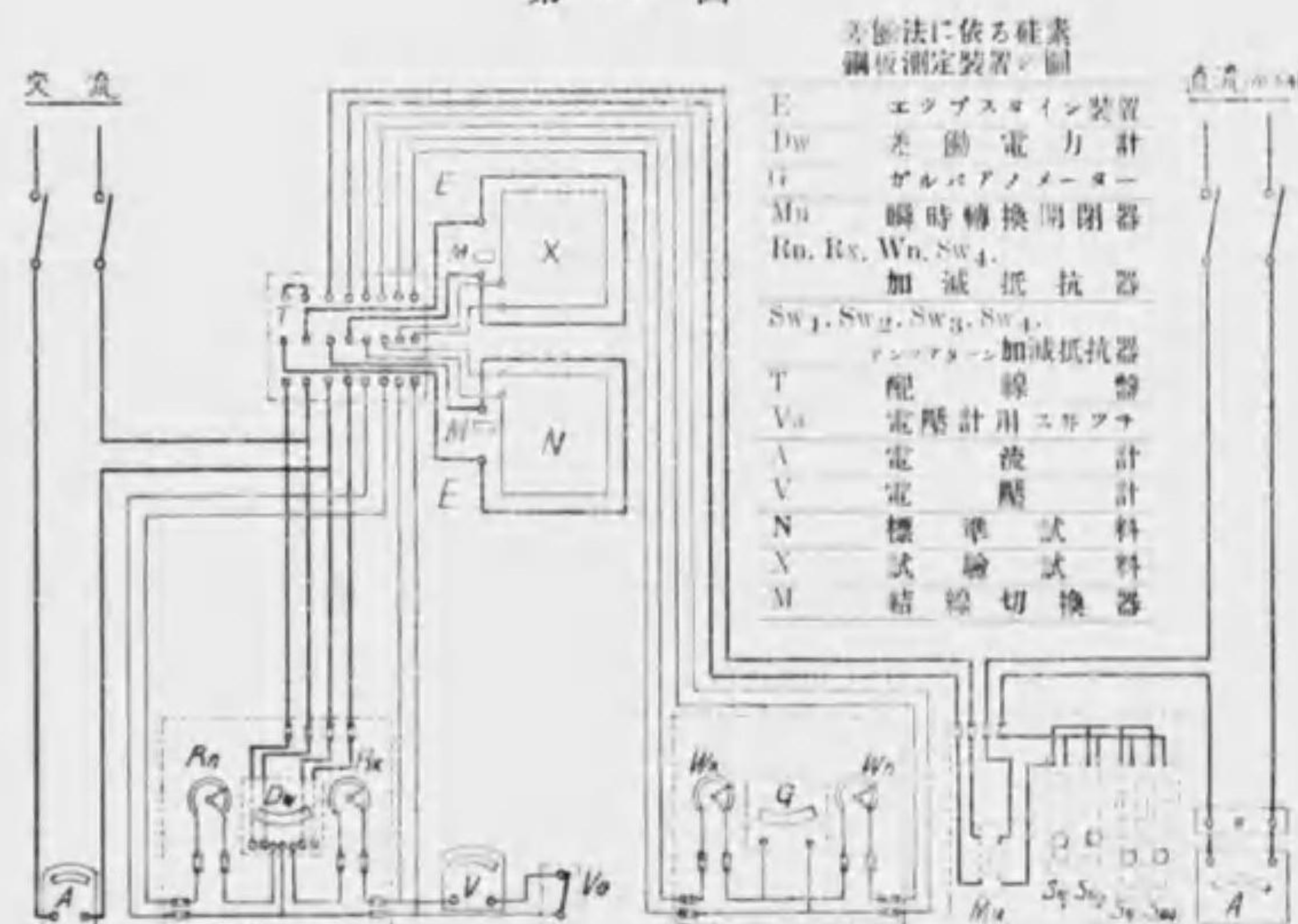
くて今先づ兩試材に於ける電力損失が互に相等とせば抵抗 W_x 及び W_N が相等しい時には兩電力計に起つた指針の振れは互に相等しいのである。此の二つの電力計を組合せて差働結線式の電力計を作り、乃ち一本の軸に此の二つの電力計を結びつけて、其の目盛は兩電力計の各振れが相等しかつた時に零點を指示する様に致すのである。それで兩試材の損失が互に相等しからずして、圖に於て右の方の試材の其の値が他のもの二倍も大きいものであれば、右方の電力計は他の二倍の振れを生ずる。此の振れは抵抗 W_x の値を他の二倍の大きさに調整した時に於て以前の半分に返る。同様に損失が三倍も大きいものであれば其の調整抵抗も亦三倍の大きさに至らしめねばならぬ。即ち、

$$V_N : V_x = W_N : W_x$$

$$\therefore V_x = \frac{V_N \cdot W_x}{W_N} \quad V_x = W_x$$

上式より見れば差働結線式電力計が零點を指示した時には、兩試材に於ける損失は各々其の時の抵抗の讀みに等しいと云ふ事が解る。即ち、此の測定法は前述の磁化曲線測定の場合と全く同様に、標準試材の既知の V_N に等しく抵抗を計算してをく事に

第 16 圖



依つて簡単に完成せらるゝのであつて、抵抗 W_x の読みは即ち試材の未知の損失 V_x に等しいのであるが、之は上式に依つて明瞭である。斯くて未知の損失は、一寸抵抗を調整するだけで何等計算の煩もなく、簡単に直接其の値を得る事が出来るのである。此の測定法は上述の如く殆んど機械的であつて、且つ如何なる場合にも計算の手数なく、何等経験なき素人にて簡単に成就せらるゝのである。周波数や波形率の影響も比較的少なく測定結果の正確度もよい。目下使用中の装置全般の結線圖は第16圖の如きものである。

次に時効の試験をするには、鐵板の酸化を防ぎて 100°C にて 600 時間保熱し、その前後の鐵損失を測定して鐵損失の増加を百分比で表はすのである。此の時効の問題は現今の珪素鋼板にては實用上問題を來す程鐵損失の増加はなく、珪素含有量増加すれば殆んど現はれない、依つて時効の測定は各試料に就きてはなさず、唯隨時に行ひ何等時効の記載なきものは實用上無時効と見做して好いのである。珪素量少なき品にても時効は 2~3% に止まつて居る。

斯嚴密なる試験を行ふ爲、珪素鋼板は燒鈍臺上に積む際に上下には黒鋼板を積み、其の間に挿みて燒鈍し自然冷却の後、最上部より 4 枚、中央部より 4 枚、最下部より 4 枚と都合 12 枚の製品を採りて、各部分別々に鐵損失及び誘導を測定して居る。試材は $50 \times 3 \text{ c.m.}$ のものを壓延の方向及横の方向に同一の鐵板より半々に切り採り、一束 2.5 疋のもの 4 束、合計 10 疋の試材に依つて試験する。珪素含有量多 (4% 前後) く抵抗が 2.6 Ohms per meter gram 以上の品は比重を 7.5 と假定し、珪素量少なく (電機用) 2.6 Ohms per meter gram 以下の品は比重を 7.7 と假定し、其の重量よりして斷面積を出すのである。故に測定用試材は剪斷に當りても、銳角の刃先を用ひ、マクレの出來ざる様になし space factor の影響を出來得るだけ減少し、前述のエツプスタイン装置にて試験せる結果が上中下各部の試料共、同一の規格に合格する時は此の燒鈍臺全部は其の測定結果の規格品として發賣するのである。例へば今中部、下部兩試材の結果は「C」規格にして、上部は「B」規格なりとすれば、更に試材を上部と中部との中間より採りて測定したる結果が「C」規格とすれば、此の後に採りし試材以下は「C」規格とし、其以上は「B」規格なりとして發賣するのである。試験結果に差異あれば漸

次小區劃に分けて何れの規格に適合するやを選別し、其の區間は其の測定せる規格にて代表するのである。それ故に發賣せる製品に附せる試験成績書は其の最大ワット・ロスと、最小誘導とを代表するものであつて、板が成績書の結果と全然同一である事は望み難く、唯其の保證せる規格の範圍は超過しないものなのである。例へば $W_{10/50}$ が 2.27~2.46 Watt per KG. の間は「B」規格を以て表はし $W_{10/50}$ が 2.26 より 1.96 迄は「C」規格として發賣して居るのであつて、此の範圍は超過しない事を保證するものにして、鐵板が變れば例へ同材質同時に燒鈍せるものにて、測定せる結果は幾分の差異は免かれぬのである。外國に於ても全然同一の方法に依つて居るのであつて。U.S. 等は 10,000 LBS. に就き一試験を行ふのであるが、本所は 500 Kg. に一試験を行ふ位になつて居る。

8. 檢定作業:—以上の工程を経たる製品は、電氣試験結果に従つて各規格別、銅番及び厚さ別に分けて、各板を一枚一枚に付き檢定が行はれる。檢定は厚さを一枚毎に六個所をマイクロメーターにて測定し、且つ表面疵の有無、寸法等をも檢定して居る。製鐵所に於ては製品検査をなす爲に獨立する監理部檢定課と云ふ課がある。此の形狀検査及び電氣試験は工場にて行はずして、嚴正を保持する爲に此の檢定課にて行ふのである。厚さの公差は一枚の板に付 $\pm 10\%$ 以下巾及び長さの公差 $-0+6 \text{ m.m.}$ とし荷造り一函分の重量 (250 Kg.) はその鐵板の廣さ及び厚さに對する公稱重量に比し $\pm 2.5\%$ 以上の公差は許されぬ。斯の如く嚴重なる検査を受くる爲、級別も三種出来る。

此を表示せば次の如くなる。

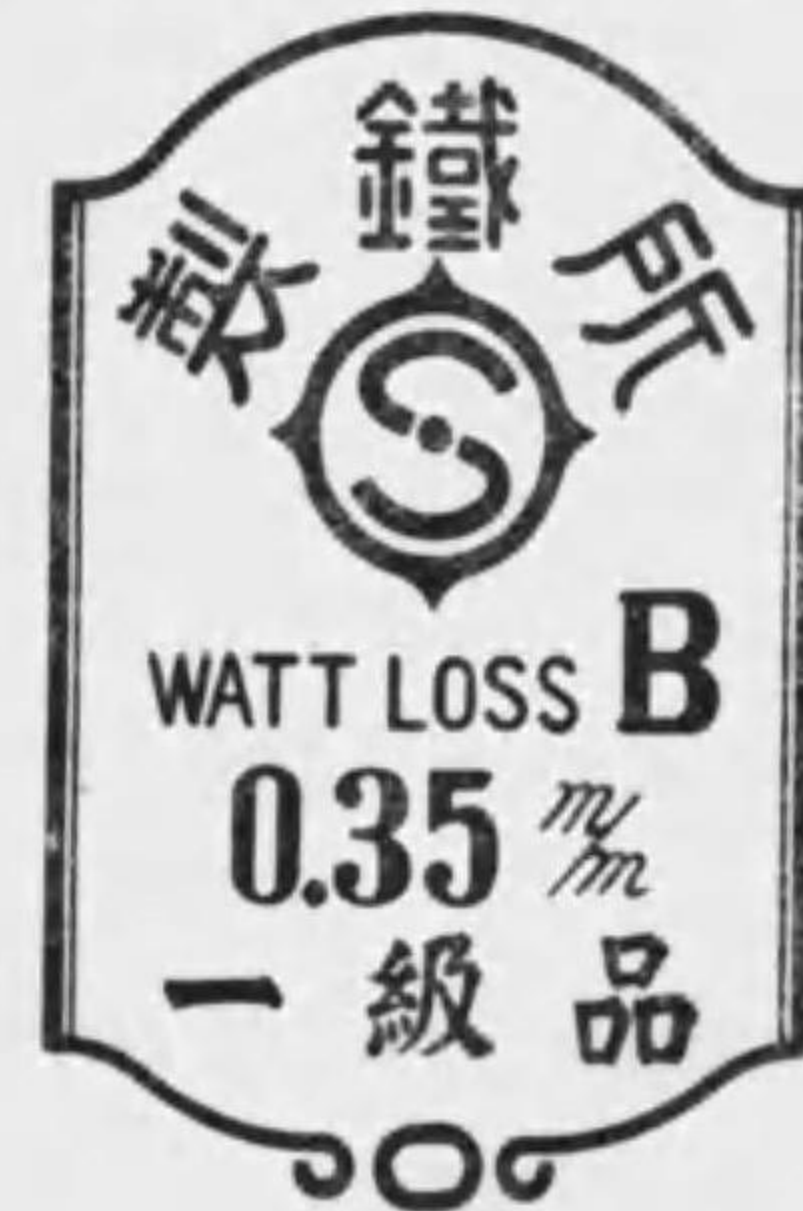
級 別	電氣試験	寸法 (長さ及巾)	厚み検査	表面検査
一級品	合格	合格	合格	合格
二級品	合格	合格	合格	長さ五寸以下の疵少しく浮鼠味スケールあり
級外品	合格	合格	{合格 {不合格混合}	疵及び浮スケール

二級品は小型物に打抜けば充分使用出来るものである。

級外品は打抜後選別の勞を採れば、充分使用可能のものにして、安價なる爲選別の手数は償つて餘りあるものである。

9. 證明書及び檢印:—總ての製品は檢定後、各規格別、厚さ別、級別の檢印が檢定

課により一枚毎に製品上に捺印されるものである。その物の型は下圖の如きものである。且又總ての製品には電氣試験證明書が附隨して居る。此も亦監理部檢定課に發行するものにして、次の如き形式を備へて居る。



製鐵所電氣鐵板檢印の圖
(實物の $\frac{1}{3.5}$)

電機用硅素鋼板檢定證明書

式片 番號	製調 番號	厚 (mm)	リットロス (50サイクル)		インダクション				軋 性	分析成績						備 考		
			V15	V15	25 A.T.	50 A.T.	100 A.T.	300 A.T.		C	Mn	P	S	Si	Cu			

上記ノ材料ハ本所ノ検査ヲ經テ結果外形材質共
指定ノ規格ニ合格ノ材料ナルコトヲ證明ス
昭和 年 月 日

製鐵所監理部

10. 荷造包装作業： 上述の検査に合格せる製品は、三様の荷造をなしてをる。

1. 裸積：-製品を實秤して裸の儘、有蓋貨車積として發送するもの。
2. バンド掛：-25乃至20枚を一束として實秤し、バンド2本を掛け渡すもの。
3. 函詰：-250 疋づゝ秤量してターペーパーにて包み、木函に詰めて函の外側は帶鐵を以て結束し、同時に送附書に必要な函番號、記號等を記入して居る。
變壓器用珪素鋼板は全部此の包装を行ふものとする。

VIII. 販賣方法

創業當時は生産額僅少なりし爲め、一部小口需要家の註文に應ずるに過ぎざりしが産額の漸増に伴ひ、昭和二年二月より製造能力の大半を定期契約に充當し、其殘額を以て一般需要家の註文に應ずることとした。

一般註文は本所々定標準規格内のものなれば隨意引合に應ずる。

現在の定期契約先は三井物産、三菱電機、日立製作所等へ合計約壹百七拾五廳を供給し、尙是れ以外に二級品及級外品等の發生品を高島屋飯田株式會社へ長期契約にて同様供給して居る。

1. 販 路：-現在の實需先の主なるものは日立製作所、芝浦製作所、三菱電機各製作所等本邦一流電機製造業者にして、其種類は殆んど本所標準 14 ミル B 規格品である、尙是れ等の製造業者により製出せられたるモーターは、鐵道省其他の主要官公署並に全國電氣企業者へ續々分布せられ、何れも好評を博して居る。本所製品も研究進歩と共に品質は益々向上し、現在では歐米品と比較し何等遜色を認めぬ程度に達したるを以て、自然本邦電機製造界の注目せらるる處となり、一般電機製造業者の註文申込は日を追ふて激増しつつある状態である。

2. 賣 價：-現在一般向賣價は本所標準品である、厚さ 14" × 3' ~ 0" × 6' ~ 0" B クラス一級品をベース値段とし、函入荷造りにて本所指定河岸渡壹廳金貳百六拾圓替にて販賣し、他の級品は下記の如く増値及値引を爲して居る。

C クラス貳拾圓増 A クラス貳拾圓引

上記以外の級品並に厚さの註文品に付ては、其の都度賣價を取定めする。

3. 本所電氣鐵板販賣高調

年度別	販賣艘數(艘)	代金(圓)
大正十四年度	25	7,594
昭和元年度	597	159,363
昭和二年度	1,523	360,981
昭和三年度	1,157	226,260

備考 昭和三年度分は昭和三年四月より八月迄五箇月間の契約高を示す。

4. 電氣鐵板輸入高調 (變壓器用珪素鋼板を含む)

大正十四年度	不明
昭和元年度	10,727 噸
昭和二年度	10,210 噸
昭和三年度	5,118 噸

備考 昭和三年度分は昭和三年一月より七月迄七箇月間の輸入高を示す。

Magnetic Units

Symbol	Quantity	Equation	Practical Unit
F	Magnetomotive Force	$F = \frac{4\pi NI}{10}$	Gilbert
H	Magnetizing Force	$H = \frac{4\pi NI}{10L}$	Gilbert per CM.
ϕ	Flux	$\phi = \mu H A$	Maxwell
B	Flux Density	$B = \frac{\phi}{A}$	Gauss
R	Reluctance	$R = \frac{F}{\phi}$	Oersted
μ	Permeability	$\mu = \frac{B}{H}$	(Numeric)
V	Reluctivity	$V = \frac{1}{\mu}$	(Numeric)

N=Number of Turns
I=Current in Amperes

L=Length of Path in CMS.
A=Sectional Area in SQ. CM.

Conversion Table

1 Pound = 453.59 Grams
1 Kilogram = 2.205 Pounds
1 Inch = 2.54 Centimeters
1 Sq. Inch = 6.45 Sq. Centimeters

1 Long Ton = 2,240 Pounds
1 Metric Ton = 2,205 Pounds
1 Short Ton = 2,000 Pounds

Watts per Kilogram divided by 2.2 = Watts per Pound
Watts per Pound \times 2.2 = Watts per Kilogram
Lines per Sq. Inch divided by 6.45 = Gauss
Gauss \times 6.45 = Lines per Sq. Inch
Ampere Turns per Inch divided by 2.02 = Gilberts per Centimeter
Gilberts per Centimeter \times 2.02 = Ampere Turns per Inch
Ampere Turns per Centimeter divided by .796 = Gilberts per Centimeter
Gilberts per Centimeter \times .796 = Ampere Turns per Centimeter

Watts per Kilogram to Watts per Pound

Watts per Pound

Watts per Kilogram	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.1	0.000	0.005	0.009	0.014	0.018	0.023	0.027	0.032	0.036	0.041
.1	.045	.050	.054	.059	.064	.068	.073	.077	.082	.086
.2	.091	.095	.100	.104	.109	.113	.118	.122	.127	.132
.3	.136	.141	.145	.150	.154	.159	.163	.168	.172	.177
.4	.181	.186	.191	.195	.200	.204	.209	.213	.218	.222
.5	.227	.231	.236	.240	.245	.249	.254	.259	.263	.268
.6	.272	.277	.281	.286	.290	.295	.299	.304	.308	.313
.7	.318	.322	.327	.331	.336	.340	.345	.349	.354	.358
.8	.363	.367	.372	.376	.381	.386	.390	.395	.399	.404
.9	.408	.413	.417	.422	.426	.431	.435	.440	.445	.449
1.0	.454	.458	.463	.467	.472	.476	.481	.485	.490	.494
1.1	.499	.503	.508	.513	.517	.522	.526	.531	.535	.540
1.2	.544	.549	.553	.558	.562	.567	.572	.576	.581	.585
1.3	.590	.594	.599	.603	.608	.612	.617	.621	.626	.630
1.4	.635	.640	.644	.649	.653	.658	.662	.667	.671	.676
1.5	.680	.685	.689	.694	.699	.703	.708	.712	.717	.721
1.6	.726	.730	.735	.739	.744	.748	.753	.757	.762	.767
1.7	.771	.776	.780	.785	.789	.794	.798	.803	.807	.812
1.8	.816	.821	.826	.830	.835	.839	.844	.848	.853	.857
1.9	.862	.866	.871	.875	.880	.885	.889	.894	.898	.903
2.0	.907	.912	.916	.921	.925	.930	.934	.939	.943	.948
2.1	.953	.957	.962	.966	.971	.975	.980	.984	.989	.993
2.2	.998	1.002	1.007	1.012	1.016	1.021	1.025	1.030	1.034	1.039
2.3	1.043	1.048	1.052	1.057	1.061	1.066	1.070	1.075	1.080	1.084
2.4	1.089	1.093	1.098	1.102	1.107	1.111	1.116	1.120	1.125	1.129
2.5	1.134	1.139	1.143	1.148	1.152	1.157	1.161	1.166	1.170	1.175
2.6	1.179	1.184	1.188	1.193	1.197	1.202	1.207	1.211	1.216	1.220
2.7	1.225	1.229	1.234	1.238	1.243	1.247	1.252	1.256	1.261	1.266
2.8	1.270	1.275	1.279	1.284	1.288	1.293	1.297	1.302	1.306	1.311
2.9	1.315	1.320	1.324	1.329	1.334	1.338	1.343	1.347	1.352	1.356
3.0	1.361	1.365	1.370	1.374	1.379	1.383	1.388	1.393	1.397	1.402
3.1	1.406	1.411	1.415	1.420	1.424	1.429	1.433	1.438	1.442	1.447
3.2	1.451	1.456	1.461	1.465	1.470	1.474	1.479	1.483	1.488	1.492
3.3	1.497	1.501	1.506	1.510	1.515	1.520	1.524	1.529	1.533	1.538
3.4	1.542	1.547	1.551	1.556	1.560	1.565	1.569	1.574	1.579	1.583
3.5	1.588	1.592	1.597	1.601	1.606	1.610	1.616	1.619	1.624	1.628
3.6	1.633	1.637	1.642	1.647	1.651	1.656	1.660	1.665	1.669	1.674
3.7	1.678	1.683	1.687	1.692	1.696	1.701	1.706	1.710	1.715	1.719
3.8	1.724	1.728	1.733	1.737	1.742	1.746	1.751	1.755	1.760	1.764
3.9	1.769	1.774	1.778	1.783	1.787	1.792	1.796	1.801	1.805	1.810
4.0	1.814	1.819	1.823	1.828	1.833	1.837	1.842	1.846	1.851	1.855
4.1	1.860	1.864	1.869	1.873	1.878	1.882	1.887	1.891	1.896	1.901
4.2	1.905	1.910	1.914	1.919	1.923	1.928	1.932	1.937	1.941	1.946
4.3	1.950	1.955	1.960	1.964	1.969	1.973	1.978	1.982	1.987	1.991
4.4	1.996	2.000	2.005	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037
4.5	2.041	2.046	2.050	2.055	2.059	2.064	2.068	2.073	2.077	2.082
4.6	2.087	2.091	2.096	2.100	2.105	2.109	2.114	2.118	2.123	2.127
4.7	2.132	2.136	2.141	2.145	2.150	2.155	2.159	2.164	2.168	2.173
4.8	2.177	2.182	2.186	2.191	2.195	2.200	2.204	2.209	2.214	2.218
4.9	2.223	2.227	2.232	2.236	2.241	2.245	2.250	2.254	2.259	2.263
5.0	2.268	2.272	2.277	2.282	2.286	2.291	2.295	2.300	2.304	2.309

Gilberts per Centimeter to Ampere-Turns per Centimeter

Ampere Turns per Centimeter

Gilberts per Centimeter	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.71
1	0.79	0.87	0.95	1.04	1.11	1.19	1.27	1.35	1.43	1.51
2	1.59	1.67	1.75	1.83	1.91	1.99	2.07	2.15	2.23	2.31
3	2.39	2.47	2.55	2.62	2.70	2.78	2.86	2.94	3.02	3.10
4	3.18	3.26	3.34	3.42	3.50	3.58	3.66	3.74	3.82	3.90
5	3.98	4.06	4.14	4.22	4.30	4.38	4.46	4.54	4.62	4.70
6	4.78	4.85	4.93	5.01	5.09	5.17	5.25	5.33	5.41	5.49
7	5.57	5.65	5.73	5.81	5.89	5.97	6.05	6.13	6.21	6.29
8	6.37	6.45	6.53	6.61	6.68	6.76	6.84	6.92	7.00	7.08
9	7.16	7.24	7.32	7.40	7.48	7.56	7.64	7.72	7.80	7.88
10	7.95	8.05	8.13	8.21	8.28	8.36	8.44	8.52	8.60	8.68
11	8.75	8.84	8.92	9.00	9.08	9.16	9.24	9.32	9.39	9.47
12	9.55	9.63	9.71	9.79	9.87	9.95	10.03	10.11	10.19	10.27
13	10.35	10.43	10.51	10.59	10.67	10.75	10.83	10.90	10.98	11.06
14	11.14	11.22	11.31	11.38	11.46	11.54	11.62	11.70	11.78	11.86
15	11.94	12.02	12.10	12.18	12.26	12.34	12.42	12.50	12.58	12.66
16	12.74	12.82	12.90	12.98	13.06	13.14	13.22	13.30	13.37	13.45
17	13.53	13.61	13.69	13.77	13.85	13.93	14.01	14.09	14.17	14.25
18	14.33	14.41	14.49	14.57	14.65	14.73	14.81	14.89	14.97	15.05
19	15.12	15.21	15.29	15.37	15.45	15.53	15.60	15.68	15.76	15.84
20	15.92	16.00	16.08	16.16	16.24	16.32	16.40	16.48	16.56	16.64
21	16.72	16.80	16.88	16.95	17.03	17.11	17.19	17.27	17.35	17.43
22	17.51	17.59	17.67	17.75	17.83	17.91	17.99	18.07	18.15	18.23
23	18.31	18.39	18.46	18.54	18.62	18.71	18.79	18.87	18.94	19.02
24	19.10	19.18	19.26	19.34	19.42	19.50	19.58	19.66	19.74	19.82
25	19.90	19.98	20.06	20.14	20.22	20.30	20.38	20.46	20.54	20.62
26	20.70	20.78	20.86	20.93	21.01	21.09	21.17	21.25	21.33	21.41
27	21.49	21.57	21.65	21.73	21.81	21.89	21.97	22.05	22.13	22.21
28	22.29	22.37	22.45	22.53	22.61	22.69	22.77	22.84	22.92	23.00
29	23.09	23.17	23.24	23.32	23.40	23.48	23.57	23.65	23.73	23.80
30	23.88	23.96	24.04	24.12	24.20	24.28	24.37	24.45	24.52	24.60
31	24.68	24.75	24.83	24.91	24.99	25.07	25.15	25.23	25.31	25.39
32	25.47	25.55	25.63	25.71	25.79	25.87	25.95	26.03	26.11	26.19
33	26.27	26.34	26.42	26.50	26.58	26.66	26.74	26.82	26.90	26.98
34	27.06	27.14	27.22	27.30	27.38	27.46	27.54	27.62	27.70	27.78
35	27.86	27.94	28.02	28.10	28.18	28.26	28.34	28.42	28.49	28.57
36	28.65	28.73	28.81	28.89	28.97	29.05	29.13	29.21	29.29	29.37
37	29.45	29.53	29.61	29.69	29.77	29.85	29.93	30.01	30.09	30.17
38	30.25	30.33	30.41	30.49	30.57	30.65	30.73	30.81	30.89	30.97
39	31.04	31.12	31.20	31.28	31.36	31.44	31.52	31.60	31.68	31.76
40	31.84	31.92	32.00	32.08	32.16	32.24	32.32	32.40	32.48	32.55
41	32.63	32.71	32.79	32.87	32.95	33.03	33.11	33.19	33.27	33.35
42	33.43	33.51	33.59	33.67	33.75	33.83	33.91	33.99	34.07	34.15
43	34.23	34.31	34.39	34.47	34.55	34.63	34.70	34.78	34.86	34.94
44	35.02	35.10	35.18	35.26	35.34	35.42	35.50	35.58	35.66	35.74
45	35.81	35.89	35.97	36.05	36.13	36.21	36.29	36.37	36.45	36.53
46	36.61	36.69	36.77	36.85	36.93	37.01	37.09	37.17	37.25	37.33
47	37.41	37.49	37.57	37.65	37.73	37.80	37.88	37.96	38.04	38.12
48	38.29	38.28	38.36	38.44	38.52	38.60	38.68	38.76	38.84	38.92
49	39.00	39.08	39.16	39.24	39.32	39.40	39.48	39.56	39.64	39.72
50	39.80	39.88	39.96	40.04	40.12	40.20	40.28	40.36	40.44	40.50

Gilberts per Centimeter to Ampere-Turns per Inch

Gilberts per Centimeter	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.20	0.40	0.61	0.81	1.01	1.21	1.41	1.62	1.82
1	2.02	2.22	2.43	2.63	2.83	3.03	3.23	3.44	3.64	3.84
2	4.04	4.24	4.45	4.65	4.85	5.05	5.26	5.46	5.66	5.86
3	6.06	6.27	6.47	6.67	6.87	7.07	7.28	7.48	7.68	7.88
4	8.09	8.29	8.49	8.69	8.89	9.10	9.30	9.50	9.70	9.90
5	10.11	10.31	10.51	10.71	10.91	11.12	11.32	11.52	11.72	11.93
6	12.13	12.33	12.53	12.73	12.94	13.14	13.34	13.54	13.74	13.95
7	14.15	14.35	14.55	14.76	14.96	15.16	15.36	15.56	15.77	15.97
8	16.17	16.37	16.57	16.78	16.98	17.18	17.38	17.59	17.79	17.99
9	18.19	18.39	18.60	18.80	19.00	19.20	19.40	19.61	19.81	20.01
10	20.21	20.41	20.62	20.82	21.02	21.22	21.43	21.63	21.83	22.03
11	22.23	22.44	22.64	22.84	23.04	23.24	23.45	23.65	23.85	24.05
12	24.26	24.46	24.66	24.86	25.06	25.27	25.47	25.67	25.87	26.07
13	26.28	26.48	26.68	26.88	27.09	27.29	27.49	27.69	27.89	28.10
14	28.30	28.50	28.70	28.90	29.11	29.31	29.51	29.71	29.91	30.12
15	30.32	30.52	30.72	30.93	31.13	31.33	31.53	31.73	31.94	32.14
16	32.34	32.54	32.74	32.95	33.15	33.35	33.55	33.76	33.96	34.16
17	34.36	34.56	34.77	34.97	35.17	35.37	35.57	35.78	35.98	36.18
18	36.38	36.59	36.79	36.99	37.19	37.39	37.60	37.80	38.00	38.20
19	38.40	38.61	38.81	39.01	39.21	39.41	39.62	39.82	40.02	40.22
20	40.43	40.63	40.83	41.03	41.23	41.44	41.64	41.84	42.04	42.24
21	42.45	42.65	42.85	43.05	43.26	43.46	43.66	43.86	44.06	44.27
22	44.47	44.67	44.87	45.07	45.28	45.48	45.68	45.88	46.09	46.29
23	46.49	46.69	46.89	47.10	47.30	47.50	47.70	47.90	48.11	48.31
24	48.51	48.71	48.91	49.12	49.32	49.52	49.72	49.93	50.13	50.33
25	50.53	50.73	50.94	51.14	51.34	51.54	51.74	51.95	52.15	52.35
26	52.55	52.76	52.96	53.16	53.36	53.56	53.77	53.97	54.17	54.37
27	54.57	54.78	54.98	55.18	55.38	55.58	55.79	55.99	56.19	56.39
28	56.60	56.80	57.00	57.20	57.40	57.61	57.81	58.01	58.21	58.41
29	58.62	58.82	59.02	59.22	59.43	59.63	59.83	60.03	60.23	60.44
30	60.64	60.84	61.04	61.24	61.45	61.65	61.85	62.05	62.26	62.46

Gilberts per Centimeter to Ampere-Turns per Inch

Ampere-Turns per Inch

Gilberts per Centimeter	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.20	0.40	0.61	0.81	1.01	1.21	1.41	1.62	1.82
1	2.02	2.22	2.43	2.63	2.83	3.03	3.23	3.44	3.64	3.84
2	4.04	4.24	4.45	4.65	4.85	5.05	5.26	5.46	5.66	5.86
3	6.06	6.27	6.47	6.67	6.87	7.07	7.28	7.48	7.68	7.88
4	8.09	8.29	8.49	8.69	8.89	9.10	9.30	9.50	9.70	9.90
5	10.11	10.31	10.51	10.71	10.91	11.12	11.32	11.52	11.72	11.93
6	12.13	12.33	12.53	12.73	12.94	13.14	13.34	13.54	13.74	13.95
7	14.15	14.35	14.55	14.76	14.96	15.16	15.36	15.56	15.77	15.97
8	16.17	16.37	16.57	16.78	16.98	17.18	17.38	17.59	17.79	17.99
9	18.19	18.39	18.60	18.80	19.00	19.20	19.40	19.61	19.81	20.01
10	20.21	20.41	20.62	20.82	21.02	21.22	21.43	21.63	21.83	22.03
11	22.23	22.44	22.64	22.84	23.04	23.24	23.45	23.65	23.85	24.05
12	24.26	24.46	24.66	24.86	25.06	25.27	25.47	25.67	25.87	26.07
13	26.28	26.48	26.68	26.88	27.09	27.29	27.49	27.69	27.89	28.10
14	28.30	28.50	28.70	28.90	29.11	29.31	29.51	29.71	29.91	30.12
15	30.32	30.52	30.72	30.93	31.13	31.33	31.53	31.73	31.94	32.14
16	32.34	32.54	32.74	32.95	33.15	33.35	33.55	33.76	33.96	34.16
17	34.36	34.56	34.77	34.97	35.17	35.37	35.57	35.78	35.98	36.18
18	36.38	36.59	36.79	36.99	37.19	37.39	37.60	37.80	38.00	38.20
19	38.40	38.61	38.81	39.01	39.21	39.41	39.62	39.82	40.02	40.22
20	40.43	40.63	40.83	41.03	41.23	41.44	41.64	41.84	42.04	42.24
21	42.45	42.65	42.85	43.05	43.26	43.46	43.66	43.86	44.06	44.27
22	44.47	44.67	44.87	45.07	45.28	45.48	45.68	45.88	46.09	46.29
23	46.49	46.69	46.89	47.10	47.30	47.50	47.70	47.90	48.11	48.31
24	48.51	48.71	48.91	49.12	49.32	49.52	49.72	49.93	50.13	50.33
25	50.53	50.73	50.94	51.14	51.34	51.54	51.74	51.95	52.15	52.35
26	52.55	52.76	52.96	53.16	53.36	53.56	53.77	53.97	54.17	54.37
27	54.57	54.78	54.98	55.18	55.38	55.58	55.79	55.99	56.19	56.39
28	56.60	56.80	57.00	57.20	57.40	57.61	57.81	58.01	58.21	58.41
29	58.62	58.82	59.02	59.22	59.43	59.63	59.83	60.03	60.23	60.44
30	60.64	60.84	61.04	61.24	61.45	61.65	61.85	62.05	62.26	62.46

Kilogausses to Kilolines per Square Inch

Kilolines per Square Inch

Kilo-Gausses	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.0	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8
1	6.5	7.1	7.7	8.4	9.0	9.7	10.3	11.0	11.6	12.3
2	12.9	13.5	14.2	14.8	15.5	16.1	16.8	17.4	18.1	18.7
3	19.4	20.0	20.6	21.3	21.9	22.6	23.2	23.9	24.5	25.2
4	25.8	26.5	27.1	27.7	28.4	29.0	29.7	30.3	31.0	31.6
5	32.3	32.9	33.5	34.2	34.8	35.5	36.1	36.8	37.4	38.1
6	38.7	39.4	40.0	40.6	41.3	41.9	42.6	43.2	43.9	44.5
7	45.2	45.8	46.5	47.1	47.7	48.4	49.0	49.7	50.3	51.0
8	51.6	52.3	52.9	53.5	54.2	54.8	55.5	56.1	56.8	57.4
9	58.1	58.7	59.4	60.0	60.6	61.3	61.9	62.6	63.2	63.9
10	64.5	65.2	65.8	66.5	67.1	67.7	68.4	69.0	69.7	70.3
11	71.0	71.6	72.3	72.9	73.5	74.2	74.8	75.5	76.1	76.8
12	77.4	78.1	78.7	79.4	80.0	80.6	81.3	81.9	82.6	83.2
13	83.9	84.5	85.2	85.8	86.5	87.1	87.7	88.4	89.0	89.7
14	90.3	91.0	91.6	92.3	92.9	93.5	94.2	94.8	95.5	96.1
15	96.8	97.4	98.1	98.7	99.4	100.0	100.6	101.3	101.9	102.6
16	103.2	103.9	104.5	105.2	105.8	106.5	107.1	107.7	108.4	109.0
17	109.7	110.3	111.0	111.6	112.3	112.9	113.5	114.2	114.8	115.5
18	116.1	116.8	117.4	118.1	118.7	119.4	120.0	120.6	121.3	121.9
19	122.6	123.2	123.9	124.5	125.2	125.8	126.5	127.1	127.7	128.4
20	129.0	129.7	130.3	131.0	131.6	132.3	132.9	133.5	134.2	134.8
21	135.5	136.1	136.8	137.4	138.1	138.7	139.4	140.0	140.6	141.3
22	141.9	142.6	143.2	143.9	144.5	145.2	145.8	146.5	147.1	147.7
23	148.4	149.0	149.7	150.3	151.0	151.6	152.3	152.9	153.5	154.2
24	154.8	155.5	156.1	156.8	157.4	158.1	158.7	159.4	160.0	160.6
25	161.3	161.9	162.6	163.2	163.9	164.5	165.2	165.8	166.5	167.1
26	167.7	168.4	169.0	169.7	170.3	171.0	171.6	172.3	172.9	173.5
27	174.2	174.8	175.5	176.1	176.8	177.4	178.1	178.7	179.4	180.0
28	180.6	181.3	181.9	182.6	183.2	183.9	184.5	185.2	185.8	186.5
29	187.1	187.7	188.4	189.0	189.7	190.3	191.0	191.6	192.3	192.9
30	193.5	194.2	194.8	195.5	196.1	196.8	197.4	198.1	198.7	199.4

309
389

昭和三年十月十五日

代 膽 寫

Table with multiple columns and rows, containing numerical data. The text is faint and difficult to read, but appears to be a ledger or account book.

特255

532

終