

三菱電機

昭和 15 年 2 月

第 16 卷

第 2 號



2

アルミニウム ダイキヤスト ロートルに就て 51

電気鍍板の話 55

船舶用厨房器具類に就て 70

三菱電機

第十六卷

昭和十五年二月

第二號

アルミニウム ダイキャスト ロートルに就て

名古屋製作所 九 岡 芳 八

1 緒 言

戦時下に於て銅材を多量に使用する電動機の内、小型にて多数製作される箱型回転子を有する三相誘導電動機のアルミ化即ちアルミニウム・ダイキャスト・ロートルの製作は、各社とも急速に實現せられ、既に市販化されつゝある。

アルミニウム、ダイキャスト、ロートルは、回転子鐵心の溝内の銅棒及び其の兩端の銅エンドリングをアルミニウムを以て置き換へたものである。斯様な事は今更新しき問題ではないが、當社の現状を簡単に記し、使用者からの御批判を乞ふ次第である。

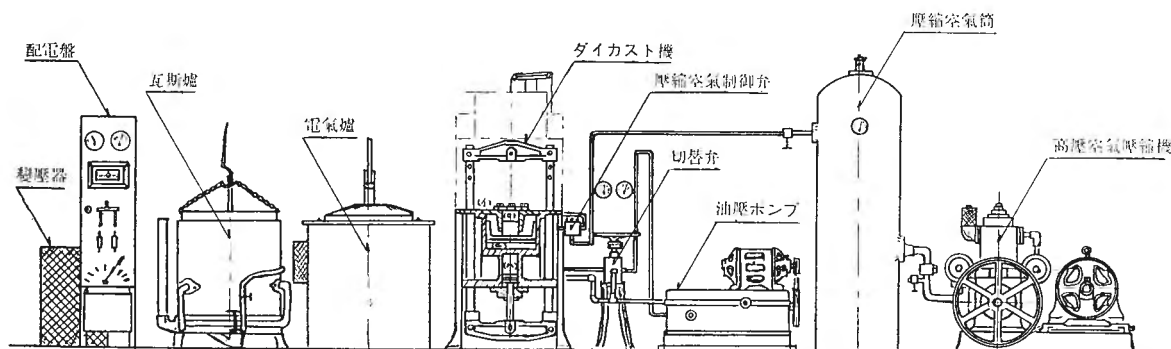
2 沿 革

ダイキャスト、ロートル製作に就ては當社に於ても數年前米國ウェスチングハウス電機會社にて實施せられて居つた實情に鑑み、基本的の研究に手を染めたのである

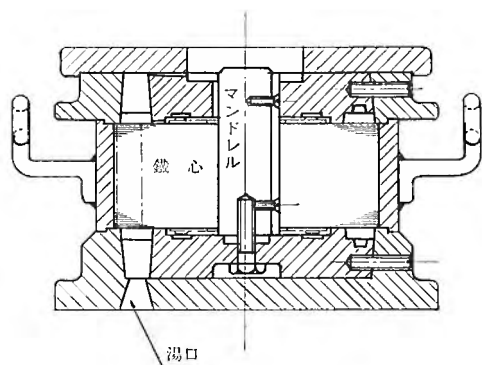
が工作の難易、設計の改革、原價、高純度のアルミニウムの入手などに付き検討の結果、當時の情勢に於ては實際の製作には着手するに至らなかつたのである。偶々支那事變が起り、銅材の節約問題と關聯して實現の緒に就きたる所、商工省より試作研究用として一屯のアルミニウム地金の下附を受け、積極的に實用化するに至つたものである。

3 設 備

設備として主なるものは第1圖に示す如き高壓空氣壓縮機と空氣筒、油壓ポンプ並に之をパイプにて連結併用し得るダイキャスト機械、アルミニウムを熔解すべき瓦斯爐と熔湯を一定溫度以下に保たしむる電氣爐であつてこの外に、鑄型を移動し得る小型起重機、鑄型の冷却用タンク、溫度測定器、各馬力の大きさに應じた耐熱鋼製の鑄型を整へてある。



第1圖 アルミニウム ダイキャスト ロートル 設備配置圖

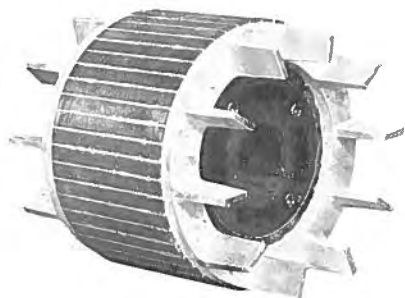


第2図 鑄型の構造

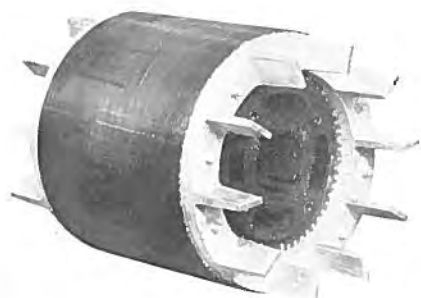
4 鑄込作業

回轉子の鐵心を積み重ねたものを鑄型に挿入すると第2圖の如くなる。鑄型は最初の一回は豫熱したものを用ふ。別に熔融せるアルミニウムを小さい柄杓に依り電氣爐から取り出しダイキャスト機の圓筒内(ロ)に注込む(第1圖ダイキャスト機参照)但しこの圓筒内には各鑄込毎に厚さ10ミル内外のアスベスト紙の筒を入れて居く。次に第2圖の如くなれる鑄型を同筒上のテーブル(イ)に置き、油壓ポンプの切替弁を開き壓力を(ハ)に加ふれば下部ピストンは下降し之と一体となれるアー

第3圖 鑄込の儘のダイキャスト・ロートル

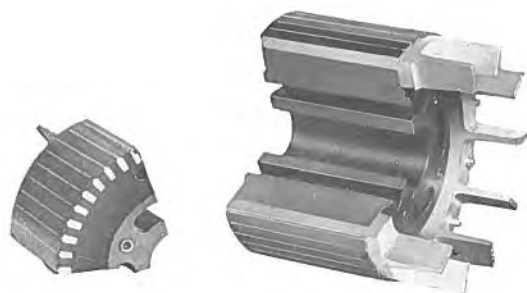


5 H.P. 4P ダイキャスト・ロートル



7.5 H.P. 4P深溝型 ダイキャスト・ロートル

チも下降して結局鑄型を上部より一定の壓力を以て押へた後、壓縮空氣制御弁を開き壓縮空氣を圓筒内(ニ)に入れ中部ピストンを急速に上昇せしめ之と一体となれる上部ピストンが上昇し以て圓筒内(ロ)にある熔融アルミニウムを一瞬の間に鑄型に鑄込む、勿論餘分のアルミニウムは鑄型の下部に湯口の塊となりて附着し残る。鑄込を終へ數分間經てアルミニウムの凝固した後、油壓切替弁を開きて壓力を去り壓縮空氣制御弁も開き鑄型を取り出して湯口を除去し型より取り出せば第3圖の寫眞の如きダイキャスト・ロートルが出来上るのである。其のロートルの切斷せるものを第4圖に示す。



第4圖 切斷せる5 H.P. ダイキャスト・ロートル

5 製品

かような設備と方式によつて研究試作して得た我々の經驗の二、三について記して見よう。

ダイキャスト・ロートルの試作の最初は回轉子鐵心の溝を特別に「閉じスロット」に設計し、ノツチング・マシンにて製作して研究したるも、其後種々實施の結果は從來の標準回轉子の鐵心を其儘使用しても何等工作上、特性上差支へない事が判明した爲、比較的簡単に各種の馬力に應じたダイキャスト・ロートルを製作する事が出来深溝型、二重籠型の回轉子にては其の製作時間に於てダイキャスト・ロートルの方が遙に短縮されて大いに有効であることが分つた。既に一部の製品を販賣して居るが近い内に小型電動機の籠型回轉子はアルミニウム・ダイキャスト・ロートルに殆ど全部置換せられる事となろう。第5圖にロートルの銅材とアルミニウム材を使用せる比較寫眞を示す。

第 5 圖 銅材とアルミニウム材を使用せるロートルの比較

7.5 H.P. 電 動 機 回 轉 子



銅材ロートル



アルミニウム・ダイキャスト・ロートル

7.5 H.P. 深溝型電動機回轉子



銅材ロートル

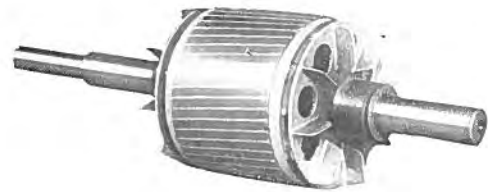


アルミニウム・ダイキャスト・ロートル

1 H.P. 電 動 機 回 轉 子



銅材ロートル



アルミニウム・ダイキャスト・ロートル

第 1 表 アルミニウム・ダイキャスト・ロートルと銅材ロートルとの電氣的特性比較

特 性	馬力、極數 周波數、電壓 材 質	5 馬 力 4 極				7.5 馬 力 4 極			
		50 ~ 200V		60 ~ 220V		50 ~ 200V		60 ~ 220V	
		Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu
全 負 荷 電 流 (A)		14.2	14.0	12.7	12.5	21.1	20.5	18.6	18.5
能 率 (%)		86.4	86.8	87.0	88.0	88.1	89.0	89.2	90.0
力 率 (%)		87.8	88.8	88.7	89.3	87.1	88.5	88.6	88.4
滑 り (%)		4.8	5.0	4.0	4.0	4.3	3.7	3.4	3.2
無 負 荷 全 損 失 (W)		264	240	283	264	360	322	348	333
無 負 荷 電 流 (A)		5.38	4.80	4.60	4.25	8.40	7.50	7.10	6.80
起 動 電 流 (A)		83.6	77.8	79.7	73.5	47.1	44.1	44.8	41.7
起 動 回 轉 力 (%)		202	184	188	165	80.3	61.7	77.3	60.3
最 大 回 轉 力 (%)		315	292	333	311	364	338	388	357
最 大 出 力 (%)		242	227	264	251	274	268	299	290

第2表 アルミニウム、ダイキャスト、ロートルと銅材ロートルとの重量比較

	5 馬 力 4 極		銅ロートルに対する比較		純 使 用 量	
	アルミロートル	銅ロートル	重量差 (kg)	差 率 (%)	Al	Cu
回轉子の重量 (kg)	16.0	18.5	2.5	13.5	1.2	2.5
電動機の重量 (kg)	77.5	80.0	2.5	3.1		

6 電 氣 的 特 性 比 較

籠型5馬力、7半馬力四極の誘導電動機のアルミニウム・ダイキャスト・ロートルと従来の銅を使用したものとの比較はその一例について示せば第1表の通りにて能率、力率の點に於て多少劣るが、回轉力は稍々優り、全体としては實用上何等差支へない程度の相違である。

尙上記特性は従来の舊規程に適する電動機に就てであつて、戦時下の所謂Z規程に依るものは自ら別であるが銅材とアルミ材との比較は大体同様である。

7 重 量 比 較

普通ダイキャスト・ロートルには回轉子鐵心の兩端のエンドリングに冷却用ファンの羽根を附けて鑄込む爲多少趣きが異なるけれども重量の比較は第2表の通りである。

8 使用アルミニウム地金

日本電工製 99.5% アルミニウム地金を用ひ分析の結

果は第3表に示す通りであるが鑄込の結果は羽根の付け根に微細な鑄割れを生ずる爲微量の金屬カルシウムを添加物として加へ好成績を得て居る。

第3表 アルミニウム地金

成 分	Si	Fe	Cu	Ti	Ca	Al
地金%	0.20	0.21	0.05	0.005	0.024	99.5以上

9 特徴と用途に就て

製作者としての立場からの優劣は色々あるが、之は省き、電動機としての利點は回轉子の銅材がアルミニウムに代つた爲、重量が輕くなり従つて回轉部分の慣性能率が減するから、起動及び停止回數の多い用途へは工作機械、起重機等の單獨運轉に適する。而してアルミニウムの性質上化學工場、人絹工場に使用される耐酸型電動機としては尙研究の餘地あるものと思はれる。斯様な特殊用途に對しては此點を銘記して戴き度い。

電 氣 鐵 板 の 話

本店研究部 尾 島 學 二

緒 言

電気鉄板とここで言ふのは電気機器の磁気回路に用ひられる珪素 0.5~4.5% を含む薄鉄板のことである。これは時には電気鋼板又は珪素鋼板とよばれることもある。これに對して權威ある標準用語は未だ決定されておらないようである。

大は幾萬キロの變壓器、發電機より、小は數ワットの無線用變壓器、電気時計用電動機に至る迄電気機器のあるところ常にこの電気鉄板が黙々とその磁気回路を守つておる。

現在我國の需要は年約八萬噸と聞いておるがこれを國産にて完全に供給しておるのは全くうれしい限りである以下この電気鉄板について總括的にのべてみようと思ふ

電気鉄板に要求する性質

電気鉄板として具備しておいてほしい性質を挙げ、これにいささか説明を加へてみよう。

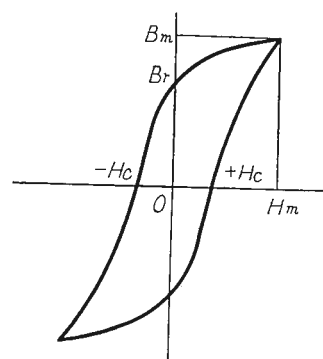
1. 導磁率の大きいこと

磁気回路に磁化力 H を加へた場合磁束密度 B が得られたとする。この時 $B/H = \mu$ とおき、 μ を導磁率とよぶ。これより明白なる如く導磁率が大きいと言ふことは、同一磁化力に對して大なる磁束密度が得られる。換言すれば同一磁化力で一定磁束密度を得る材料が少くてすむことになる。

2. 鐵損の小なること

鐵損とは磁気回路に磁束の増減がある場合、その中で失はれる損失をいふのであつて、普通履歴損失と渦流損失に分けられる。これについて少し述べてみる。

a. 履歴損失 磁気回路に或る磁化力 H を加へ、後これと同一の磁化力を前と逆の方向に加へ、再び最初と同一方向に同一磁化力を加へたとする。この時の磁束密度と磁化力との關係を曲線にて示すと第1圖の如くなる。



第 1 圖

この曲線を履歴曲線とよぶ。この場合磁化力を一回轉させるため外部から仕事をしなければならぬ。これが履歴損失に相當するものであつて、その大きさは履歴曲線にて圍まれたる面積に比例する。これは一般に次式で與へられる。

$$W_h = \eta B_m^n \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで η は履歴係数とよばれる材料による常數、 n は Steinmetz によつて 1.6 なる數値の與へられた常數、 B_m は最大磁束密度を表はす。尙これは通常 erg/cm^3 なる單位で與へられる。又これが周波數 f なる交番磁界でおこる場合には次式で與へらる。

$$W_h = \eta f B_m^n \quad \dots\dots\dots (2)$$

しかし上記 B_m^n は B_m 12,000 以上で誤差が多いとして次式をすゝめる人もある。

$$W_h = f(\eta_1 B + \eta_2 B^2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

履歴損失は単位体積中の結晶数の増加と共に著しく増加するのでこの点から結晶を大きくするよう色々努力が拂はれておる。

b. 渦流損失 導電材料中に磁束の増減ある場合、それ自体内に起電力が発生され、これにより電流が流れ抵抗損失が生ずる、これを渦流損失とよぶ。これは次式で與へられる。

$$W_e = K \frac{1}{\rho} (f B_m t)^2 \dots\dots\dots (4)$$

ここでKは材料の種類形状及び量による常數、 ρ はその固有抵抗、 t は材料の厚さを表はす。これから明白なる如く、渦流損失を小さくするには固有抵抗を大きくし、材料の厚さを小さくすることがのぞましいのである。これは一般に最大磁束密度及周波数を指示して watt/cm^3 又は watt/kg で與へられる。

3. 劣化の少ないこと

これは如何なる材料についても要求される性質であるが、電氣鐵板に於ては導磁率は殆んど變化をおこさぬが鐵損は使用中次第に増加してくるので、特にこのような要求も出てくるわけである。

4. 酸化被膜の少いこと

電氣鐵板は製造工程中熱間壓延にてその表面に酸化被膜を生成する。これを通常スケールと呼んでおる。これは珪素含有量の多いものほど出來易くその厚さも大きくなる。0.35 耗の高珪素含有量のものではその厚さ 0.06 耗に及ぶことも少くない。電氣鐵板の誕生當初から 1915 年頃までは、酸化被膜は鐵板積重ねの場合各板間の絶縁に役立つとして、有効なものと考えられておつたが、その後酸化被膜の性質が検討され、これは百害あつて一利なしとの結論に達したのである。その性質を J. D. Ball の 1916 年に發表したところによつてあげると第 1 表の如きものである。この表より酸化被膜の絶縁性といふも

のはたよりにならず、且つ被膜は高磁束密度に於ける鐵損増加の一助をなすことを知る。電氣鐵板使用に際しては鐵板上に薄く絶縁被膜をほどこすのであるが、この操作に際して酸化被膜の剥落を起したり、鐵板打抜作業中剥落した酸化被膜が抜型につまつたり刃をいためたりすることがある。上記の如き理由からして電氣鐵板使用者としては、極く薄い密着した酸化被膜をもつ電氣鐵板を望んでおるが酸化被膜絶無のものの出現がその理想である。

5. 厚さの均一なること

これは他の種類の鐵板に於ても希望されることではあるが、電氣鐵板に於てはそれがただ一枚で使用されることなく數百數千と重ねて使用されるのが常であるので、殊の外嚴密に要求されるのである。

6. 表面が滑かなこと

これは單に體裁上言ふのでなく表面が荒されている場合には前記の如く積重ねた場合、鐵板表面の凸凹は應力をうけその磁氣的性質を害され且つ凸凹のため全體としての空間率を低下させることになるからである。

7. 強靱であること

電氣鐵板は打抜き臺切りノツチング等の作業をうけるものであるから、硬く脆い時には刃物や型をいためるのみならず鐵板自體に龜裂を生ずることさへある。従つて適當に強靱であることが要求されておる。

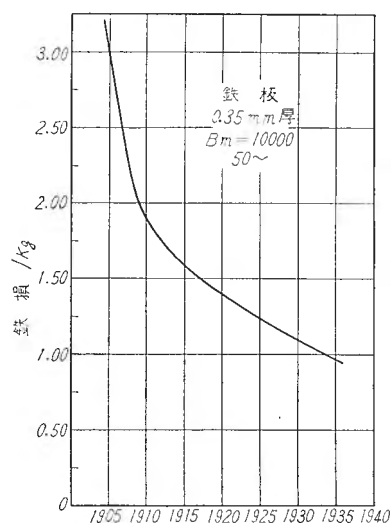
電氣鐵板の歴史

1900 年より前は磁氣回路材料としては専ら純鐵が用ひられておつた。その主なるものはスエーデン鐵であつた。しかしこれは渦流損失が大きく、且つ劣化が甚しいといふ缺點をもつておつた。

1899 年英國の冶金學者 Robert A. Hadfield 氏がはじめて電氣鐵板として珪素をふくむ鐵板を作つた。これは純鐵に比して渦流損失も少く劣化もあまり起さない。その當時の珪素含有量は約 2.5% であつた。それ以來電氣鐵板として専らこれが用ひられ、1903 年英國で 1906 年米國でこの電氣鐵板を用ひて電氣機械を製作した。兩來これが成分の研究、製造方法の改良が行はれて現今に至つたのである。第 2 圖に American Rolling Mill Com-

第 1 表

性質	材質	電氣鐵板 0.35 mm	酸化被膜 0.05~0.06 mm
比重		7.5	5.54
固有抵抗 Microhm/cm		40~55	107~157
鐵損 watt/kg $B_m 50 \sim 10,000$		1.25~2.0	16
磁束密度 $H = 100$		17,000	7,000
最大導磁率		6,000~12,000	150



第 2 図

pany の発表した鉄損減少からみた電氣鐵板の發達曲線をかかげその進歩のあとを偲ぼう。

次に純鐵と現在の電氣鐵板との性質を比較してみよう。純鐵には電氣分解によつて得られる電解鐵と、精鍊によつて得られる商用純鐵の二種がある。前者は純度は高いが電解の際のガスを多量含んでおるので、真空熔解その他の特殊處理を必要とする。後者にはスエーデン鐵、ノールウェー鐵、ランカシヤ鐵、ローモア鐵、アームコ鐵水素還元鐵等がある。その成分は大體第 2 表の如きものである。

第 2 表

試 料	炭 素	珪 素	マンガン	燐	硫 黄
電 解 鐵	0.0015~ 0.02	0~ 0.006	0~ 痕跡	0~ 0.01	0.001~ 0.01
商用純鐵	0.01~ 0.04	痕跡~ 0.04	0.001~ 0.08	0.007~ 0.10	0.002~ 0.03

又その諸性質を電氣鐵板のそれと比較すると第 3 表の如きものである。

さて我國の電氣鐵板製造の歴史をひもといてみよう。八幡製鐵所、即ち現在の日本製鐵八幡製鐵所で電氣鐵板の製造研究をはじめたのは歐州大戰當時であつて、珪素鋼が電氣爐で作られたのは大正 6 年 10 月であつたが、これにて試作した電氣鐵板を逕信省、鐵道省、明治専門學校等で試験したが好成績とは言へなかつた。大正 10

第 3 表

性質	試料 商用純鐵	軟 銅	電氣鐵板 Si 1.2 %	電氣鐵板 Si 4.0 %
密 度	7.86	7.90	7.75	7.55
磁氣飽和値	22,000	21,000		20,000
殘留磁氣 $B_m = 10,000$	8,770	7,450	8,270	7,460
抗 磁 力 $B_m = 10,000$	1.00	2.52	0.775	0.555
履歴損失 $B_m = 10,000$	3,324	7,980	2,620	1,563
初導磁率	250			600
最大導磁率	7,000			6,000
固有抵抗 $\mu\Omega\text{cm}$	9.5	13.1	27	60
磁束密度 $H = 50$	17,200	15,900	16,300	15,200
" $H = 100$	18,300	17,100	17,300	16,200
" $H = 200$	19,500	18,300	18,700	17,600
" $H = 400$	20,800	20,000	20,000	18,800
抗 張 力 kg/mm	27	28~32	33~36	62~65
伸 %	43~48	28~32	18~20	7~9

年頃に至つて製鋼の技術は完成したが、壓延方法は未だ完成するには至らなかつた。その後大戰後の經濟界の流れにのり一時研究中止の状態となつた。その後八幡製鐵所に來ていた獨乙技術者 *Walter Lwowski, Johann Henke* 兩氏によつて高温壓延の方法が傳へられ、これを電氣鐵板に應用して成功したのは大正 14 年 2 月で、珪素含有量 1.0~1.5% の製品がはじめて市場にあらはれたのは同年 9 月であつた。次で珪素含有量 4 % 前後のものを大正 15 年 1 月に試作して各電機製造業者に配布したが、工場では専ら低珪素含有量のものの製造に全力をあげた。かくして昭和 4 年に至つて製造の餘力を以て高珪素含有量のものの製造を開始して現在に至つておるのである。一方川崎造船所製鐵工場即ち現在の川崎重工業株式會社製鐵工場に於ては昭和 4 年に電氣鐵板製造の研究をはじめ、昭和 6 年珪素含有量の小さい製品を市場に出した。しかしこの時は既に日本製鐵製品が市場を獲得しておつた後のことゝ直ちに一流電機製造業者の使用には至らなかつた。昭和 9 年 1 月より昭和 10 年 2 月にわたつて鐵道省主催の電氣鐵板研究會が開かれ、これによつて一流電機製造業者はその受託せる鐵道省電氣車の主電動機用電氣鐵板に八幡製のものゝ川崎製のものゝを使用して、その特性を比較したのである。その結果川崎製

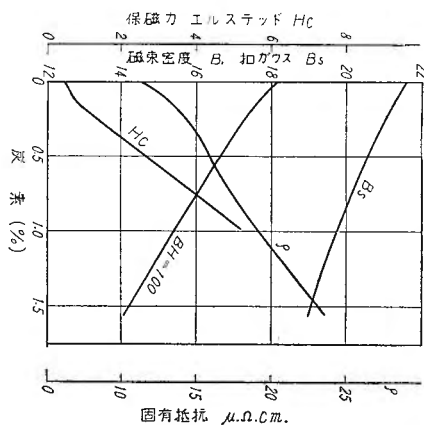
電気鉄板も一流電機製造業者に供給されるやうになつたのである。現在では兩電気鉄板製造業者が相携へて年産八萬噸に餘る國內需要を充し、國產電気機器の礎を築いてゐる。

電気鉄板の性質に及ぼす元素の影響

電気鉄板の含有元素がその性質に及ぼす影響については *Yensen, Gamlich, Ruder* 等の諸氏の論文が有名であるが、これについて簡単に述べてみよう。

1. 炭 素

炭素は極めて少量でも著しくその性質を害するのである。導磁率を小さくし、磁氣飽和値を低下させ、抗磁力残留磁氣を増して履歴損失を大きくす。しかし炭素はその含有量のみでなく鐵中に存在する状態によつてその影響に差異がある。第3圖に鐵の磁氣的性質と炭素含有量との關係を示す。



第 3 圖

2. 硫 黄

硫黄の影響は炭素のそれとほぼ同一である。

3. マンガン

マンガンは少量なれば有害でないとしておつたが、最近日立製作所が電気學會電気機器用材料調査委員會第三特別委員會に提出した第4表の分析結果によれば Armco の Trancor #4 はマンガンの含有量が八幡T級品の 1/2 Trancor #2 の 1/3 である點からみてマンガンの量は少ない方がよいのではないかと考へられる。

第 4 表

試料 番號	鋼 品 名	鐵損 W 10/50	化 學 成 分 (%)				
			T.C	Si	Mn	P	S
1	Trancor #4	0.90	0.02	4.00	0.08	0.019	0.007
2	"	0.90	0.03	4.18	0.11	0.014	0.010
3	"	0.94	0.02	3.90	0.09	0.016	0.010
4	Trancor #2	1.14	0.02	3.32	0.31	0.014	0.010
5	"	1.20	0.02	3.32	0.30	0.013	0.014
6	"	1.20	0.02	3.57	0.32	0.017	0.008
7	"	1.28	0.03	3.30	0.38	0.014	0.007
8	"	1.28	0.07	3.43	0.38	0.014	0.010
9	八 幡 T	1.14	0.02	3.90	0.22	0.014	0.010
10	"	1.20	0.01	4.08	0.13	0.017	0.007
11	"	1.20	0.01	3.86	0.18	0.014	0.012
12	"	1.30	0.02	4.10	0.16	0.017	0.014
13	"	1.30	0.01	3.93	0.19	0.016	0.009
14	"	1.40	0.01	4.07	0.15	0.015	0.009
15	"	1.40	0.01	4.15	0.14	0.014	0.010
16	"	1.50	0.02	4.03	0.19	0.014	0.008
17	"	1.50	0.03	4.10	0.20	0.017	0.010

4. 磷

磷は少量なれば有害ではないとされてゐる。

5. 銅

銅は少量なれば磁氣的に影響なく機械的強度を増大する。

6. ニッケル

ニッケルを 0.1~0.3% 入れると、磁氣的性質を害することなく靱性を増し、複雑な打抜加工に適するものが得られる。

7. アルミニウム

アルミニウムは磁氣的性質をよくすると言はれてゐるが未だこれを標榜した製品をみない。

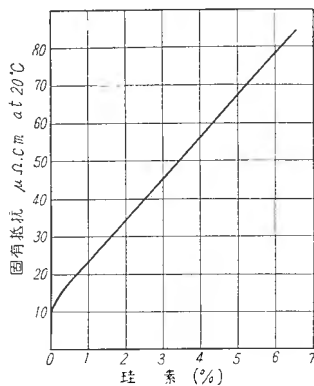
8. 珪 素

珪素は最も大きい影響を與へるものでその効果について順を追つて説明する。

a. 固有抵抗を増加する 珪素含有量と固有抵抗との關係は第4圖の如く、従つて珪素含有量の増加と共に渦流損失は減少することになる。

b. 履歴損失を減少す 珪素のために炭素と鐵がいつしよになることが妨けられ炭素はそのまゝ析出す。而して結晶が大きくなり履歴損失を非常に減少する。

Yensen によれば履歴損失は單位體積内の結晶數の平方



第 4 圖

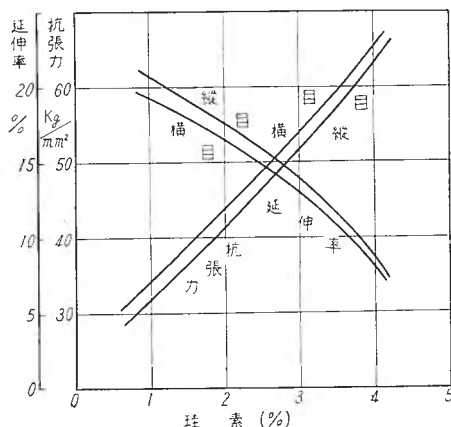
根に比例するとのことである。履歴損失減少の一例を第 5 表にかかげる。

第 5 表

損失	珪素含有量		
	0	1.3%	4.5%
渦 流 損 失	1.0	0.5	0.25
履 歴 損 失	2.0	1.5	1.05
全 損 失	3.0	2.0	1.30

損失は 50~B_m 10,000 に於ける kg 當りのワットで表はす。

c. 抗張力及び硬度を増す 珪素の増加と共に抗張力は大くなり、同時に延伸率が低下することは第 5 圖の如くである。しかしそれにつれて硬度を増すため打抜、臺切、ノッチング作業に對する双物に特殊の考慮を拂ねばならぬことになる。



第 5 圖

d. 磁化特性を變化する 珪素が増すと磁氣飽和値が低下するが、低磁束密度に於ける導磁率は大きくなる。この前の影響はよろしくないが後の影響は低磁化力にて使用するものに對しては望ましいことである。これは後にかゝげる第 11 圖によりて明白である。

e. 比重が軽くなる 珪素の増加と共に比重が小さくなる。一例を示すと第 6 表の如きものである。

第 6 表

珪 素 含 有 量	比 重
1.1~1.4	7.78
2.5~3.5	7.66
4.0~4.5	7.53

f. 劣化が減少する 珪素含有量が大きくなると劣化することが少くなる。普通 100°C 600 時間保持の前後に於ける鐵損からその増加の百分率を算出して劣化率としておるが、珪素含有量とその劣化率との關係を示せば第 7 表の如きものである。

第 7 表

珪素含有量	1.0%	2.5%	3.25%	4.0%
劣 化 率	5%	3%	2%	≒0%

g. 酸化被膜が生成し易くなる 珪素が増して來るに従つて、その表面に酸化被膜が生成し易くなる。これは既に述べたる如く極力防止しなければならない性質のものである。

電氣鐵板の種類と用途

すでに記した如く、電氣鐵板はその珪素含有量によつて性質が變化する。従つて要求される性質に應じて色々の珪素含有量のものが生れてくる。電氣鐵板としては導磁率が大なることと、鐵損の小なることは第一條件であるが、高磁化力ではこの両者が兩立しない。この場合珪素含有量のこれ等兩特性に對する影響は、鐵損に對するものが導磁率に對するものよりも大である。従つて電氣鐵板は鐵損を主にした珪素含有量による分類をされるのである。上記の見地から電氣鐵板を使用する機器部分品で、鐵損の小さいことを要求するものから順序に従つて並べてみると次の如きものである。

- i 変圧器鐵心、ターボ交流發電機發電子
- ii 交流發電機發電子、誘導電動機固定子
- iii 直流機發電子、誘導電動機回轉子
- iv 磁極鐵心、小型及短時間定格直流機發電子

次に電氣鐵板の厚さであるがこれは打抜、ノツチング作業及びその積重作業に影響し、磁氣的には渦流損失に密接な関係を持つてゐる。現在 0.075~0.5mm. のものがある。厚さと周波数との関係を與へたものの一例を第 8 表にかかげる。尚ほ第 9 表として二三の電氣鐵板製造業者の發表してゐる鐵板の種類分けの表を示す。この中の

第 8 表

厚 さ (吋)	周 波 数 範 圍
0.017~0.020	25~
0.014	50~60~
0.007	200~以上
0.003~0.005	1,000~以上

近似珪素含有量は筆者が他の成績分析結果等より得てあてはめたものである。この表から外國品の或ものは非常にその鐵損保證値が小さく國産品の遠く及ばないものであることを知る。

第 9 表 電 氣 鐵 板 鐵 損 保 證 値

日 本 製 鐵 製 品

B = 10,000 50~watt/kg

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	0.35 0.014	0.43 0.017	0.50 0.020
A	0.8~1.0	2.60	2.88	3.20
B	1.1~1.4	2.40	2.62	2.92
C	1.5~1.7	2.15	2.30	2.46
D	2.5~3.5	1.95	2.10	2.35
D _s	2.5~3.5	1.65	1.76	1.88
T	4.0~4.5	1.45	1.57	
T _s	4.0~4.5	1.30	—	

川 崎 製 品

B = 10,000 50~watt/kg

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	30	29	28	27	26	0.50	25	24
E—B	1~1.4	2.09	2.20	2.35	2.51	2.60	2.75	2.86	3.30
E—C	2~2.5	1.85	2.00	2.00	2.07	2.13	2.17	2.20	2.31
E—D	3~3.5	1.50	1.70	1.70	1.70	1.81	1.85	1.89	1.98
E—T	3.9~4.2	1.375	1.375	1.41	1.50	1.56	1.63	1.65	1.72

ア ー ム コ 製 品

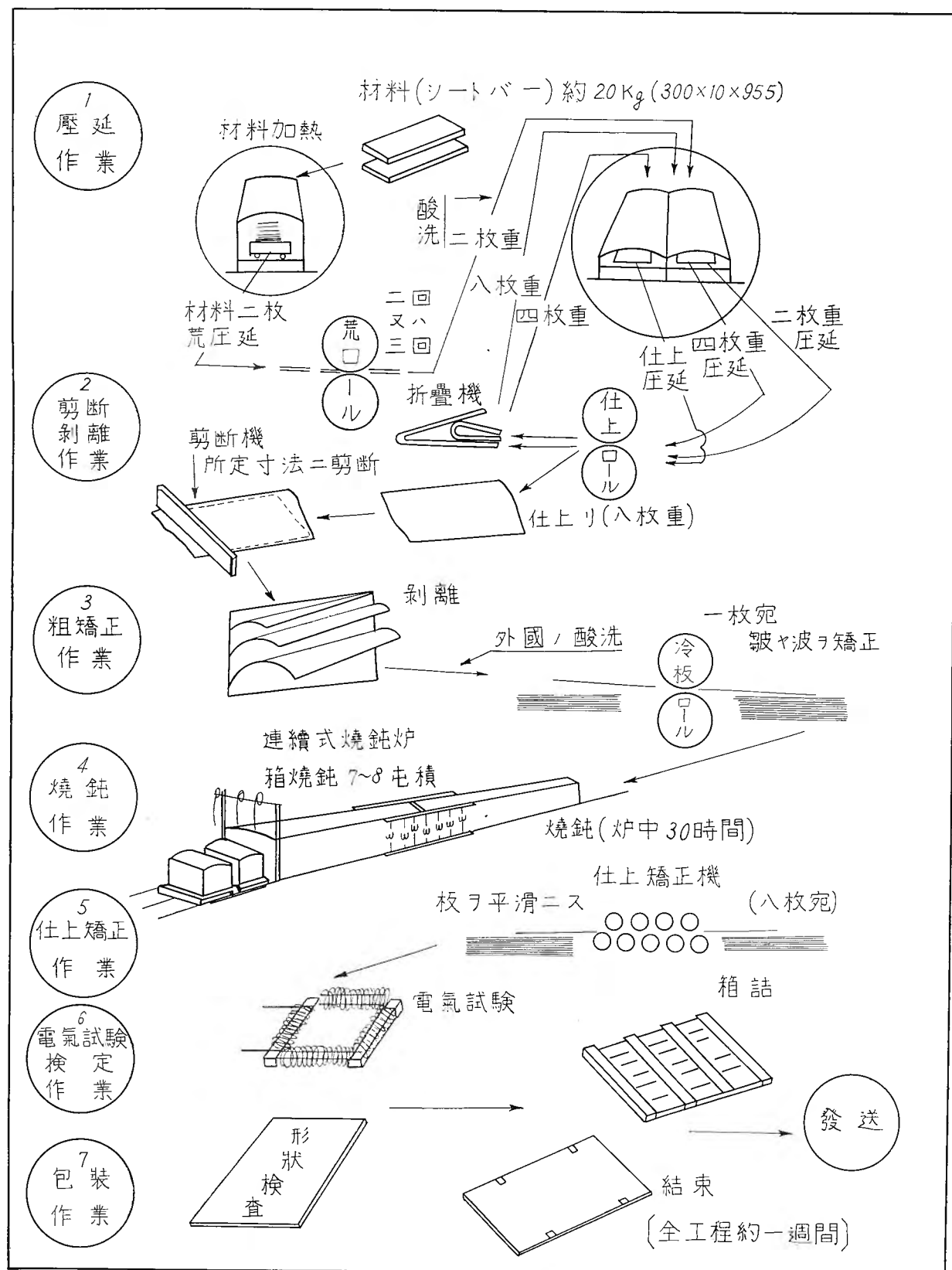
B = 10,000 50~watt/kg

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	30 0.30	29 0.35 0.014	28 0.40 0.016	27	0.45 0.018	26	0.50 0.020	0.55 0.022	0.60	24 0.025
Armco Armature	0.5	2.22	2.32	2.50	2.62	2.70	2.77	2.90	3.12	3.45	3.71
" Electric	1.0	1.96	2.08	2.24	2.32	2.38	2.40	2.54	2.73	2.97	3.12
" Special Electric	2.5	1.74	1.80	1.89	2.01	2.06	2.10	2.14	2.19	2.27	2.32
" Int. Transformer	3.25	1.42	1.46	1.53	1.62	1.66	1.71	1.76	1.85	1.91	1.96
" Tran-Cor 1	3.5	1.34	1.35	1.43	1.53	1.55	1.60	1.64	1.71	1.77	1.81
" " 2	3.5	1.28	1.28	1.35	1.42	1.45	1.48	1.53	1.61	1.70	1.73
" " 3	4.0	1.16	1.16	1.21	1.27	1.29	1.32	1.35			
" " 4	4.0	1.03	1.03	1.07	1.12	1.14	1.18				
" " 5		0.98	0.98	1.02							
" " 6		0.93	0.93								

USS 製 品

B = 10,000 50~watt/kg

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	0.30 0.0118	0.35 0.014	0.40 0.016	0.45 0.018	0.50 0.020	0.55 0.022	0.60 0.024
USS Armature	0.5	2.18	2.28	2.44	2.62	2.80	2.98	3.23
" Electrical	1.0	1.96	2.04	2.16	2.29	2.44	2.61	2.80
" Motor	2.5	1.72	1.78	1.87	1.96	2.05	2.14	2.23
" Dynamo	3.25	1.41	1.44	1.52	1.62	1.72	1.81	1.90
" Transformer 136	3.5	1.34	1.36	1.44	1.53	1.62	1.71	1.79
" " 127	4.0	1.27	1.27	1.35	1.43	1.52	1.61	1.69
" " 115	4.0	1.15	1.15	1.23	1.31	1.39		
" " 103		1.03	1.03	1.10	1.18	1.26		
" " 96		0.96	0.96					



第 6 回

アームコ製品

B=10,000 60watt/lb

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	30	29	28	27		26		25		24
		0.30	0.35	0.40		0.45		0.50	0.55	0.60	0.025
Armco Armature	0.5	1.25	1.30	1.40	1.47	1.51	1.55	1.63	1.75	1.93	2.08
// Electric	1.0	1.10	1.17	1.26	1.30	1.33	1.35	1.42	1.53	1.66	1.75
// Special Electric	2.5	0.98	1.01	1.06	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23	1.27	1.30
// Int. Transformer	3.25	0.80	0.82	0.85	0.91	0.93	0.96	0.99	1.04	1.07	1.10
// Tran-Cor 1	3.5	0.75	0.76	0.80	0.86	0.87	0.90	0.92	0.96	0.99	1.01
// " 2	3.5	0.72	0.72	0.76	0.80	0.81	0.83	0.86	0.90	0.95	0.97
// " 3	4.0	0.65	0.65	0.68	0.71	0.72	0.74	0.76			
// " 4	4.0	0.58	0.58	0.60	0.63	0.64	0.66	0.68			
// " 5		0.55	0.55	0.57							
// " 6		0.52	0.52								

USS 製品

B=10,000 60watt/kg

品 種	厚 U.S.G. mm inch 近似 珪素含有量	0.30	0.35	0.40		0.45		0.50	0.55	0.60	
		0.0118	0.014	0.016		0.018		0.020	0.022	0.024	
USS Armature	0.5	2.78	2.88	3.12		3.38		3.63	3.87	4.22	
// Electrical	1.0	2.46	2.57	2.73		2.93		3.12	3.37	3.63	
// Motor	2.5	2.15	2.22	2.34		2.46		2.58	2.71	2.83	
// Dynamo	3.25	1.75	1.79	1.89		2.02		2.15	2.27	2.38	
// Transformer 136	3.5	1.66	1.68	1.79		1.91		2.02	2.13	2.23	
// " 127	4.0	1.57	1.57	1.67		1.78		1.89	2.00	2.11	
// " 115	4.0	1.43	1.43	1.52		1.63		1.74			
// " 103		1.28	1.28	1.37		1.46		1.56			
// " 96		1.19	1.19								

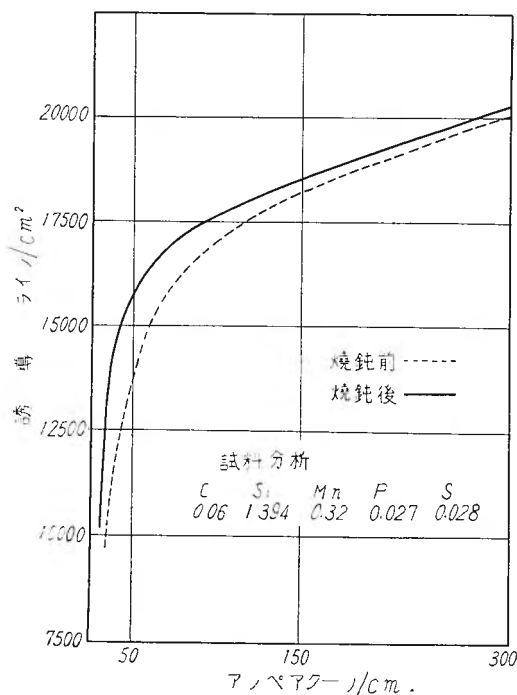
電氣鐵板の製造方法

珪素鋼は以前は全部電氣爐によらねば上質のものは作られないと考へられて居つたが、最近では高珪素鋼は電氣爐により、低珪素鋼は鹽基性平爐によつて得るのが普通である。これより電氣鐵板壓延の材料であるシートバーを作り、これより加熱圧延、折疊、剪斷、剝離、矯正焼鈍等の作業を経て電氣鐵板が出来上るのであるがその工程は第6圖に示す如きものである。

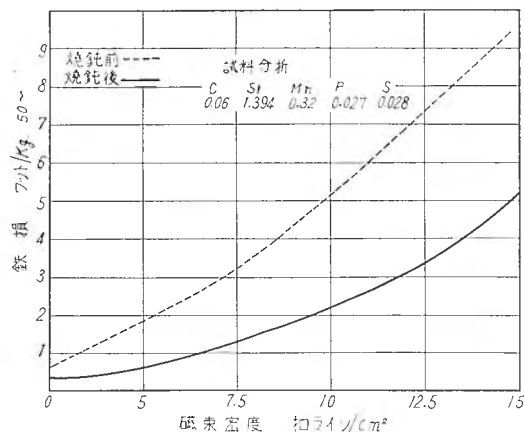
この作業はいづれも直列であつて、作業について重大性を云々することは出来ぬが、電氣鐵板の性質に最も大きな影響を與へるものは焼鈍作業である。普通この焼鈍は700~900°Cで行はれる。尚ほこの場合酸素にふれると表面に酸化被膜が生成するのでこれを極力防止しなければならぬ。この防止法に次の二つの方法がある。

1. 鐵板を鐵製の箱中に入れ、外部から酸素の入らぬ様密閉して焼鈍を行ふ。普通密閉には砂を用ふ。
2. 鐵板を鐵製の箱中に入れ、還元性ガスを連続的に吹きこみ鐵板の表面の酸素をふせぎ同時に脱炭効果を得ようとして、焼鈍を行ふ。

この焼鈍作業前後に於ける電氣鐵板の磁氣的性質を比較すれば第7圖及び第8圖の如きものである



第7圖



第 8 圖

焼鈍に次いで考へねばならぬ作業は酸洗である。製造工程中に生成する酸化被膜を化学的にとるために酸洗なる作業が生れてくる。現在我國では製産的には未だ行はれていないが、外國では珪素含有量の多いものについてはこれを行つておる。尚ほ酸洗液の一例について言へば Allegheny では 10% 硫酸の後 25% 硫酸と 25% 鹽酸の混合液で洗ふことをすすめておる。外國の或る電氣鐵板製造業者は特殊壓延方法により、酸化被膜の少ないものを作ること成功したので酸洗の必要がないと云つておる。

電氣鐵板の試験方法及試験成績

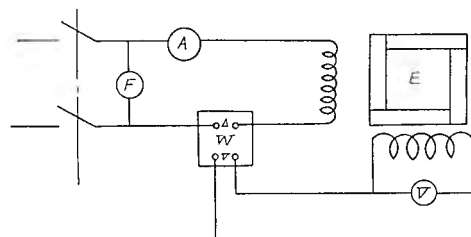
電氣鐵板について行ふ試験方法及びその成績について簡単に順を追つて説明を加へてみる。

1. 電氣的試験

a. 鐵 損 試験方法としては A. S. T. M. の標準方法が最も廣く用ひられておる。これはエプスタイン鐵損試験器を使用するものであつて、60~ に於ける B_m 10,000 に對する Kg 當りの損失 $W_{10/60}$ を與へることになつておる。尚必要ある場合は B_m 14,000 に對する損失 $W_{14/60}$ を與へる。試料には 30×500 mm のもの縦目横目各々 5Kg づゐをとる。その結線は第 9 圖の如きものである。次式を用ひて磁束密度を算出する。

$$E = \frac{f N_m B M}{L D} \times 18^{-8}$$

こゝで f = 波形率 (正弦波に對して 1.11) N = 二次全捲



第 9 圖

線數 (600)、 n = 周波數、 B = 磁束密度、 M = 全質量 (10,000 瓦)、 L = 試料の長さ (50 種)、 D = 試料の密度

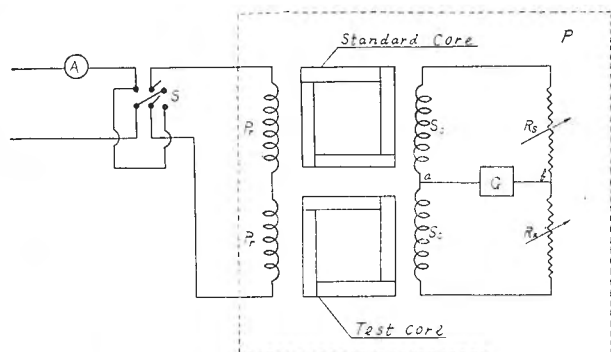
尚ほこの D については珪素含有量 2% 以下のものに對しては 7.7%、珪素含有量これ以上のものに對しては 7.5 を採用するようになっておるが、これでは不便であるとして第 10 表の如く電氣鐵板の種類によつて採用する比重を選ぶむきもある。

劣化に關しては A. S. T. M. の標準方法が用ひられておる。即ち 100°C にて 600 時間加熱の前後に於ける鐵損の百分率變化を出すのである。

第 10 表

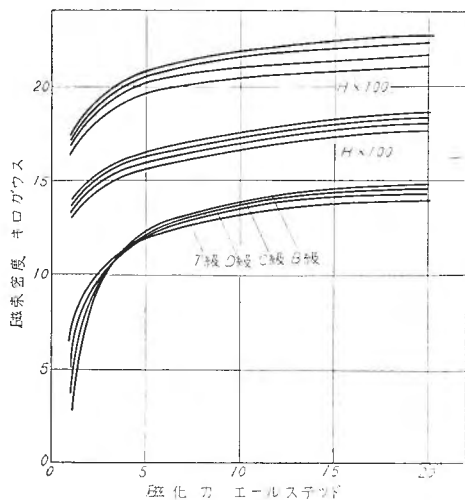
鐵 損 種 類	比 重
B 級	7.75
C 級	7.70
D 級	7.65
T 級	7.60

b 磁化特性 磁化特性試験装置としては、古くよりバロー氏及びユーイング氏導磁率計があるが現在我國で盛に用ひられているものは N. S. 式導磁率計とシーメンス差動式導磁率計である。前者は逓信省電氣試験所の丹羽、杉浦兩技師の發明になるもので、特殊の補償捲線と磁位差計を用ひたものでその測定範圍に於ては殆んど完全なものとされており、我國の電氣鐵板關係者の大部分はこれを設備しておる。試料として 10×350 耗を用ふる小型のものと 30×500 耗を用ふる大型のものとあるこの詳細にわたつて電氣學會雜誌昭和四年六月號に「導磁計の改良について」と題する杉浦護治氏の記述がある。後者は第 10 圖の如き結線にて一次線輪を直列にしてこれに磁化電流を通じ、その切換を行つた時生ずる二次線



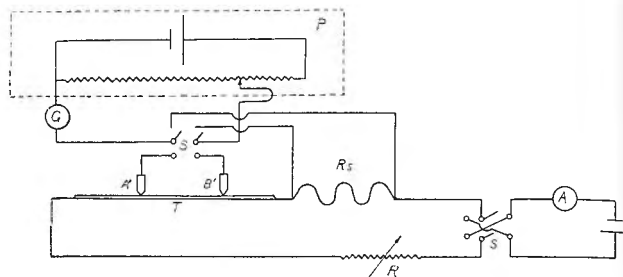
第 10 圖

輪の電圧を直列に二次に可変抵抗を入れ、この抵抗により a、b 間の弾動検流計のふれを零にする。実際の装置では抵抗のダイヤルで直ちに磁束密度が読めるようになっておる。これは前者に比して、精密の點では劣るが使用簡便であるため、一時に多数のものを試験するやうな場合には大變調法である。各種電氣鐵板の磁化特性をあげれば第11圖の如きものである。



第 11 圖

c. 固有抵抗 固有抵抗測定は電氣鐵板中の珪素含有量をみる目安として、又渦流損失の大小を決定する要素として必要なものである。測定方法の標準はないが 30×500mm の鐵損試験片を用ひ電位差計によるのが普通で断面積の算出は全重量を比重と全長の積で除して行ふ。結線の一例は第 12 圖の如きものである。



第 12 圖

2. 物理的試験

a. 比重 比重測定はすべての固体と同様であるが、こゝに注意すべきことは、酸化被膜と鐵母体との間の空隙による誤差で、これについては適當な防止方法を講ずる必要がある。

b. 皮相厚 皮相厚とは電氣鐵板をマイクロメーターにて測定したる厚さを言ふのであつて、普通 30×500mm の試片の縦方向に等距離に 40 點の測定を行ひその平均値を以てこれを表はす。

c. 平滑度 平滑度は電氣鐵板表面の滑かさを表はすもので、重大な性質の一つである。その測定方法に次の二つがある。

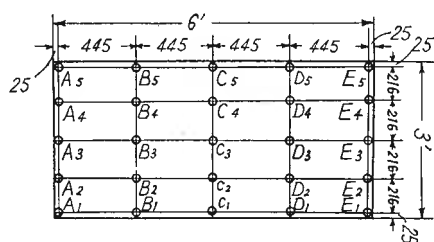
第一法は 30×500mm の試料縦目横目各々 50 枚について豫め巾、長さ及重量を測定しその比重から全部重ねた時の眞の厚さを算出し、後これを 20 Kg/cm² の壓力で押へた場合の厚さを測定し、兩者の差を眞の厚さで除した百分率を以て表はす方法である。この方法は實用に近い價を得ることが出来るが、試料及び裝置が大がかりなので一般には採用されない。

第二法は前述の皮相厚を測定したる試料について、全重量、全長、比重及び巾を測定しこれより眞の厚さを算出しこれと皮相厚さとの差を眞の厚さにて除した百分率を以て表はす方法である。一般に得られておる値の一例を示せば第 11 表の如きものである。

第 11 表

電氣鐵板の種類	平滑度 %
B	4~7
C	5~8
D	6~9
T	9~12

d. 厚さの不同率 電氣鐵板の積重ね枚数が多くなると特に大型物に於て電氣鐵板の厚さの不同が目立つてくる。縮り方の不均一を來して面白くない。これが測定は實際問題としてむづかしいのであるが、便法として第13圖の如き 25 點測定が行はれてゐる。この厚さの不同率



第 13 圖

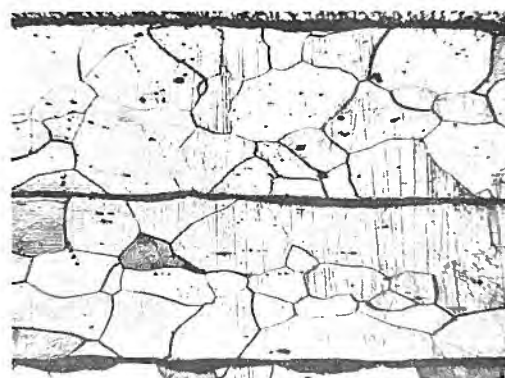
は鐵板製造業者の方で $\pm 5\%$ 又は $\pm 10\%$ を規定してゐるが、全部を通じて一枚の 25 點平均厚は公稱厚より 3~9% 厚く、各點の厚さは平均厚より又 $\pm 5\%$ 位の變動をもつてゐる。

e. 波打度 電氣鐵板のうねりを言ふのであつて、波打が多いといふことは前述の厚さの不同の多いのと同じの悪影響を及ぼすものであるから、何等かの適確な測定表示方法が望まれてゐる。波打の高さH及び巾Wを測定し、 H/W をとり、これと波打の数及び最大波打の高さを規定することも考へられてゐる。通常 H/W は 0.03 以下波打数は 4 以下で波打の最大高さは 10mm を越えるものは稀である。

f. 酸化被膜 既に前に記述した如く酸化被膜は出来るだけ少く而かも密着してゐることを望むのであるが、これが試験方法は別に規定がない。外から觀察して判別の難易及び被膜の厚さをみるのである。

g. 顯微鏡寫眞 電氣鐵板の焼鈍効果、履歴損失の大小を比較するに大切なものであつて、最近の外國製優秀品では一つの結晶が 0.35 mm の鐵板の厚さをなしてゐるものさへある。第 14 圖はその一例である。圖はすべて 0.35 耗厚のもので、上より日鐵 T 級品、日鐵 Ts 級品、川崎 T 級品、Armco Trancor の順である。尙各試料の上は壓延方向に沿ふ断面、下はこれに直角な断面で倍率は 100 である。

第 14 圖



(日鐵 T 級品)



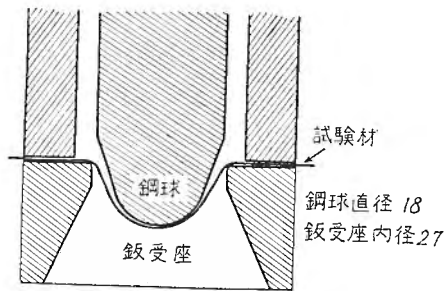
(日鐵 T S 級品)



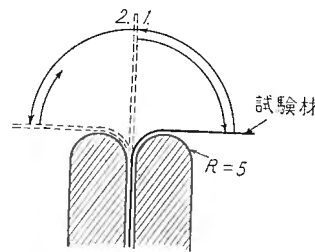
(川崎 T 級品)



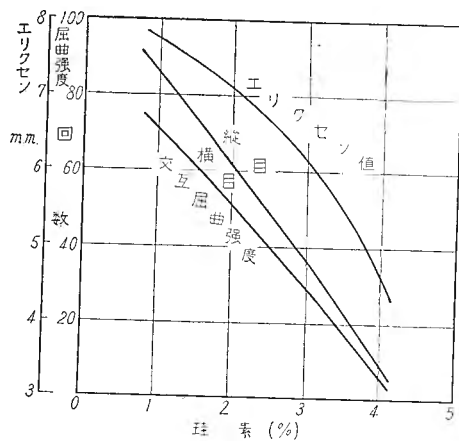
(Armco Trancor)



第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖

3. 機械的試験

a. 抗張力 試験片としては日本標準 1 号 6 号及び 7 号の試験片が考へられるが、それ等の採用は困難である。一般には $30 \times 250\text{mm}$ の試験片と標点距離 100mm で試験してある。静止電機では抗張力は殆ど問題とならぬが、高速度回転電機ではこれが相當な要素となる。

b. エリクセン値 第 15 圖の如きエリクセン試験器

を用ひて行ふが、これは電氣鐵板用双物の設計に参考資料を與へるものである。珪素含有量とエリクセン値の關係は第 17 圖の如きものである。

c. 折曲げ 第 16 圖の如き折曲試験器を用ふる。普通折曲げ半径は 5mm とされておるが、T 級品では 10mm の方がよいといふ向もある。珪素含有量と折曲げ強度の關係は第 17 圖の如きものである。

4. 化學的試験

a. 化學分析 電氣鐵板の含有元素とその性質の關係については既に述べた如くであるからこゝでは省略する。こゝに川崎重工業株式会社製鉄工場製電氣鐵板の規格による分析値を第 12 表に示す。

電氣鐵板使用に關する一、二の注意

電氣鐵板の使用に際して注意すべきことは多々あるが、その中で特に目立つもの二つをあげる。

1. 壓延方向に關すること

電氣鐵板の諸特性が試料をとる方向によつて異なることは古くから知られておる。壓延方向を基準としこの方向これに直角な方向及びこれと 45° の角度をなす方向に試料をとつた場合の諸特性を比較してみる。

先づ鐵損について上記三方向の試料の試験結果は Spooner 氏の發表するところによれば第 13 表の如きものである。

第 12 表

記 號	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
E — B	0.06 以下	1.0~1.4	0.01 以下	0.02 以下	0.02 以下	0.01 以下	0.01~0.15
E — C	"	2.0~2.5	"	"	"	"	0.12~0.18
E — D	"	"	"	"	"	"	0.15~0.22
E — T	"	"	"	"	"	"	0.20~0.30

第 13 表

方向 區分	並 行			直 角			45 度		
	渦流損	履歴損	全損失	渦流損	履歴損	全損失	渦流損	履歴損	全損失
Bm									
10,000	0.23	1.58	1.81	0.23	1.90	2.13	0.23	1.57	1.80
百分率 60~			100			118			99.5

第 14 表の如き百分率はあげたもの、又第 15 表の如き実験結果もある。

第 14 表

	並 行	直 角	45 度
B 10,000 百 分 率	100	112~115	103~107

第 15 表

B m	周 波 数	並 行 W/kg	直 角 W/kg	角直/並行 百 分 率
10,000	50~	1.19	1.48	124
15,000		2.72	3.57	131
10,000	60~	1.50	1.89	126
15,000		3.38	4.38	129

第 16 表

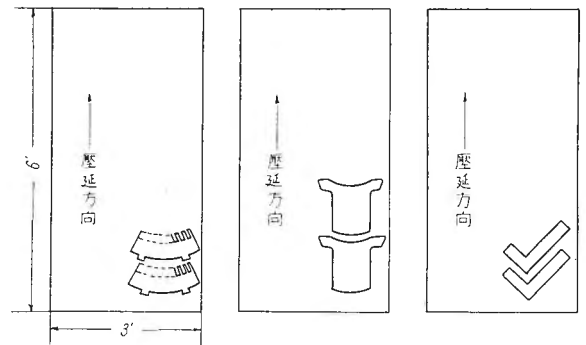
H	並 行 B	直 角 B	45 度 B
1	6,250	4,550	6,150
5	12,000	11,200	12,300
10	13,450	12,600	13,700
50	15,550	14,850	15,950
100	16,700	16,150	17,100
150	17,700	17,100	18,050

第 17 表

H	並 行 B	直 角 B	並行/直角%
50	15,870	14,940	106.2
100	16,940	16,160	104.8
150	17,690	17,040	103.7
200	18,200	17,680	102.9
300	18,920	18,670	101.3
400	19,440	19,340	100.5

次に磁化特性について三方向の試験結果を示せば、第 16 表の如きものである。尚ほ第 17 表の如き実験結果もある。

これ等より観察する時、電氣鐵板使用に際しては壓延方向に直角なる方向に磁束を形成することを極力避けなければならぬ。上記三方向だけの結果では 45 度の方向が最も優秀であるが、この方向に磁束を形成する如く使用することは色々面倒な場合があるが、壓延方向を利用することは容易な場合が多い。扇形固定子、磁極及び L 型の鐵心をとる場合の一例を第 18 圖に示す。

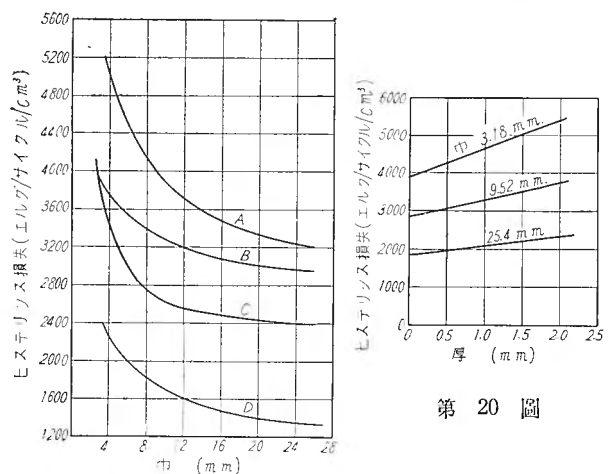


第 18 圖

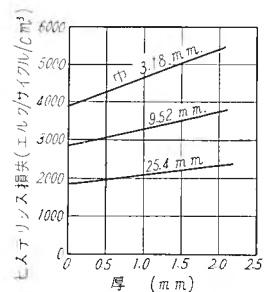
2. 焼鈍に關すること

電氣鐵板が歪をうけた場合にはその磁氣的性質は著しく低下する。焼鈍作業が電氣鐵板製造工程中の一重大工程となるのもその一因はこゝにある。電氣鐵板を購入してこれを使用するには必らず打拔、台切り、ノツチング等の作業を経なければならぬ。従つてこの時の機械的歪によつてその磁氣的性質は非常に低下する。これは主として履歴損失を増加し磁化特性を悪化するのであつてこれに關しては Guernsey, H. Cole 氏の實驗が有名である。(Electric Journal, Feb, 1924) これは珪素含有量 1%、2%、及び 4%、厚さ 0.01 耗 0.36, 0.44, 0.63, 0.80, 1.60 及び 2.0mm の電氣鐵板にて、大板よりその平均直径と巾の比が約 6 になる如く巾が 25.4~3.18 mm に至る色々のものを打抜いた環狀試片について、打拔作業による磁氣的性質の悪化をしらべたものである。

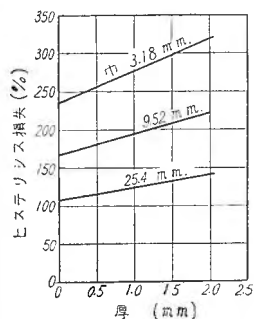
先づ鐵損の方について述べると、試片の巾と履歴損失の關係及び電氣鐵板の厚さと履歴損失の關係を曲線にて示せば第 19 圖及び第 20 圖の如きもので、上記の結果



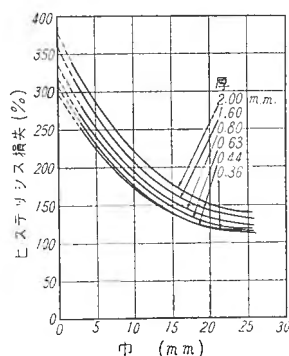
第 19 圖



第 20 圖



第 21 圖



第 22 圖

から各試料について打抜の影響のない時の履歴損失を近似的に見出し、これによつて電気鉄板の厚さと打抜の影

第 18 圖

珪含有量 %	厚さ		幅		ヒステリシス 損失 エールグ/ヘ/cm ²	導磁率
	mm	in	mm	in		
1.	0.44	0.017	3.18	0.125	5,280	940
			4.75	0.187	4,790	1,050
			6.35	0.250	3,740	1,880
			9.52	0.375	4,190	1,270
			12.7	0.500	3,645	1,740
			19.0	0.750	3,480	2,030
			25.4	1.000	3,110	2,890
2.A	0.36	0.014	3.18	0.125	3,910	704
			4.75	0.187	2,860	1,250
			6.35	0.250	2,510	1,540
			9.52	0.375	2,755	1,410
			12.7	0.500	2,620	2,090
			19.0	0.750	2,430	2,580
			15.4	1.000	2,435	2,550
2.B	2.00	0.078	3.18	0.125	5,540	425
			9.52	0.375	3,860	793
			25.4	1.000	2,405	1,970
2.B	1.60	0.062	3.18	0.125	4,950	502
			9.52	0.375	3,535	847
			25.4	1.000	2,260	2,380
2.B	0.80	0.031	3.18	0.125	4,370	565
			9.52	0.375	3,255	877
			25.4	1.000	2,005	3,300
2.B	0.63	0.025	3.18	0.125	4,780	588
			9.52	0.375	3,340	926
			25.4	1.000	2,060	3,230
2.B	0.44	0.017	3.18	0.125	4,230	670
			9.52	0.375	2,880	1,134
			25.4	1.000	1,992	3,280
4.	0.01	0.004	3.18	0.125	3,851	1,350
			9.52	0.375	3,030	2,910
			25.4	1.000	2,960	3,100
4.	0.36	0.014	3.18	0.125	2,590	727
			4.75	0.187	2,020	1,160
			6.35	0.250	1,830	1,260
			9.52	0.375	1,653	1,740
			12.7	0.500	1,878	2,350
			19.0	0.750	1,355	2,610
			25.4	1.000	1,395	2,780

響のない場合の履歴損失に対する履歴損失の百分率との関係及び試片の巾と上記百分率との関係を曲線にて示せば第 21 圖及び第 22 圖の如きものである。Guernsey 氏は打抜による履歴損失の増加の百分率は、35 を試片の巾で除したるもの、又は 14 を巾で除したるもので與へられ、且つこの増加は鉄板の厚さに比例するが、その珪素含有量には無関係であると述べてある。次に導磁率の低下については、同じく Guernsey 氏の第 18 表に示す實驗結果で明白にみることが出来る。即ち打抜の巾の小さいほどその低下は甚しい。又この導磁率の低下は H の小なる所程大きいことに關しては色々の人の實驗がある。

上述の如き悪影響を改善するためにはこの作業後に電気鉄板の焼鈍を行ふのが至當である。焼鈍は通常 700~900°C の範圍に於て行はれるが、この際酸化に對しては完全なる注意が必要である。多くの場合砂又は水による外氣との絶縁が採用されておる。

先づ鐵損について焼鈍による改善をみる。エプスタイン標準試料及び縦目、横目試料について行つた試驗結果を示せば 19 表の如きものである。これによつてみると

第 19 表

周波數	試料	Bm	焼鈍前	焼鈍後	改善率%
50~	# 1	10,000	1.37	1.20	12.4
	"	15,000	3.16	2.95	6.6
	# 2	10,000	1.37	1.22	10.9
	"	15,000	3.13	2.97	5.1
	横目	10,000	1.48	1.32	10.8
	"	15,000	3.57	3.27	8.4
	縦目	10,000	1.19	1.10	7.5
	"	15,000	2.72	2.65	2.5
	# 1	10,000	1.70	1.50	11.7
	"	15,000	3.84	3.60	6.2
60~	# 2	10,000	1.67	1.50	10.1
	"	15,000	3.81	3.51	7.8
	横目	10,000	1.89	1.63	13.7
	"	15,000	4.38	3.85	12.1
	縦目	10,000	1.50	1.37	8.6
	"	15,000	3.38	3.23	4.4

焼鈍により鐵損は大いに改善される。その程度は磁束密度の小さい所で著しく、且つ壓延方向に對するより壓延方向に直角な方向に對して大である。従つて焼鈍後の兩方向に對する鐵損の相違は、焼鈍前のそれに比して小さ

いものである。第 15 表と比較のため第 20 表をかかげて見る。

第 20 表

Bm	周波数	並行 (W/kg)	直角 (W/kg)	直角/並行 (%)
10,000	50~	1.10	1.32	120
15,000		2.65	3.27	123
10,000	60~	1.37	1.63	118
15,000		3.23	3.85	119

かくの如く鉄損は焼鈍によりその機械加工による悪影響を除去することが出来る。或場合には機械加工による悪影響を除去するとゞまらず、進んで他の部分の品質を改善して鉄損の著しい減少を來すことがある。次に磁化特性については焼鈍による改善をみる。焼鈍による B. 6000, 10,000 及び 16,000 に於ける導磁率の改善を壓延方向、これと直角な方向及び壓延方向と 45° の方向のエプスタイン標準試料について實驗した結果は第 21 表の如きものである。尚ほ高磁束密度に對しては第 22 表の如き試驗結果がある。

第 21 表

導磁率 方向	B 6,000			B 10,000			B 16,000		
	並行	直角	45 度	並行	直角	45 度	並行	直角	45 度
改善百分率	30.2	30.1	25.8	59.1	46.8	47.5	-3.6	1.1	-16.3

第 22 表

試料	磁化力	焼鈍前 B	焼鈍後 B	特性改善 (%)
# 1	50	15,540	15,650	0.70
	100	16,700	16,800	0.59
	200	18,100	18,100	0.
	300	18,960	18,890	-0.36
	400	19,530	19,500	-0.15
# 2	50	15,180	15,320	0.92
	100	16,370	16,410	0.24
	200	17,750	17,780	0.16
	300	18,610	18,620	0.05
	400	19,230	19,230	0.

これより焼鈍による磁化特性の改善は磁束密度 15,000 以上では殆どなく、H の小さい所に於て甚だしいことを知る。これは打抜作業に於て磁化特性の低下が H の小なる所に於て甚しいことと關聯しておるのである。しかし機械的歪による磁化特性悪化の焼鈍による回復は鉄損のそれほど完全は行はれず、かなり完全と現在考へられてゐる焼鈍作業後にもやはり可なりその影響が残つてゐるものである。

以上述べたる如く電氣鐵板の加工作業によりその磁氣的性質が害せられるので、使用に際してはこれを考へ適當なる焼鈍作業を施すべきものである。

結 言

以上電氣鐵板について極く一般的な記述をしたがすでに記した如く現在八萬噸に餘る國內需要を全部國産品を以て満してゐることは我國電氣事業界の偉大なる強みであり誇りである。

しかし前に一言した如く最近外國に於て一時その進歩が中絶したかの如くみえた電氣鐵板の品質が一飛躍をなし 0.35 耗厚さのもので 50~ B 10000 の鉄損 1 ヲット/

胚以下のものが出現して來た。これは外國に於ける斯界の絶えざる研究が實を結んで來たのである。残念なことには我國ではかゝる優秀品の産出に成功しておらぬ。これは我國に於ては電氣鐵板を普通一般の構成用鋼板同様に考へ、これが品質についての改良研究が割合に等閑に附せられた結果であると思はれる。

これに關しておくれればせ乍ら昭和 14 年 5 月に電氣學會電氣機器用材料調査委員會第三特別委員會が組織され電氣鐵板製造業者、電氣機器製造業者及び磁氣材料研究の權威者が集り外國製電氣鐵板の品質を詳細に研究しこれと同等或はそれ以上のものを如何にして得るかについて目下鋭意研究中である。筆者も該委員會の末席をけがしてゐるが諸賢の力強い御協力御指導を得て上記目的の達成が一日も早く實現するであらうことを祈つてゐる。

船舶用厨房器具類に就て

名古屋製作所 奈川 康二

輒近に於ける船舶用厨房器具類の發展は外國品の輸入制限令にて國産品が目覺ましく躍進し現在では外國品を凌駕して居る。當所にて最近日本郵船株式會社の優秀船に納入したる最新型厨房用調理器類の概要を述べる。

220 V 22 KW 船舶用電氣烹炊器

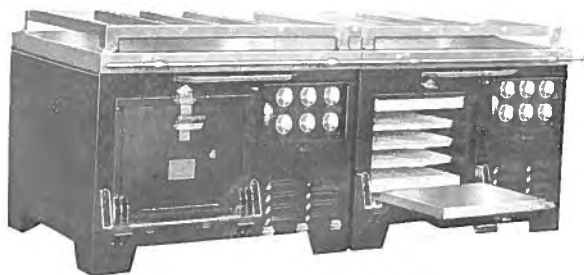
此種船舶用電氣烹炊器熱板に「アルミヒーター」を使用した事は我國に於ては最初なり。熱板は鑄鐵にして徑6 耗長さ710耗の引抜き鋼管を鑄込み、其の「パイプ」に「アルミヒーター」を挿入し熱板一枚の容量は4 KW



第 1 圖 44 kW 電氣烹炊器用熱板

にして熱板四枚にて一組として裝備してある。中央の焙燒器は上下3 KWの電熱を裝置し自動溫度調節器により焙燒室内の溫度調節を行ふよう裝置してある。

外國某一流會社製 22 KW 電氣烹炊器と容量比較試験を行ふ。實際使用狀態に於ける接續にて各熱板の溫度一



第 2 圖 22 kW 船舶用電氣烹炊器

定となる迄通電し各熱板の溫度を測定せしに溫度上昇は當社製電氣烹炊器が、外國製電氣烹炊器に比較して約100℃ 高く好成績を得たり。上記試験終了後直ちに1,500V 高流電壓を總ての電氣回路間及各回路と大地との間に1分間加えたるに異狀なし。

次に外國製電氣烹炊器と能力比較試験を行ふ。

湯 沸 試 験

適當なる湯沸器に一定量の水を入れ沸騰する迄の水温測定、

外國製は9分にて沸騰せるに對して當社製は6分にて沸騰す。

鳥のロースト焙燒器室内にて行ふ。自動溫度調節器を使用し焼き始めより出來上り迄の時間測定

外國製30分にて出來上りたるに對して當社製は26分にて出來上りたり。

魚蒸焼、魚フライ熱板と焙燒室とを使用し焼き始めより出來上り迄の時間測定

外國製は11分にて出來上りたるに對して當社製は7分にて出來上りたり。

ビフテキ熱板の最高溫度450℃にて焼き始めより出來上り迄の時間測定

外國製3分10秒にて出來上りたるに對し當社製は2分10秒にて出來上りたり。

オムレツ熱板の低溫度の試験・焼き始めより出來上り迄の時間測定

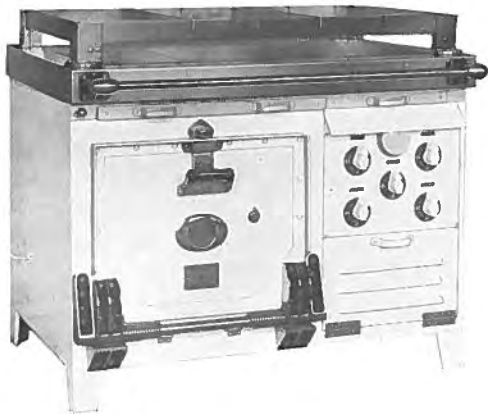
外國製は28秒にて出來上りたるに對し當社製は20秒にて出來上りたり。

以上の能力試験を行ひたるに當社製電氣烹炊器は優秀の成績を得たり。

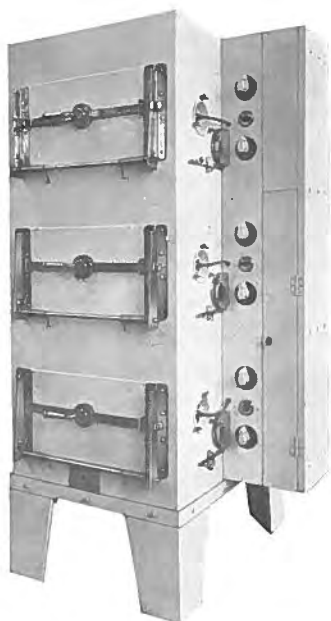
220 V 11 KW 電気炊炊器

本機は 22 KW と型は同一であるが容量少なる故に熱板は「スペースヒーター」を使用してある。焙焼器は同一である。設置場所が船の「グリル」に使用なすにより特に塗装を美麗にした。

従来電熱用には白色塗料は熱に弱きため使用不可能であつたが、種々研究の結果耐熱白色塗料に成功し全面耐熱白色塗料で塗装してある。



第 3 圖 11kW 電気炊炊器



第 4 圖 7.5 kW 電気菓子パン焼器

220 V 18 KW バン及菓子焼釜

本機は大きに於て當社最初の製品なり。横 1573 耗、立 1945 耗、奥行 1950 耗、重量 1620 斤なり。

機体は仕上鋼板に裏張りして保温に「グラス」綿を使用してあるために温度が一定を保ち短時間にて多量の品物を焼き上げる事が出来る。三つの爐を有し各爐には温度計を取付け爐内部温度は 200 °C にして高、中、低の三段に温度調節し得る。扉を開いた場合は内部に「パイロットランプ」並に信號灯が灯く様になつて居る。

電熱は各爐の上下に取付て發熱線は耐熱碍子に「スパイラル」に捲付けてある下部電熱の上に耐熱度 800 °C の耐火煉瓦を並べてある。

塗装は 11 KW 電気炊炊器と同一耐熱白色塗料にて仕上げてある。



第 5 圖 18 kW 電気菓子パン焼器

220 V 5 KW バン及菓子焼釜

本機は 18 KW 焼釜と全く構造同一にして唯だ型が少なり。

220 V 7.2 KW 電気揚物器

本機は「ステンレス」板を用ひてあるから絶対にさびぬ。電熱は「アルミヒーター」を装備してあるから熱を油に直接傳へるにより電熱を非常に經濟に利用出来る。油の温度は 13 分にて 210 度に上昇す。



第 6 図 7.2kW フライ揚器

220 V 750 W ロールウオーマー (保温器)

本機は料理を保温する器にして、引出し上下に「スペースヒーター」を挿入し内部温度 50 °C 迄保ち、自動温度調節器により引出し内部の温度調節を行ふ装置になつて居る。

塗装は全面耐熱白色塗料で仕上げてある。

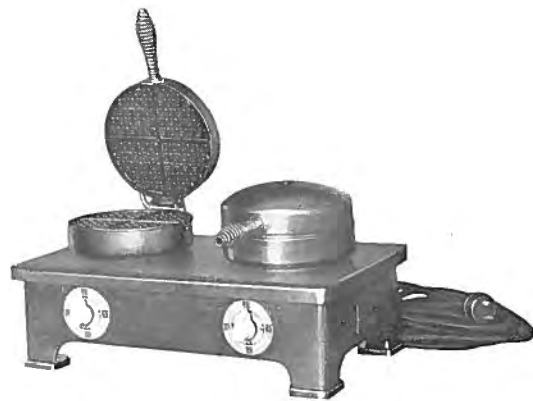


第 7 図 750 W ロール ウオーマー

220 V 2.8 kW ワツフルアイロン

本機は「ステンレス」板を用ひてあるから絶対にさびぬ。電熱は上下に發熱線を「スパイラル」に捲き輕金屬製機体に挿備してある故取扱ひ易く二個同時に使用し得る。

熱板温度は 350 °C にして洋菓子「ワツフル」製造に使用する。



第 8 図 2.8kW ワツフル アイロン

220 V 3 kW D 型 ホットプレート

本機は 6 kW D 型ホットプレートと全く構造同一にして唯型が少なり。



第 9 図 3kW ホット プレート

220 V 6 kW D 型グリッドル

機体は仕上鋼板に裏張りして保温に「グラス」綿を使用し熱板下面に發熱線を「スパイラル」に捲き挿備してある。



第 10 図 6kW グリッドル

熱板温度は 340°C にして高、中、低三段に温度調節し得る。菓子製造に使用する。

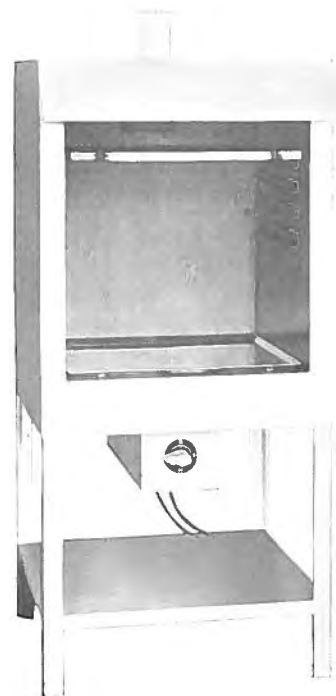
塗装は全面耐熱白色塗料で仕上げてある。

220 V 7 kW D 型サラマンダー

本機は仕上鋼板に裏張りして保温に「グラス」綿を使用し、機体上部内面に発熱線を「スパイラル」に巻き耐熱碍子にて絶縁せる枠を挿備してある。棚の上に料理を皿に入れて置き電熱により其の料理に色を付ける。温度は高中、低の三段に調節し得る。

発熱体温度は「オプテカルパイロメーター」にて約 850°C なり。

塗料は全面耐熱白色塗料で仕上げてある。其の他船舶厨房用調理機械各種に亘り製作中に付何れ後日御紹介する。



第 11 圖 4 kW サラマンダー

昭和 15 年 3 月 15 日 印 刷
昭和 15 年 3 月 17 日 内務省納本
昭和 15 年 3 月 20 日 發 行

〔本誌代價〕 壹部=付 金 貳 拾 錢
(郵 稅 不 要)

編輯兼
發行者

印刷者

印刷所

發行所

神戸市兵庫區和田崎町 三菱電機株式會社神戸製作所内
稻 垣 健 三

大阪市東區北久太郎町一丁目一六
久 保 專 治

大阪市東區北久太郎町一丁目一六
サ ン 製 版 印 刷 所

神戸市兵庫區和田崎町三丁目
三菱電機株式會社 神 戸 製 作 所