

# 鐵 と 鋼 第十一年 第三號

大正十四年三月二十五日發行

## 論 說

### 電解鐵薄板の一新製法

(大正十三年十月二十九日講演筆記)

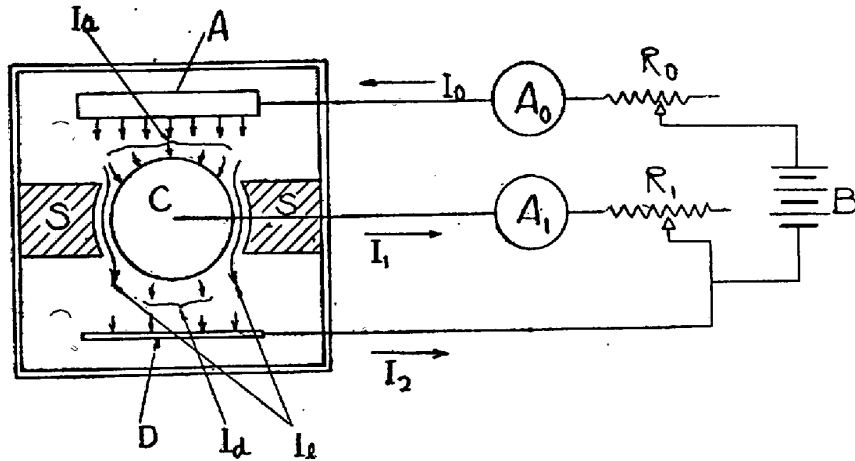
八 田 四 郎 次

電解鐵は普通水素を含みて其の性質硬くして脆く而して水素の量大なる程一層脆し之を熱すれば水素を發散すると共に著しく柔軟となる又普通の鐵及鋼も之を酸に浸すか又は之を陰極として電解せば水素を發生すると共に脆くなり之を試験すれば水素を含み居るを知るべし、之等の事實は明に鐵中に含まるゝ水素と其の鐵の機械的性質との間に直接若しくは間接に密接なる關係あるを示すものと解して差支なかるべし、予は此の事實より推して若し電解鐵も何等かの方法によりて水素を含まざる様に製するを得ば脆からずして柔軟なるべしと考へ斯かるものを製せんと工夫したり蓋し一には普通の電解による直接製管及製板法に於ては生成せる鐵管及鐵板の脆性の爲に之を破損折裂せず陰極より離脱するに特種の工夫と注意とを要すれども若し所期の如くんば全く此の困難を免かるべく、又一には普通の電解鐵の如き脆きものはその極めて薄きものは到底折裂なしに剝離する事能はざれども若し柔軟なる電解鐵を得ば原形のまゝ剝離し得て鐵薄板の製法として適當なるべければなり。

電流密度を小にする事及電解溫度を高くする事が電解鐵中の水素含有量を小ならしむるに有效なるは公知の事實なれども何れも未だ充分とは云ふ可からず、予は此等の方法とは全く異にして電解鐵中の水素の除去を陽極的複極作用によらしめんとし之を實施するに次の如き特種の裝置を工夫したり。第一圖は原理を示せるものにて電槽内に普通の陽極Aと回轉性圓壙形陰極C(主陰極と名づく)との外に別に一の補助陰極DをAと反對の位置に配置す、電流は電源Bより來りてAより電槽に入り其の大部分(析出電流と名く)はCのAに對する側より之に入り此處にて分岐して一は直接槽外に出で殘部はCのDに對する側より再び電解液に入り(之を復極電流と名く)Dを経て槽外に出で先にCにて分れたる電流と合して電源に還る様連結せり、尙斯かる裝置にてはAより溶液を経て直接Dに流るる漏洩電流も或程度まで免れざるべく之を可成的少なからしむる爲に絶縁物製隔壁Sを槽中に圖の如く取付けたり、Aより入るを全電流、Cより出づるを有效電流、Dより出づるを補助電流と名くべし、 $A_1$ 、 $A_2$

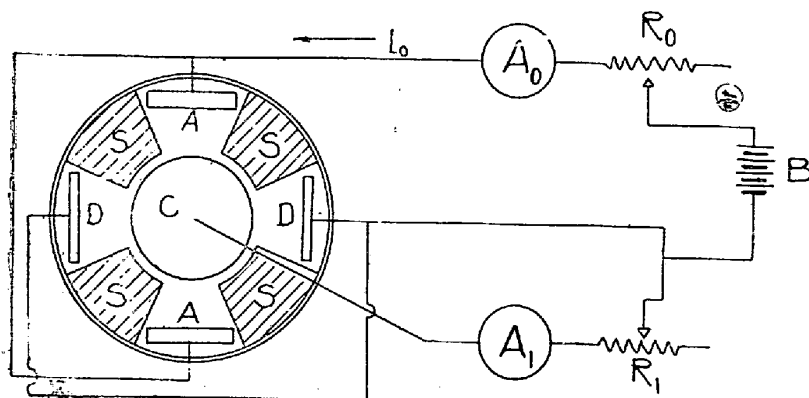
は電流計、 $R_0$ 、 $R_1$  は抵抗にして之によりて各電流を調節す。

第一圖



今鐵鹽溶液を電解液としCを回轉し乍ら電解せばCのAに對する側は陰極として作用して此處には析出電流に相當して電解鐵を析出し此の電解鐵は勿論此のまゝにては普通のものと同様にて水素を含めども同時に同じCのDに對する側は陽極として作用して此處にては複極電流に相當して電解鐵の一部が溶くと共に陽極的複極作用によりて能く含有水素を酸化除去する事を得べし、故にCの回轉に連れて其の各部は電解鐵の析出と陽極的複極作用による水素の除去とを交互に受けて結局適當なる條件の下に於ては主陰極上に析出したる電解鐵は水素を含有せざるべし、又同じ原理によりて第二圖の如きものも用ひ得べし之れ單一なる主陰極の周圍に  $2n$  個 (圖にては  $n=2$ ) の隔壁を設け  $n$  個の陽極と  $n$  個の補助陰極とを交互に配置して一回轉毎に電流の交代が  $n$  サイクルするものなり。

第二圖

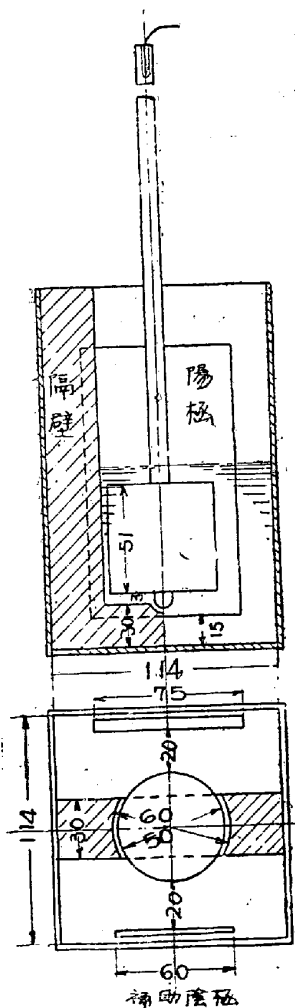


次に電流と析出鐵量との關係を見るに全電流を  $I_0$ 、有效電流を  $I_1$ 、補助電流を  $I_2$  とすれば、勿論  $I_0 = I_1 + I_2$  なり、而して主陰極上の析出鐵に有效なるは  $I_1$  のみ即ち全電流に比して  $\frac{I_1}{I_1 + I_2}$  丈なり然れども殘部の  $I_2$  即ち全電流の  $\frac{I_2}{I_1 + I_2}$  も補助陰極上に普通の電解鐵を析出するが故に普通の電解鐵製造を併

せて操作するものと考ふれば決して無意味なる電流損失とはならざるなり。如此装置を用ひて果して柔軟なる電解鐵を得るや否やを確むる爲先づ豫備試験をなして或る條件の下に於ては確に軟く且つ強き電解鐵の薄板を得て折裂ぜず完全に剝離し得べく以て鐵薄板の製法としては甚だ適當なるべきを認めたり然れども之を稍厚く析出すれば表面次第に粗雑となり、又期待したる程に柔軟ならず、尙相當に硬く且つ脆くして普通の電解的製管及製板法に比して著しく優れりとも認められず是を以て予は専ら鐵薄板の製造を目的として該装置の性質を研究したり、斯くて鐵薄板の製造を目的としたれば其の成績の良否は其の柔さ脆さにより即ち陰極嚙より剝離するの難易によりて判定し、次の三種に區別せり。

良 柔く且つ強くして容易に完全に剝離し得るもの。未可 稍脆くして完全に剝離するに特別の注意を要するもの。不良 極めて脆くして到底完全に剝離する事能はざるもの。

第三圖



此の比較判定に當りては厚さを一定するの要あり今有効電流 $I_1$ と析出鐵板の厚さとの關係を求むれば次の如し。

$$1.042 I_1 \eta T = 100 A t \rho \therefore t = 0.00132 \frac{I_1 \eta T}{A} \text{ 種} = 0.52 \frac{I_1 \eta T}{A} \text{ ミル}$$

茲に 1.042 は第一鐵の電氣化學當量、 $T$  は電解時間、 $A$  は主陰極の表面積平方粉、 $\eta$  は電流效率、而して  $\rho$  は鐵の比重にして 7.86 を採れり本試験に於ては

$$\frac{I_1 T}{A} = 2.5 \text{ アンペール時每平方粉} \quad t = 1.3 \eta \text{ ミル}$$

と一定に保てり  $\eta$  は鐵電解に於ては少くとも 0.9 以上にして凡そ一定と見做して差支なきなり。析出鐵板の判定には此の外表面の滑粗粒の大小色合等をも参考せり、鐵の純度は勿論判定上重要なれども本装置のために特に影響ありとも思はれず又鐵中の水素の含有量は數個の測定の結果凡て機械的の柔さ脆さに相應し居るを知りしを以て一々之を測定せざりき、以下秩序的に諸條件に就きて考究せんに茲に考察すべき諸項を擧ぐれば(一)電解溶液(二)電解溫度(三)電流(四)回轉速度の四つとなるべし。先づ電解溶液に就て考究したり、最初の豫備試験に際して同一の装置もて同様の條件にて繰返したる實驗の結果の著しき變化あるを認めしにより先づ此の原因を追究して茲に溶液の酸度が析出鐵の性質に及ぼす影響の大にして而も操作

中酸度は次第に減少するによりて時々補給するの要あるを知りたるを以て第一に此の點につき研究を進めたり。

實驗は未知の條件を可成的一様ならしむる爲め凡て同一の装置を用ふ、電解槽は第三圖に詳なり、主陰極は直徑 5.0 種、長さ 5.1 種、表面積 0.80 平方粉なり、隨て  $\frac{I_1 T}{A} = 2.5$  と定められたれば此の装置を

用ふ限り  $I_1 T = 2$  アンペール時なり電解液として鹽化第一鐵 ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 450 瓦、食鹽 140 瓦を溶液 1 立に溶かしたるを用ひ溫度 70 度にて實驗し電解の前に計算量の規定鹽酸を加へ電解後には溶液の試料を採りて酸度を定量せり、多くの實驗の結果を總括すれば電解後の酸度は常に電解前のそれより小にして即ち酸度は操作中次第に減少する事確實にして酸度を一定に保つには少量宛の酸を補給するの要あり、而して良好なる結果を得るには酸度 0.005—0.03 規定位を適度とし 0.005 規定以下にては普通の電解鐵に似たる硬きものとなりて剝離に際して折裂するを免かれず、又 0.03 規定以上となれば析出鐵の一部は酸のために再び溶けて電流効率を下ぐるのみならず面は粗となるの傾向あり操作中酸の減少は主として電極の鐵に作用するが爲にして隨て其の遲速は陽極たる鐵の種類性質、各電極の表面積及び溫度等によりて異なるべきも本實驗に於ては凡そ 1—2 時間毎に 0.005—0.01 規定に相當する位の酸を加へて凡そ所要の酸度を保持し得て比較的均一の結果を得るに至れり。

次に電解液として鹽化鹽溶液を使用したる場合を研究したり即ち溫度 70 度、全電流 4.0 アンペール有效電流 2.0 アンペール回轉毎分 900 に保ち電解液には純粹なる鹽化第一鐵を用ひ其の濃度が析出鐵に及ぼす影響を試験したり、其の結果を略言すれば一規定以下の如き甚だ薄きものを除き二規定以上 8.9 規定の如き極めて濃きものまで凡て良好なる結果を得るなり又電流密度を半減すれば更に薄き液も使用し得らる、然れども鐵鹽のみにては電氣傳導度小にして大なる電壓を要す之れに食鹽を加ふれば全電壓 (陽極と補助陰極間の電壓) 2.0—2.5 ヴォルトの如き比較的lowきものとなり、而も析出鐵の性質は少しも劣らず寧ろ却て柔軟強靱なるが如く且つ液も比較的安定となりて操作上便利なり恐らく鹽化カリ、鹽化カルシウム等も同様の効果あるべきを信ず。

更に硫酸鐵溶液につき研究したり普通の電解鐵には鹽化鐵硫酸鐵共に使用し得らるるが故に此の場合に於ても恐らく同様なるべしと考へしに實際試験するに當りて著しき相違あるを認めたり、即ち中性乃至 0.04 規定以下の酸度にては或は良好なる結果を得る事あるも或は普通の電解鐵の如く硬くなり或は硬からざれども折れ易く彈性なくして完全に剝離する事能はざる等結果全く一定せず 0.05 規定以上に於て初めてよく不變に柔軟なる良好なるものを得たり、然れども如此濃厚なる酸度は鐵電解の溶液としては極めて不安定にして酸度の減少迅速にて絶えず酸を追加するの要あり電流効率も亦小なるを免れず、以上電解溶液試験の結果を考察して以後の實驗には凡て鹽化第一鐵 4.6 規定、食鹽 2.3 規定なる電解液を使用し 1—2 時間毎に 0.005—0.01 規定丈の鹽酸を追加する事としたり。

次に(二)の電解溫度に付き考究したり通常電解鐵に於ても電解溫度を高むれば非可逆的反應抵抗を減じて陰極電壓を下ぐるが故に鐵中の水素含有量を少くする事を得、本裝置に於ても溫度高き方有效なるべきは略々想像し得べきも其の程度を實驗によりて決定せんとするなり、實驗の結果 30 度 45 度等にては本裝置を使ふとも電解鐵は全く脆さを減ぜず 55 度に於ては稍軟となるも尙不充分なり。

而して 70 度以上に於ては常に良好なる結果を得たり故に以後は凡て電解溫度は 70 と定めたり、次に(三)の電流に就て考究すべし普通の電解に於ては單に電流密度を指定するのみにて充分なれども本裝

置にては然く簡單ならず電槽内に於ける電流分布は稍複雑にして第一圖中矢にて示すが如し。先づ電流密度を考ふるに主陰極の半徑を  $r$ 、長さを  $l$  とし電流密度を  $i$  アンペアとすれば第四圖の曲線を得べし横軸は圓周にて陰極部の中央を基點とし縦軸は電流密度と主陰極の長さとの積  $il$  にて主陰極が陰極たるを以て正號とす今析出電流を  $I_a$ 、複極電流を  $I_d$ 、有效電流を  $I_1$  とすれば此の曲線の性質より明に次の式を得べし。

$$I_a = \int_0^h il dx + \int_{h+2v}^{2\pi r} il dx \dots\dots\dots (1)$$

$$I_d = - \int_h^{h+2v} il dx \dots\dots\dots (2)$$

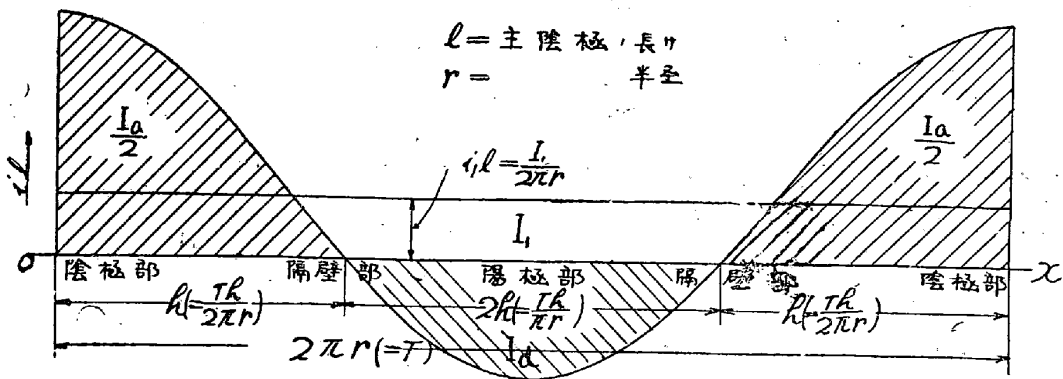
$$I_1 = I_a - I_d = \int_0^{2\pi r} il dx \dots\dots\dots (3)$$

此の如くなるを以て電流密度を表はすには有效電流  $I_1$  が主陰極の全表面に均一に分布せられ居ると見做したる平均値を以て有效電流平均密度  $i_1$  となし他の電流は有效電流との比を以て表はしたり此の有効電流平均密度が單位時間内に主陰極上に得らるべき電解鐵量を定むる要素なればなり然らば

$$i_1 = \frac{I_1}{2\pi r l} = \frac{1}{2\pi r} \int_0^{2\pi r} il dx \dots\dots\dots (4)$$

となりて之を第四圖に記入すれば主陰極の周圍の或る部分には之に數倍する密度の存在するを知るべし、此の圖は主陰極の周圍の電流分布の状態を示すものなれども又同時に主陰極の回轉に連れ其の表面の各部に此の圖に示されたる形の電流の出入するを示すものなり、今回轉の周期を  $T$  とすれば  $x = \frac{2\pi r}{T} t$  なるを以て(1)(2)(3)(4)の式は夫にて次の如くなるべし。

第四圖



$$I_a = \frac{2\pi r l}{T} \left( \int_0^{\frac{hT}{2\pi r}} idt + \int_{\frac{(h+2k)T}{2\pi r}}^T idt \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$I_d = \frac{2\pi r l}{T} \int_{\frac{hT}{2\pi r}}^{\frac{(h+2k)T}{2\pi r}} idt \dots\dots\dots (2)$$

$$I_1 = \frac{2\pi r l}{T} \int_0^T i dt \dots\dots\dots (3')$$

$$i_1 = \frac{1}{T} \int_0^T i dt \dots\dots\dots (4')$$

上記の式は極めて平凡なるものにして一見殊更こゝに記するを要せざるが如きも特に論ぜし所以のものは外ならず、即ち主陰極の表面のみを考ふれば直流には非ずして一種の交流の流れ居るなり勿論其の交流は一方向が逆方向より大なるものなれども交流たるには相違なし而して普通交流のアンペールを表はすには

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \dots\dots\dots (5')$$

を以てす即ち電流の自乗を積分したるものの自乗根を以て表はす上記の式に於ては之と全く異なりて電流其のまゝを積分したる値を以て表はされ居るものにして此の點が特に注意すべければなり。如此にして主陰極上の析出鐵に直接關係あるものは析出電流  $I_a$ 、複效電流  $I_1$ 、複極電流  $I_d$  の三者にして全電流  $I_0$ 、漏洩電流  $I_l$ 、補助電流  $I_2$  は直接關係なし、若し直接關係ある  $I_a$ 、 $I_1$ 、 $I_d$  を簡単に測定するを得ば好都合なるべきも此の中  $I_a$ 、 $I_d$  は之を測定する事容易ならず然れども

$$I_a = I_0 - I_l, \quad I_d = I_2 - I_l = I_0 - I_1 - I_l$$

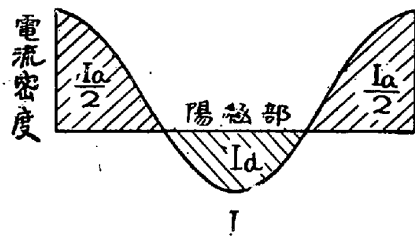
にして式中の  $I_l$  は同一の装置に於ては著しき變化なかるべく又主陰極と隔壁との間隙を極めて小にすれば甚だ小となす事を得て凡そ  $I_0$ 、 $I_2$  を以て夫れ夫れ  $I_a$ 、 $I_d$  と見做す事を得べし故に本研究に於ては同一の装置を用ふる限り簡單のため本來  $I_a$ 、 $I_1$ 、 $I_d$  につき研究すべき所に  $I_0$ 、 $I_1$ 、 $I_2$  を以てしたり嚴密に云へば  $I_1$  による補正をなすべきなり、斯くて電流に就ては次の三點につき試験したり。

先づ有效電流  $I_1$  を一定にして全電流  $I_0$  を變ふる場合なり、有效電流平均密度を 2.5 アンペールに保ち全電流を種々に換へて試験したる結果を總合すれば全電流が有效電流の 1.5 倍以下にては充分軟なる電解鐵は得られず二倍以上なれば良好なり、全電流大なる程析出鐵は其の面粗に又彈性少くして一度受けたる歪を保持し易くなるを認めたり、有效電流密度を 1.25 アンペールとなしたる時の結果も同様にて全電流を其の二倍以上とすべきを知りたり。次に全電流と有效電流との比を一定にして電流密度を變ふる場合なり、全電流を有效電流の二倍に保ち電流密度を種々變へたる結果を見れば何れも大差なく良好なり但し有效電流密度 6 アンペールの如く大となれば面は著しく粗となる又電流密度大なる程電壓の高くなるは勿論なり。

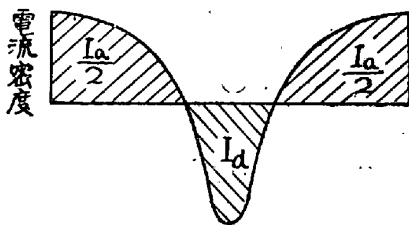
次に陰極上の陰極部との割合の影響を試験したり、以上の實驗は凡て第三圖に示せる同一の装置を用ひ隔壁は主陰極の左右一直線上に相對せり、第五圖 (I) は略々之れと同様にして圖に於て a と d とが相等しきが故に陰局部と陽極部との比は凡そ一對一にて主陰極周圍の電流分布は第六圖 (I) の如くなるべし、今若し第五圖 (II) 及 (III) の如く隔壁の位置を變じて陰極部と陽極部との比を變ふれば

假令全電流及有效電流の値を一定するとともに電流分布の狀況は變化して夫々第六圖(II)及(III)の如くなるべし、即ち析出電流及複極電流の密度及持續時間に影響するが故に結局析出鐵の性質に影響なきを保すべからず、此の考を以て第五圖の裝置に於て隔壁を動かして a, d の割合を種々に變じし析出鐵の性質を検したり其の結果は何れも著しき變化を認めず全電流と有效電流との割合を一定に保ちさへすれば凡て良好なる結果を得たり、勿論 a 又は d が甚しく小なる時は其の部分の電流密度著しく大となりて電壓爲に高くなるを認む。

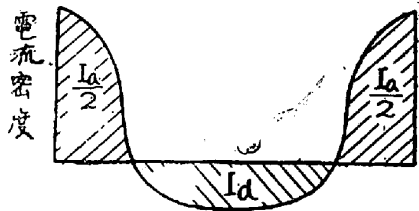
第六圖



I

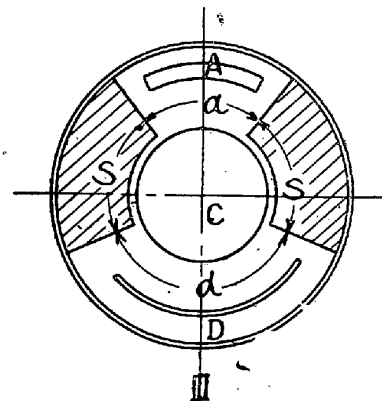
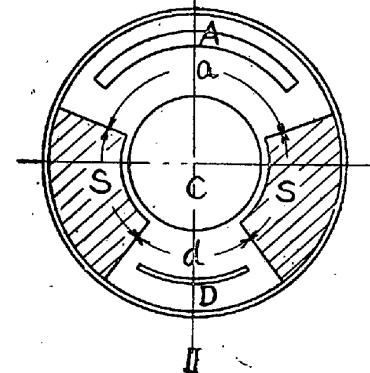
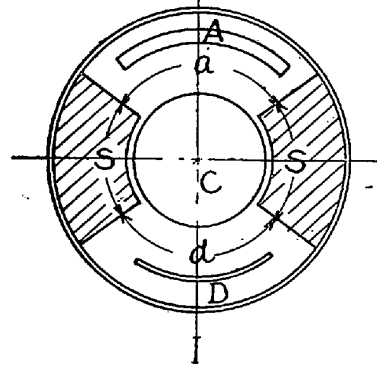


II



III

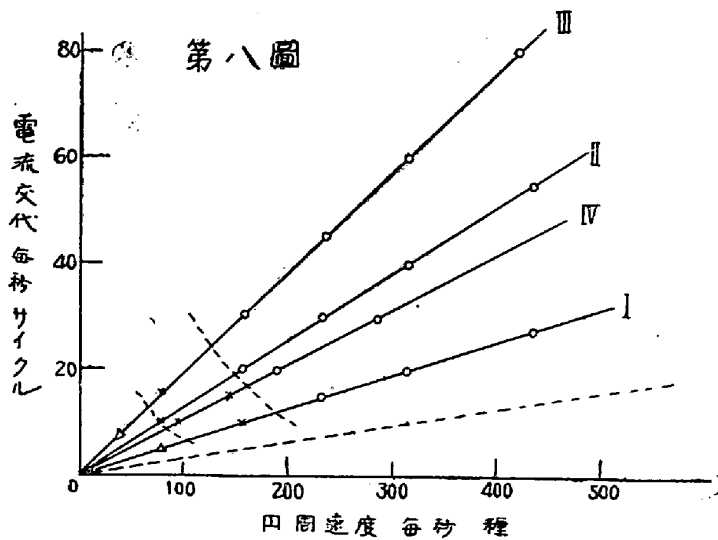
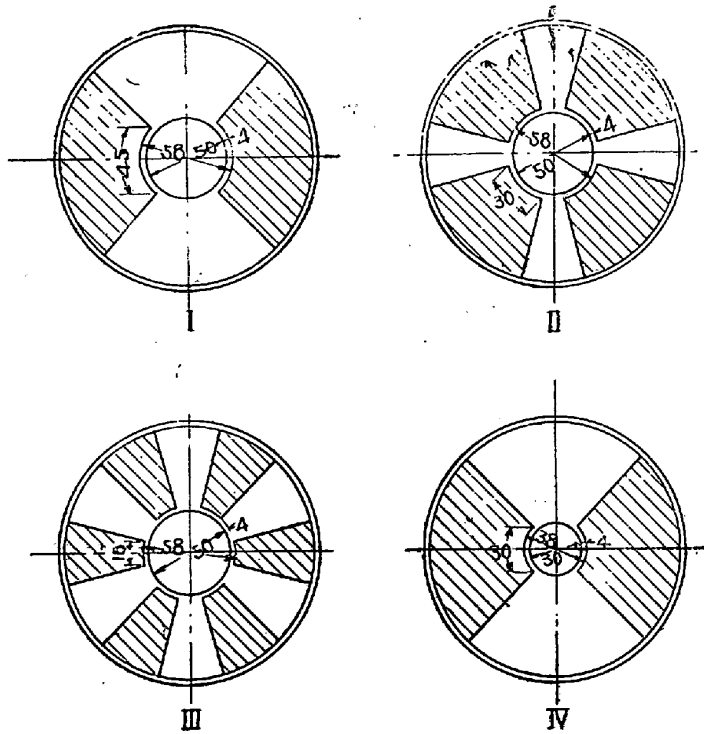
第五圖



次に(四)の回轉速度なり普通の電解に於ては電極の回轉は電解液を攪拌して特に極附近を緩和するにありと雖も本裝置に於ては之れと同時に主陰極表面の各部に順次に鐵の析出と陽極的複極作用とを交互に行はしむるの重大なる役目を有す故に普通は單に圓周速度のみを考へて充分なれども此の場合

に於ては(イ)圓周速度(ロ)電流交代のサイクルを併せ考ふるを要す、今圓周速度を毎秒  $v$  纏、電流交代のサイクルを毎秒  $m$  回とし主陰極の半径を  $r$  纏、陽極の数を  $p$ 、回轉數を毎分  $n$  とすれば、 $v = \frac{2\pi r n}{60}$   
 $m = \frac{pn}{60}$ 、然るに同一の装置に就ては  $\frac{v}{m} = \frac{2\pi r}{p}$  は恒數にて  $v$  と  $m$  とを別々に任意に變化する事能はず故に  $v$  と  $m$  との影響を分析して知らんと欲せば  $r$  又は  $p$  の異なる種々の装置を用ふるを要す、是に於て面倒なるは電流關係にして此の際一定に保つべく必要なるは單位表面積につき析出電流  $I_a$  と有效電流  $I_1$  となり異なる電槽を使へば漏洩電流  $I_l$  は互に甚だしく違ひ得るを以て  $I_a = I_0 - I_l = I_1$  とは爲すべからず、是に於て予は漏洩電流  $I_l$  を主陰極と隔壁との間を均一に流るゝと見做して次の式を假定せり。

第七圖





$$I_0 = Ek \sum \left( \frac{a}{s} \right) \dots\dots\dots(6)$$

茲には溶液中にて間隙の兩端間の電位の差にて二個の甘汞電極を用ひて測定すべく、 $\kappa$ は溶液の傳導度、 $a$ 及 $s$ は間隙各部の斷面積と其の部分の長なり之より次の式を得らる。

$$I_a = I_0 - Ek \sum \left( \frac{a}{s} \right) \dots\dots\dots(7)$$

予は豫め電解液の使用溫度に於ける傳導度 $\kappa$ を測定し、又各装置につき $\sum \left( \frac{a}{s} \right)$ を計算し $I_0$ を所定の値に保ちつゝ、 $I_0$ を種々に變へて各 $I_0$ につき $E$ を測定し之等の數字より計算したる $I_a$ が恰も所定の値となるべき $I_0$ を求めたり斯くの如くして求めたる $I_0$ が果して幾何の正確度を有せりや明ならざれども目下他に良法なければ已むを得ざるなり、實際使用したる装置は第七圖(I)(II)(III)(IV)にして $I_0$ を定むる事第一表の如し有效電流平均密度 2.5 アンペール、析出電流は其の 1.9 倍なりとす。

第一表

装置番 號	主陰極 の面積	陽極の數	$\sum \left( \frac{a}{s} \right)$	有効電流 $I_1$	所定の析出電流を得る時				
					全電流 $I_0$	測定せる $E$	※計算せる 漏洩電流 $I_2$	析出電流 $I_a$	$\frac{I_a}{I_1}$
I	0.80	1	0.91	2.0	4.0	0.71	0.2	3.8	1.9
II	〃	2	2.72	〃	4.4	0.67	0.6	3.8	1.9
III	〃	3	8.16	〃	5.5	0.68	1.7	3.8	1.9
IV	0.48	1	1.86	1.2	2.6	0.66	0.3	2.3	1.9

\*  $\kappa$ は測定せる値 0.309 と採りたり。

斯くして定められたる全電流と有効電流とを使ひ回轉數を變へて實驗したる結果は第二表の如し、數種に就ては其の水素含有量を測定せり。

第二表

装置番號	毎分回轉數 $n$	圓周速度 $V$	電流のサイクル $m$	水素含有量%	判 定
(I)	1,650	432	27.5	—	良
	1,200	314	20	—	良
	900	236	15	ナシ	良
	600	157	10	—	未 可
	300	78	5	0.0092	不 良
(II)	1,650	432	55	—	良
	1200	314	40	ナシ	良
	900	236	30	—	良
	600	157	30	—	良
	300	78	10	0.0040	未 可
(III)	1,600	419	80	ナシ	良
	1,200	314	60	—	良
	900	236	45	ナシ	良
	600	157	30	—	良
	300	78	15	—	未 可
	150	39	7.5	—	不 良

(VI)	1,800	283	30	ナシ	良
	1,200	188	20	—	良
	900	141	15	—	未可
	600	94	10	—	未可

今横軸に圓周速度、縦軸に電流サイクルを取り第二表の結果を表せば第八圖の如し、○は良、×は未可、△は不良なり、此の圖に依て圓周速度及電流サイクル各獨立に變化したる場合の影響を知るを得べし、即ち大體に於て一定の圓周速度ならば電流サイクルの大なる方好く、又一定のサイクルならば速度の大なる方好きを見る更に速度の割合にサイクルの小なる場合即ち圖中破線を以て示さるゝ邊りは主陰極直徑の大なる場合にして臆て實驗せんとしつゝあり。本装置になる鐵薄板の製造研究は大略以上の如くにして、最後に所得鐵薄板の性質に就て述べんとす本装置による電解鐵は普通のそれと異なりて著しく柔軟強靱にして極めて薄きものも折裂せずして完全に剝離し得る事既記の如し、然れども之を通常の鐵及鋼に比すれば尙甚だ硬く脆くして之に熱處理を施して後初めて眞に純鐵の性質を表はすに至る、先づ其の水素含有量を試験せり試料を水素内にて900—1000度位に一時熱して發生せる瓦斯を總べて水素と假定して計算せり之を普通の電解鐵と比較したるもの第三表の如し。

第三表

試料	一瓦中の水素 ㉞	水素の重量%
充分に良好なるもの	0.02以下	0.002以下
稍脆くして剝離に特別の注意を要するもの	0.45	0.0040
極めて脆くして普通の電解鐵と大差なきもの	1.02	0.0092
普通の電解鐵 (本装置補助陰極上のもの)	1.22	0.0108
同 (温度75度、電流密度1.6アンペール)	—	0.0096
同 (〃 18度 〃 〃)	—	0.085—0.064

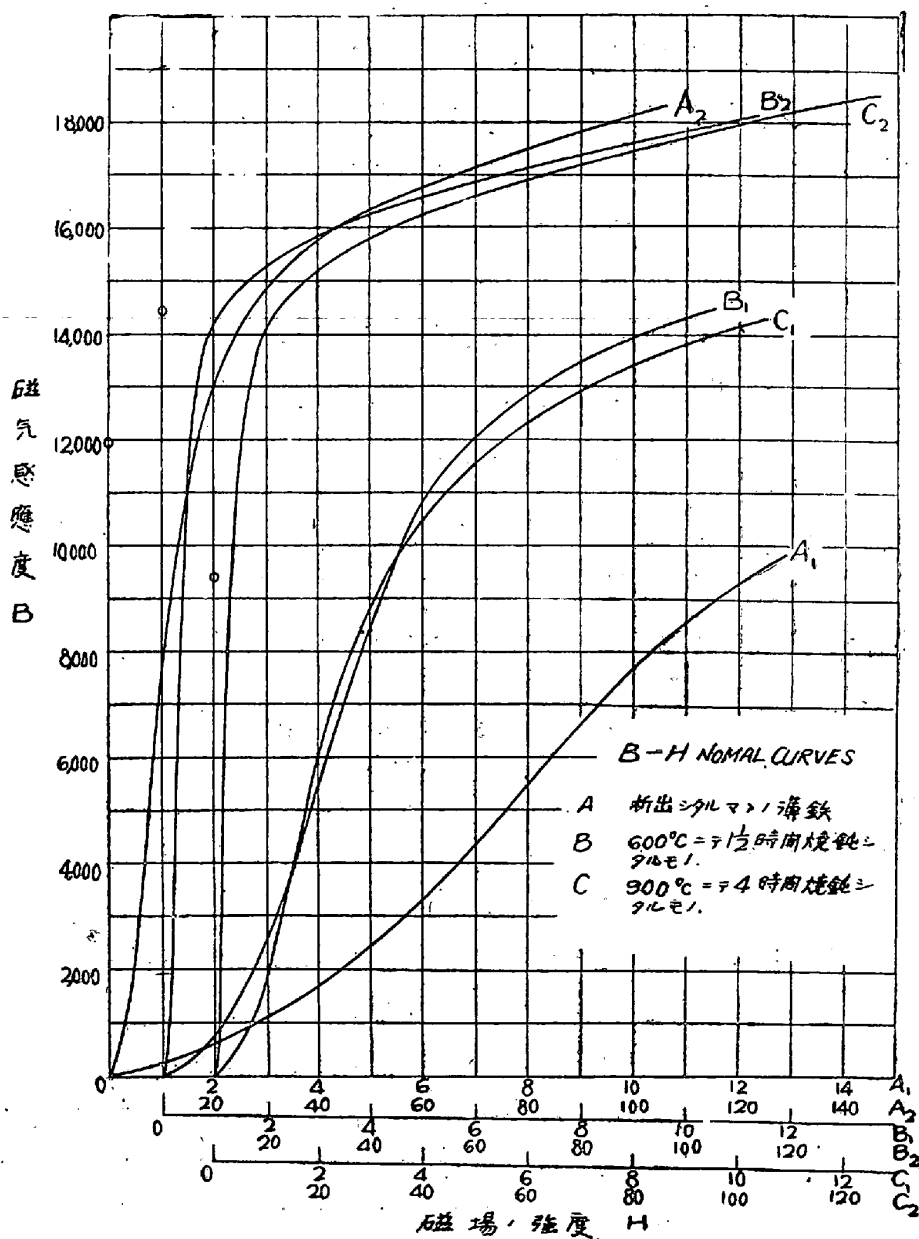
後の二者はフォルスター氏水溶液電氣化學第三版378頁に依る。

之に依れば結果不良にして脆きものは水素含有量も普通の電解鐵に異ならず又稍々柔軟なるものは水素の量も亦稍少なく而して充分に柔軟なるものは殆ど水素を含まざるを知るべし、第二表に水素含有量「ナシ」と記せしは0.0002%以下にて實驗の誤差の範圍内なるものなり、然れども斯く水素を含まざるものも普通の鐵鋼に比して遙に脆きより判ずれば電解鐵の脆きは其の水素含有に歸する事確に一因たれども其の全部に非ず他にも理由の存するを知るべく恐らくは内部の構造の異なるに依らん、然れども予は思ふに水素含有と構造とは無關係のものに非ず水素含有のために構造に變化を受け、爲に斯く物理的性質に相違あるならん、而して水素を除去せらるれば構造も或る程度まで本來の状態に近づき得べきも常溫にては到底充分なる事能はず、本装置による鐵薄板は恰も之に該當するものにして之に熱處理を施せば高溫度に於て初めて充分に本來の構造に到達し得るものならん、次に析出鐵薄板の磁氣感應度と其の熱處理による變化とを測定したりフエーイ氏パーミアメーター (Sci. Papers Bur. Stand., 1917, Vol. 14, 267) を用ひ試料は電解諸條件第一表装置Iにより回轉數1,200及900のもの360枚を重ね合せたり其の平均分析の結果次の如し。

炭素 0.036% 珪素 0.002% 硫黄 0.008% 満庵、燐、砒素凡て痕跡

測定上必要なる断面積は重量 237.6 瓦、長さ 25.62 糎より比重を 7.7 とし（電気設計には此の數を用ふる由なり）計算によりて 1.203 平方糎と定めたり其の結果第九圖の如し、○は殘磁氣なり、之によれば析出したる儘にては磁氣感應度小にして殘磁氣大なり 600 度に焼鈍せば磁氣感應度も殘磁氣も共に増加するを見るべく 900 度にて焼鈍せば兩者共に純鐵のそれに近づくを見るべし、磁性試験は試料を要する事大なるに製造之に伴はず試験する事唯一種一回のみにて尙甚だ足らざるを思ふ、雖て稍大なる装置を以て製造し試験せんとしつゝあり。

第九圖



更に電気傳導度を測定せり断面一樣なる鐵薄板の細長片に電流を通し一定距離間の電位差をポテンシオメーターにて測定する方法によれり、其の結果每立方糎に付き20度に於て

$\rho_{25^{\circ}} = 0.102 \times 10^{-4}$  or  $\kappa_{25^{\circ}} = 9.8 \times 10^4$  を得たりランドルトの表によれば  
 $\kappa_{10^{\circ}} = 11.30 \times 10^4$ 、 $\kappa_{95^{\circ}} = 5.62 \times 10^4$  にて凡そ一致せり又普通のダイナモ鋼にては  
 $\rho = (0.14 \sim 0.19) \times 10^{-4}$  位にて本装置によるものは之れに比しての抵抗稍小なるを見る。

以上の結果を総合すれば大略次の如し。

- 一、本装置を用ひて鐵の析出と陽極的複極作用とを交互に行はしむる事によりて水素を含まざる電解鐵を作る事を得、而して此の電解鐵は柔軟強靱にして極めて薄きものと雖も折裂なしに剝離し得て純鐵薄板の製法に適す。
- 二、電解液は其の酸度の影響重大なり鹽化鹽を用ふれば2規定以上極めて濃きものまで酸度を 0.005—0.03 規定位に保てば良し、硫酸鹽ならば 0.05 規定以上の酸度を要す。
- 三、電解温度は50度以下にては效なし70度以上ならば好し。
- 四、電流關係は極めて複雑なり(イ)一定の有効電流に對しては全電流は其の2倍以上ならば好し1.5倍以下にては不充分なり(ロ)全電流と有効電流との比を一定すれば電流密度を變ずるも鐵の性質には著しき變化なし(ハ)全電流と有効電流との比が一定ならば主陰極の周圍の電流分布の形は鐵の性質に著しき變化を與へず。
- 五、回轉に就ては圓周速度と電流交代のサイクルの二を考ふるを要し、此の二者の影響を分析して研究するには異なりたる種々の装置を要す、實驗の結果によれば一定の速度に對してはサイクルの大なる方よく、一定のサイクルに對しては速度大なる方よし。
- 六、本装置に依る電解鐵は普通のそれに比して著しく柔なれども通常の鐵鋼に比すれば又著しく硬し之を焼鈍せば初めて本來の純鐵の性質を表はす、磁性も亦同様に於て析出のまゝにては磁氣感應度小にして熱處理によりて初めて純鐵の磁性を表はすに至る。

### 質 疑 應 答

○會長(河村曉君) 唯今の御講演に就て御質問又は御意見がありますならば御提出を願ひます。

○今泉嘉一郎君 ちよつと伺ひますが、何か經濟上の御話はありませぬか。

○八田四郎次君 それに就きましては何分まだスケールが小さくてはつきりしたことは言へませぬ、唯併しパワーの方に於きまして略々見當の付くのは、先程もヴォルテージの際に申しましたが、鐵のエレクトロケミカル・エキバレントが 1.042 瓦アムペール・アワーだから一噸の鐵に對しては略々千キロアムペール・アワーであります、之れにヴォルテージを掛ければ宜い譯であります、我々の場合に於てはヴォルテージが 2.4 から 2.5 ヴォルト位であります、是は本装置に於てはエフェクテイヴ・カレントだけでありますから、トータルカレントは2倍位、大體に於て5千キロワット・アワー……一噸の鐵を造るのに5千キロワット・アワー位要ると云ふ考であります、然しこゝに薄い鐵の一噸が出來ると同時に補助陰極上にも一噸位の普通の電解鐵が出來る譯であります、詰りそれに要する分を千キロワット・アワーと見積れば結局鐵薄板を一噸造るには4千キロワット・アワー位の電力が要ると考へれば宜いと思ひます、もう一つは是は見當は殆ど付かないが人間の勞力であります、それは先づ大體に於て枚數に勞力が比例すると見れば薄いもの程剥取るのに勞力が澤山要るのであります、是も割合に大きいものと思はれます、けれども薄いものは外の

方法から作つても高くなりますから、それは今の場合考へなくても宜いかと思ひます。

○今泉嘉一郎君 もう一つ伺ひますが、製品は直接デポジットしたものを其儘使ふと云ふ風に御考へになつて居るやうですが、アンニール位は矢張りして使ふと云ふことの御考ですか、或は着いた儘使ふ御考ですか。

○八田四郎次君 着いた儘ではいけないのであります。

○今泉嘉一郎君 ちよつと意見を申し上げたいと思ひます、私も電解鐵に付きましては多少趣味を持つて居ります元來是は直接製鋼法の一つであり、殊に日本に電氣と云ふものは豊富にあると云ふ關係もあり又從來の熔鑄爐を經、製鋼爐を經、ロールを經て初めて製品にすると云ふ製法は今日では一般の普通の製鋼法となつて居りますけれども、理論上から云へば餘り遠廻りて完全のものでないからであります、經濟的に出来る直接製鋼法が無いことは私共誠に遺憾として居る次第であります、殊に日本には安い良いコークスが無いと云ふ關係もあり又た彼の伊太利が電氣を重に使つて、近き將來に電氣製鋼の量が年間百萬噸に達する見込があると云ふとて丸て石炭が無い伊太利でさへ左様のことでありますれば日本でも何とかして新しい製鋼の方法が無いと考へて居つた、ところで一昨年ホストン大學で電解鐵の大分面白い方法を發見したやうに米國の雜誌に書いてありました、それは磁硫鐵鑄を使つてやると云ふ方法でありまして大變面白く感じて、早速理化學研究所に御参考に申し上げたことであります、理化學研究所でも以前から色々同じやうな試験をやつて居られまして段々と成績を上げて來たのであります、それに依ると或る場合に鐵鑄から僅かに750キロワット・アワー位で1噸の鐵が出来たことがあるさうであります、併し安全なことを言へば1500キロワット・アワー位必要であると云ふことであります、それからデポジットした鐵が脆いと云ふ關係は、初の間ハイドロジンの關係であらうと言はれて居りましたが、段々研究して見るとハイドロジンの關係ばかりではないと云ふもの結果になつたさうであります、何れにしてもアンニールは必要であると云ふことであります、そこで製品がブリットルであることが面白くない製品は成るべく軟かいものを造らうと云ふのが八田工學士の御苦心の一つのやうにも了解いたしましたのであります、製造の方から言ふと假令電解鐵が其儘ではブリットルであつても板などに仕上げる爲にはどうしてもアンニールして一遍薄板ロールに掛けなければならぬ、電解其まゝの状態では製品として少しく汚な過ぎる、又厚さ等の關係に於てもユニフォームにうまく行かないこともあらふ、どうしてもロールに掛けるロールに掛けるには一度アンニールする方が便利である關係がありますから其御心配はいらない、それからパイプにする時には心金を抜き去るのに困るとの御話であります、是は適當にテーパーを付ければ能く抜けるやうであります、そこでテーパーを付けて置いてもパイプ仕上作業の時にドローベンチで取れてしまふのでありますから是も御心配はないと思ふのであります、所が唯今の御講演を伺ふと電解した其儘でも軟かい、表面でも綺麗なものが出来ると云ふことでありますから一層結構なことであり、此薄板の用途に付てはそれぞれ十分にあるだらうと思ひます、例へば今日關稅問題で八ヶましい隣寸箱の亞鉛板の代用品ではは必しも亞鉛の薄板でなくても宜い、唯値段の問題でありますから御話のやうな薄い綺麗な鐵板が安く出来ると云ふことでありますならば、斯う云ふやうな場合に用途は私は澤山あらうと思ひます、又少し厚いものであつたならば、電機具に使用することも出来るだらうと思ひます、兎も角御研究に依て電解鐵薄板製造法に幾多の光明を御興へになつて斯業の進歩を促がされたことに對し深く感謝致すことであります。

○會長(河村驥君) 豫て電解鐵のことを始終御研究になつて居ります日立鑛山の加藤健兒君が御見えになつて居るやうですから、何か御意見でもございましたらば……

○加藤健兒君 只今會長から御紹介を得ました加藤であります、私も電解鐵に就きまして非常に興味を持つて居りますので最近甚だ小規模ではありますが色々實驗をやつて居ります。今日八田工學士の有益な講演を拜聽するを得まして大に参考になりましたことを深く感謝いたします、さて電解鐵は純鐵を作ると云ふことよりは鐵管とか薄鐵板とか

直接に製品を作ることに特徴があること、思われます。それで私は薄鐵板の重なる用途である電機用の薄鐵板として如何なる性質を有するかを試験したいと思ひまして普通法で水素を可成に含んで居る脆い鐵板を製造することに就て種々實驗を爲したのであります。又薄鐵板の電磁的性質の試験方法は在來のシートを試験すると同一方法私の會社では「エヒスタイン法」に依つて居りますから此の方法を採用したのであります。従つて電解鐵板を長さ50厘米巾3厘米のリップンを多数切りとることが出來ます様な大きさのものを作りました、そして一回の試験に10キロを用ひたのです、それでも鐵板の方は可成に大きなもの迄も左程困難もなく作ることが出來ましたので只今引続き此等に就ての試験をやつて居ります、こゝには數字的に御報告を申し上げるまでにまとめて居りませんが大體の結果として適當に焼鈍をやりますと先き程八田さんの御話の様に純鐵に近い性質を現はしまして、在來のシートに比してパーミアピリティーが非常に良いのです、このことは一方鐵損を大にする缺點となりますが、之れは厚さを少し薄くすれば差支ありません、只質が柔軟なるために機械的強度がどうかと思ひます、之も適當に改良することが出來ませう、要するに今日までの實驗によりますと電解鐵板は優良なる電磁的性質を持つて居りますから電機用として在來のモーター・シートに代用することが出來ますし又これを用ひますと相當材料の節約が出來得る様に思へます、只誠に残念なことは經濟上の問題であります、電機用のシートは全部輸入品であります價格は割合に廉いのです、只今では一噸當り300圓或は夫れ以下であると云ふことです、これを電解法で作ること、しますと中々に經費が嵩む様であります、第一電力ですが一噸の板に對し3000キロワット時を要すとしましても1キロワット時2錢以下の直流を得ることは我國の現状では困難であらうと思ひますし、又陽極も優良なる板を作りますには炭素其他の不純物の少ない純良なるものを要しますし又電解液の温度も60度以上を要すると云ふことは液の加温に要する費用も可成に嵩むこと、思ひますし、又鐵板の厚さも普通は14ミル位のものを用ゐられて居りますから電解鐵板では之以下のものとしますと一日に幾回も陰極を電槽から引き上げて剥すことになりまして之に要する工賃は随分高くなること、思ひます、又多數の薄い板を焼鈍しますにしても相當な熟練も必要でせうし又經費もかゝること、思ひます。斯う云ふ風に一々に就て當つて見ますと中々經濟上容易ならぬ事業に思ひます、これは今後陽極として鑛石とか屑鐵とかを直接に使用するとか、添加劑を適當に選んで常溫で電解が出來得る様にするとか其他種々に改良を施す必要がありますが之等に就ては是非共皆さまの御助力御指導を仰ぎたいのであります。

そこで八田さんの作られました薄鐵板は厚さ1.5乃至2ミルと云ふ極めて薄いものでも質に立派なものでありますから之れはモーターシートの代用品と考へますよりは其薄い特徴を發揮する特殊の用途例へば無線電信とか電話とか其他の方面に利用することに重ねて御研究を御願ひ致したいのであります。

○八田四郎次君 其點に就ては私も同感でございます私はこの薄板を普通のモーター・シート代用としては種々の不利な點があると思ひます、然し一には純鐵放パーミアピリティー大にしてヒステリシス・ロスヒステリシス・ロスの小さい事、二には極めて薄き故アイアン・ロスを著しく減少し得べき事此の二長所を以てハイ・フリークエンシー・マシーン用のシート・アイオンとして適するだらうと考へて更に研究を進める積りであります。

○會長(河村曉君) まだ御質問がありますかも知れませぬが、時間もありませんので、ちよつと一言御挨拶を申し上げます、先程も今泉博士から御意見があり、尙加藤君からも御意見がありまして、私が申しますことは最早ございませぬのであります、此電解鐵なるものは外國でも餘程前から知られて居ることでありました、さうして又方々で……或は獨逸であるとか、或は亞米利加ではユースティス・プロセスでやつて居るとか、佛蘭西でもやつて居ると云ふやうに色々話はありますけれども、其實非常に大規模の工場やつて居る所は私の知つて居る範圍では無いやうでありまして、佛蘭西のグレンノーブルのソサイティー・デュフェルの電解工場が1日の能力が3噸であると云ふ話がありま

す、それを擴張するとか云ふ話もあつたやうであります、兎に角極めて未だ小工業であるやうに考へられます、我國では、理化學研究所で始められたのは大正五年頃であります、其後連続してやつて居るのは大正八年頃からと承つて居りますが、數年間或はシートを造り、或はパイプを造り、又近頃では硫化鐵なり、日本の特有の砂鐵を原料にして、それから色々製品を造ると云ふやうな試験もやられて居りますし、又只今の御講演のやうに、八田君の新しい御研究があり、又加藤君は日立鑛山で色々モートルのシートに實用的に試験して見られたと云ふやうな御話もあるので、中々日本の電解鐵の試験と云ふものは外國に負けずに進んで行つて居るやうに考へるのであります、實は曾て私の所へ外國の或會社からパテントを買つて呉れと云ふ話がありました、日本でも色々研究されて居る、又パテントを取つて居られる方もあるし、日本でやるなら、是だけ研究されて居る日本の方法でやるのである、今更高的金を出して外國から買ふ必要も無からうと云ふとを言つて斷はつたこともございますやうな次第で、どうしても是は一つ日本で工業的に發達したいと云ふ豫て希望を持つて居ります、八田君の今夕の御講演でありました此鐵板の新製法は、殊にアノディック・デポラリゼーションと云ふことを應用されて、水素の成るべく少い極く薄い軟かいものを造る、此方法は私共の寡聞ではありますが、未だ外國でも曾て之を行つた所は無いやうでございます、全く八田君の新しい方法で極めて薄い軟かい板を造ると云ふことに付ては誠に巧妙な考案であると考へられる、どうか一つ此方法が薄板の利用法の開發と共に有望なる工業となることを切に囑望する次第であります、一言希望を述べまして今夕の有益なる御講演に對しまして厚く感謝の意を表します、皆さんの御賛成を得て拍手を以て御禮申上げたいと存じます。(一同拍手)

(終)

## 耐酸性鐵合金に就て

深川庫造

緒言

近來種々の狀況に於ける金屬及び合金の性質に關する研究は日を追ふて益々盛んになつて居るが金屬及び合金の腐蝕防止の研究も其重要なる一問題と思はれる元來金屬及び合金類の腐蝕防止の件は餘程昔から問題視されて居るのである、殊に現今之に關した研究は陸に海に又は空中に於て益々重要なものとなつて來たのである、然るに従來の研究の跡を辿つて考へて見ると相一致しない色々の學説が出て居て然も此の腐蝕と云ふ現象を充分に説明して居るものは未だ見られない有様である、思ふに此の腐蝕と云ふ現象は多端的であるから複雑した澤山の因子を同時に觀察しながら研究しなければ其の真相を穿つ事の出來ぬと言ふ事が學説の一致しない主な原因だと思はれる、それが爲め偶々得られた結論も要領の不充分より種々の點に論議の餘地を残して居るのである、斯様にして此の現象の根本理論が判然しない今日に於て腐蝕防止の完全を望まれないのは蓋し當然の歸趨だらうと思はれる、斯くして腐蝕防止の不完全が禍し年々損失されて居る金屬類の總量は實に莫大な者だらうと思はれる、1922年のローヤル・ソサエチーの紙上でハットフィールド氏の論述して居る處によると其緒言中に次の様な概要が認められたのである。氏の計算によると世界中の年々の損失量を鐵及び鋼丈けに付いて通算すると實に4千萬噸の巨額になつて居る、今之れに腐蝕防止費を加算して此の數年間の平均價格より以