

63
138₁



始



63-1381

工學博士吉川龜次郎著 下卷

工業電氣化學

東京 丸善株式會社

8. 3. 28
購示

工業電氣化學 下巻 目次

第六編 熔融鹽の電解

第一章 總論

第二章 熔融鹽の電解工業

第一

アルミニウム	一三
概論	一三
ヘルール氏の方法	二〇
ヘルール氏及びキリヤニ氏の合同方法	二二
原料精製法	二九
ミネー、ホール氏の方法	三四
アルミニウムの性質及び其應用	三九
マグネシウム	四五

目

次

第二

第七編 熱電氣化學

第一章 總論……………六二

第一節 チュール氏の法則……………六三

第二節 電氣爐構造の原理……………六四

第三節 電氣爐の分類……………六六

第四節 電氣爐の溫度と化學變化及び其溫度測定法……………七二

 ワッネル氏高溫測定器……………七九

 ベリ、ユム……………四九

 リチウム……………五〇

 ナトリウム……………五四

 ナトリウム合金の製造……………五五

 カストネル氏の方法……………五七

 カリウム……………六〇

第二章 電氣熱を應用せる製造工業……………八三

第一節 炭化物總論……………八三

第二節 炭化石灰……………八六

 其製造原理……………八七

 其製造方法……………九二

 其用途……………一〇二

第三節 カイボランダム……………一〇三

 製造の歴史……………一〇三

 電氣爐の構造及び其原理……………一〇六

 エツチソン氏ナイヤガラ工場の製造狀況……………一一六

 其性質及び其應用……………一二一

 シランダム……………一二三

 其製造法……………一二三

其性質……………一二五
 其用途……………一二六
 第五節 人造黒鉛……………一二七
 人造黒鉛と天然黒鉛……………一二七
 エツチソン氏人造黒鉛製造法……………一三二
 粉末黒鉛製造法……………一三二
 黒鉛器物製造法……………一三七
 黒鉛電極製造法……………一三八
 第六節 製鐵……………一四一
 スタサノ氏の方法……………一四三
 ヘルトル氏の方法……………一五四
 ケルレル氏の方法……………一六二
 ケーリン氏の方法……………一六四
 ルーテンベルグ氏の方法……………一六六

電熱製鐵業の經濟……………一七〇
 第七節 鐵合金……………一七二
 滿俺鐵……………一七三
 硅素鐵……………一七四
 クローム鐵……………一七六
 ウラルフラム鐵……………一七六
 第八節 磷……………一七七
 製造の原理……………一七七
 リーヂマン氏の電氣爐……………一七九
 エレクトリックレダクション會社の電氣爐……………一八一
 ビヨード會社の凝縮裝置……………一八一
 第九節 酸化バリウム……………一八五
 第十節 二酸化炭素……………一八八
 第十一節 アランダム……………一八九
 目次……………五

第八編 窒素工業……………一九〇

第一章 緒言……………一九〇

第二章 空氣硝石の製造……………一九四

第一節 酸化窒素生成理論……………一九四

第二節 酸化窒素の工業的製造及び其採取法……………二〇三

ブラッドレー及びラブジョーイ氏の装置……………二〇四

ビクルランド及びアイト氏の装置……………二〇五

シエロンヘル氏の装置……………二〇一

パウリンク氏の装置……………二〇九

第三節 酸化窒素の凝縮法……………二一〇

第三章 窒素石灰の製法……………二二六

第九編 オゾン製造工業……………二四二

第一章 總論……………二四二

第二章 オゾン発生器……………二四六

オット氏の装置……………二四八

ジーマンス及びハルスケ氏装置……………二五二

第三章 オゾンの用途……………二五六

目次終

工業電氣化學 下卷

工學博士 吉川龜次郎著

第六編 熔融鹽の電解

第一章 總論



熱力に依り融解せしめたる鹽類も亦能く電氣を傳達し電解作用を受けて其成分を相互より分離せしむるものにして水溶液の場合に陳べたるフワラデ
川氏の法則は亦能く此場合にも應用し得べきものなり然れども熔融鹽の電解は水溶液の電解の如く其作業簡單なると能はず之れ其鹽類の熔融溫度は多くは攝氏一千度附近にありて熱力を他より加へて其溫度を均一に保持するとの困難なると電解により陰極に析離せし金屬の沸騰點は往々其鹽類の

熔融溫度と相接近せるが爲に析離するや否や直ちに氣化し去りて之を凝縮採集すること甚だ困難なるが爲なり是を以てブンセン氏は可成的鹽類の熔融溫度を低下せしめんことを研究しハロゲン鹽類は其熔融溫度他の鹽類よりも比較的^低く而して之にアルカリのハロゲン鹽類を加ふれば其熔融溫度又一層低下し併も其電解の結果に何等の影況を及ぼさざるとを發見したりしかば熔融鹽の電解工業は爰に大に發展し之が爲め裨益せられし所又尠からず然れども其電流の作業能率は未だ理論的なること能はずして遂に諸學者をして一時はフワラデー氏の法則は果して能く熔融鹽の電解にも適用し得るものなるや否やを疑はしむるに至れり斯くの如くして熔融鹽の電解は此疑問の中に葬られたる儘幾多の歳月を經過せしが近年に至り他の學術の進歩と共に此疑問も亦再び諸多の學者によりて研究せられ特に教授ローレンツ氏は十數年の長き熱心に此研究を持續して得る所甚だ多く自己研究の結果と他學者の得たりし結果を綜合して熔融鹽の電解中起る所の現象と之れが爲めに電流作業能率の減少する理を世に公にし遂に從來諸學者の腦裡

電流作業
能率低減
の原因

に横はりし疑問を一掃せしむることを得たり故に余は左に氏が所説の綱領を叙して以て此工業に従事するもの、参考の資に供せんとす
抑も熔融鹽の電解に於ては其電流作業能率を低減せしむる所の因甚だ多し而して其或者は普通水溶液の電解の場合にも起る所の現象なりと雖ども其他の者は熔融鹽の電解に於て特に遭遇する所の者なりとす今之を列記せば左の如し

第一、機械的損失にして如何なる作業にも常に隨起する所の者なり

第二、物理學的變化に伴ふ損失にして特に熔融鹽の場合に起ること多く電解生成物の沸騰溫度にして其鹽類の熔融溫度と相近き時は其生成物の幾分は之れが爲め氣化蒸發し去るに基づく所の損失なり例へば食鹽を熔融せしめ之を電解せば陰極に於てナトリウムを析離し陽極に於て鹽素を發生し得べきものなりと雖どもナトリウムの沸騰溫度は食鹽の熔融溫度に甚だ近く爲めにナトリウムは其大部分氣化し去りて之を採取すること能はざるが爲めに電流作業能率は痛く低減せらるゝものなり

第三、化學的副變化によりて起る損失にして若し電解析離物が電極材料若しくは坩堝を構成する材料と何等の化學的反應を起さざるものなれば可なるも其多くは此等材料と副變化を起して或は炭化物となり或は硅化物となりて熔融鹽中に混合し採集すること能はざるに至らしむるが爲め電流作業能率は亦減少を受くるものなり

第四、二若しく二以上の原子價を有する元素を鹽基性成分として構成せられたる鹽類にありては時としては陰極に於て其一部の電荷のみを失つて下級の化合物となり其儘熔融鹽中に混遊し陽極に逍遙して其酸化作用を受け再び原物を復生す陽極に於ても亦之に類似の作用をなすことあり斯かる場合にありては其兩極に於て析離すべきものも析離せずして其儘熔融鹽中に残留するが故に爲めに電流作業能率を損することあり例令は熔融せる鹽化錫を電解して陰極に於て亞鹽化錫を得沃化鉛を電解して陽極に於て過沃化鉛を得るが如し故に此等電解の目的にして若し金屬及びハロゲン元素を得るにあれば其生成物は全く目的以外の品にして爲に電流

作業能率は痛く減少せらるゝなり

第五、熔融鹽の電解に於ては其溫度は常に其鹽類の熔融溫度以上なるが故に其熔融鹽液は常に旋渦作用を起し其陽極及陰極を圍繞せる部分は常に攪拌混淆作用を受くるものなり之れが爲め第四項に陳ぶる所の損失は大に加速せらるゝものにして其作業能率を害すること多く且つ陰陽兩極に析離せるものも此旋渦作用を受けて互に相會するの機を得再び結合するものなり

第六、特に熔融鹽の電解に於ては其析離せし金屬が陰極表面に靜止せずして半ば氣化して煙霧の狀をなし其儘熔融鹽中に溶解して陰極に於て採取すること能はさらしむることあり此現象は教授ローレンツ氏によりて初めて發見せられ爾來諸學者も亦之を認めたる者にして熔融鹽の電解に於て特に起る所の者たり元來此者の熔融鹽中に溶解するや恰も臭素が水溶液中に溶解するが如く其蒸發氣張力一程度に達する時は最早溶解するものにあらず去れば此金屬煙霧によりて起る所の電流作業能率の損耗は理論

上僅少なるべき筈なれども熔融鹽の電解に於て常に起る所の旋渦は攪拌作用を逞ふし陰極生成物と陽極生成物の復舊結合作用を神速ならしめ陰極の周圍に於ては嘗つて金屬煙霧を以て飽和するの時なからしむるが故に熔融鹽の電解に於ては此金屬煙霧は旋渦作用と相俟ちて電流作業能率に大なる損害を與ふるものにしてフワラデー氏の法則の一時不信用を來せしも其大部分は此現象に起因せしものなり

斯くの如く熔融鹽の電解に於ては其電流作業能率に影響を及ぼす所の原因種々あるが故に良好なる結果を得んことを欲せば此等の障害を可成的に除去せざるべからず特に金屬煙霧は熔融鹽に於ける特徴にして其影響の程度も大なれば今左に其性狀及生成の概要を略述せん

金屬煙霧
の性狀及
其生成

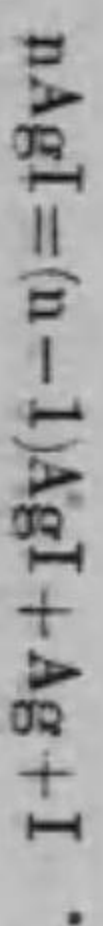
抑も金屬煙霧の現象は教授ローレンツ氏によりて初めて發見せられしものにして一の耐火性の試験管に熔融せる鹽類を入れ之に其鹽類を構成せる金屬片を投入すれば此金屬は融解し直ちに煙霧の狀をなして上昇するを見るべく而して其煙霧の濃度は實に其熔融せる鹽類の溫度によりて差異あるを

知るべし例へば試験管中に鉛の鹽類を入れ之をブレンセン燈にて熱して熔融せしめ之に鉛片を投ずるに其溫度僅に鉛並に其鹽類をして熔融するに足るのみなる時は其熔融鹽は透明にして管底に熔融存在せる鉛と鮮明なる限界層を作るべしと雖も其溫度をして之より上昇せしむるときは褐色の煙霧は融解せる鉛の表面より起りて其周圍の熔融鹽中に溶解し之に黄色を附すべく而して其附近にある熔融鹽が此煙霧を以て飽和するに至れば最早此融鹽は透明なると能はずして其中に煙霧を浮遊せしめ混濁を呈するに至るべし而して此混濁の融鹽中に擴散するや其溫度の高低によりて異なるものにして溫度餘り高からざるときは其融鹽は金屬鉛より遠ざかるに従ひて漸次透明となるも溫度非常に高きときは其全部混濁し黒褐色に變ずべし次に斯くの如く混濁したるものを漸次に放冷せしめんが爲めブレンセン燈の火焰を漸次縮少し其溫度を降下せしむる時は曩きに熔融鹽の全部に涉りて擴散せし煙霧は次第に凝縮して其混濁の度は漸次淡くなり遂に其の上面より清澄し始むべし然る時は其色も黒褐色より黄色に戻り來り是れ迄蔓延せし煙霧は漸

金屬煙霧
の色影

次跡を藏めて遂に熔融せる金屬中に再び吸收せらるべし
斯くの如き現象は獨り鉛鹽類のみに止まらずして諸他の金屬鹽類に於ても
亦認めらるゝ所の者なり而して其色澤は金屬毎に之を異にするものにして
亞鉛の煙霧は青色を呈しカドミウムは褐色を現はし銀は黒色を示すもの
なり

抑も此等煙霧の熔融鹽類中に發生するや其温度と金屬の蒸發氣張力により
て大に其趣きを異にする者なり即ち氣化し易き金屬は既に低温度に於て煙
霧の現象を呈し氣化し難きものは高温度に於て始めて之を示すものなりと
す而して其擴散力も亦着しく温度の影況を受くるものにして其狀恰も瓦斯
及び水溶液の擴散に異ならず去れば此等金屬煙霧が其熔融鹽中に於ける存
在は恰も眞實なる溶解の如くなりと雖ども多數の學者は之を以て金屬の微
細なる滴粒が熔融鹽中に機械的に浮遊せるものなりとせり獨り教授ローレ
ンツ氏は此を以て純然たる溶解となし其熔融鹽中に存在せる有様は恰も乾
板中の沃度銀が日光に觸れて左の如き變化を起し一部分の沃度を失ひて金



屬は其鹽類中に固形溶液となりて存在せるに異ならずとなし溶解説を固く
主張せるも其比較に取りし沃度銀の變化に就きては當時實際家の多數は尙
亞沃度銀の生じたるものなりと主張せるを見れば教授ローレンツ氏の根據
も未だ確實なりと云ひ難く其何れか是非なるやは今日未だ決定し居
らざるものと云ふべし而して説の當否は工業上何等關係する處なければ余
は其判定を他日に俟たんとす

以上陳ぶる所は金屬煙霧の生成と其性狀を説明するに便ならしむるが爲め
單に電解關係を離れて之を叙述せしものなるが熔融せる金屬鹽類を電解す
るに當りては此現象は常に陰極に於て起るものにして其熔融温度高きとき
は陰極に於て析離したる金屬は直ちに煙霧に化して集積することなく熔融
鹽は恰も此析離せし金屬に對し復極物たるかの如き作用をなすなり此金屬
煙霧を溶解せる鹽類が旋渦作用を受くるときは陽極に於て發生する所のハ
ロゲン元素に對し復極物たるかの如き作用をなし結局舊の鹽類を作り電流

作業能率を減少せしむるものなり

其他熔融鹽の電解に於ては若し其鹽類中に水の痕跡を止むるときは其作業上意外の障害を醸すものなり今之が説明を容易にせんか爲め鹽化亞鉛に就きて之を説くべし市場に販賣せる鹽化亞鉛を熔融し之を電解に處するに其或者は電解平穩に進行するも其他の者にありては非常なる困難を來すものなり即ち其電解し難きものにありては電流を通ずるや否や直ちに陰極に於て多少の水素を發生し亞鉛を析離して青色の煙霧を作り熔融鹽は水酸化亞鉛の爲めに不透明となるべく陽極に於ては亦多少の鹽素を發生すると同時に小なる爆聲を發して電極たる炭素は漸次腐蝕せられ其粉末は熔融鹽中に混して褐色を呈し長く此現象を繼續す而して陰極の炭素は時間の經過と共に枝狀の結晶物を作り酸化又は水酸化亞鉛と亞鉛末の混合物にて覆はれ灰色を呈す去れば此種の鹽類にありては電解によりて金屬を析離するは到底望むべからざるものと云ふべし然れども斯くの如き鹽化亞鉛も豫め鹽酸を以て之を濕し徐々蒸發熔融せしめて然る後電解に處するときは其熔融鹽は

終始一貫透明に残り亦前記の如き作業上の困難を來すことなく陽極に於ては純粹なる鹽素を發生して敢て極を傷めず亦陰極に於ても電解の當初多少の水素を發生するも其より後は平穩に亞鉛を析離せしめ其狀恰も他の電解し易き種類と異ならず依つて考ふれば此電解作業を妨害せし所の者は全く其鹽類中に含有せし水分にして鹽化亞鉛は之れが爲め加水分解を受けて左記變化の何れかを起し或は此數種の變化を併起して鹽基性鹽類を生じ以て



此妨害作用を惹起せしなり蓋し熔融せる鹽類にありては決して多量に水分を含有し得べきものにあらずれども水分を吸収し易き鹽類にありては譬ひ熔融するも其水分を悉く失ふものにあらざるが故に此水分が前記の障害を來すものなり去れば熔融せる鹽化亞鉛の如きにありては僅に〇七八%の水

を含みしのみにて斯くの如き現象を呈するものなり
去れば熔融鹽の電解業は決して容易なるの業にあらざるものなれば之を操業するに當りては先づ其鹽類を充分に乾燥せしめ水分の痕跡をも除去し置くこと必要なり全く乾燥せる鹽類を得たれば次に其電解槽は可成金屬煙霧の逍遙し復舊變化を起すに不便ならしむる様構成せざるべからず蓋し電極の位置相近きときは其復舊作用盛にして槽の横斷面積小なるときは逍遙路狭小なるが故に復舊作用甚だ少なし又隔膜を設くるときは煙霧の通路は全く遮断せらるゝものにして電流密度及び熔融溫度も其金屬煙霧の逍遙に多少の關係あるものなり去れば電解槽の構造は忽にすべからざるものなり以上陳ぶる所の事項を能く注意し熔融鹽を電解に處すれば其結果は敢て水溶液の電解と異ならざるべくフワラデー氏の法則も又能く適用し得るを認むべきなり

第二章 熔融鹽の電解工業

凡そ金屬鹽類は其種類の如何を論ぜず之を熔融して電解に處するときは其操業上難易の差は素よ異なりと雖ども何れも皆陰極に於て其金屬を析離すべきもなり然れども重金屬にありては作業困難なる熔融鹽の電解に依らずとも水溶液の電解によりて之を析離すること容易なるものなれば熔融鹽の電解は單に水溶液より電解析離せしめ能はざる金屬例へばアルカリ、アルカリ土類及び土類金屬の採取のみに應用せらるゝものにして併も實際工業に於ては僅にアルミニウム、ソヂウム、カリウム、リチウム、ベリウム、マグネシウム等を製造するに用ゐらるゝのみなり故に本編に於ては單に此等金屬の製造法に就き其大要を述べんとす

第一 アルミニウム

一千八百〇八年デービー氏はアルカリ鹽を熔融せしめ之を電解に處してアルカリ金屬を得たりしかば氏は又同一原理によりアルミニウム鹽類を熔融電解に處しアルミニウムを製造せんことを企てたり然れども氏は遂に好果を得ること能はずして止み一千八百五十四年ブレンセン氏に至りて始めて其

目的を達することを得たり蓋し氏は其電解質として鹽化アルミニウムと食鹽の複鹽を使用せしなり其後デビル氏はブレンセン氏の法を應用し大仕掛にアルミニウムを製造せんことを企てたりしが圖らずも實際上の困難に遭遇せり即ち電解の結果により發生する鹽素を速に除去すること能はざりしが故に此鹽素は陰極に於て生ぜしアルミニウムの一部分と再び化合して原鹽を復生し殘るアルミニウムは熔融鹽中に溶解して採集するに困難なること之なり去れば氏が折角の企望も水泡に歸するの止むなきに至れり是を以て氏は更に鹽化物に代ゆるに他鹽類を使用せば或は好果を得るならんと思考し一千八百五十九年クライオライト (Al_2F_6NaF) を熔融し礬土を含有せる陽極を以て之を電解せんことを試みたり蓋し氏が此礬土陽極を使用せんことを欲せるは電解によりて生じたる弗素をして此礬土に作用せしめ一は以て電解質を補充して作業を連綿たらしめ他は以て生じたるアルミニウムに作用することなからしめんが爲めなり故に氏は礬土を炭素と混し能く之を粘りて機械力を借りて之を壓搾し以て陽極となし礬土より發生する酸素をし

て炭酸瓦斯を作り且つ炭素の力によりて陽極の電氣傳達力を増さしめたり氏の此考案は實に巧妙なるものなりと雖も惜むべし其電解槽は熔融鹽の熱に耐ゆると能はず加之其陽極脆弱にして永く使用に堪へざりしかば折角の苦心も再び不成功に畢りたり爾來凡そ三十有余年の歲月アルミニウムの製造は種々の學者によりて研究せられ種々の方法を發見せられて諸所に之れが試験的製造所を建設せられたりと雖ども其大部分は半途にして挫折し殆んど成功せるものなし之れ其析離せしめたるアルミニウム金屬を一の熔融せる塊として集むること困難なるによる者にして其失敗を醸せし原因を尋ぬれば金屬アルミニウムが熔融鹽中に散在して第一酸化炭素の作用を受け再び礬土となると金屬アルミニウムの氣化すべき温度と其熔融點の相接近せるが爲めに金屬煙霧となりて損失に歸するもの多きが故なり去れば此等失敗に畢りし諸種の方法は素より之を逐蹤するの必要なしと雖ども金屬アルミニウムは當今其用途甚だ廣く世の工業家が之を製造せんことを熱望する切なると目今世に行はるゝ所の方法は其原料に制限ありて場所を撰ばず

アルミニウム製造の大別法

して之を製造すること難く去りてアルミニウムの鹽類は天然土壤中に多量に存在するものなれば従つて此等原料に就き未知の方法を發見して金屬アルミニウムを製造せんことを研究するの必要あるが爲め此等諸學者の研究せし原理を一束して其大要を敘述するは敢て無益の業にあらざると信ずるを以て左に之を陳べ以て研究の指針となさんとす

抑も此等諸學者によりて研究せられたる方法は之を大別して左の三種となすことを得べし

第一 アルミニウムの鹽類又は其鑛石を粉碎し炭素未と混じ電氣孤焰熱又は電氣抵抗熱(本書第七編參照を以て之を熱しアルミニウムを還元する方法

第二 アルミニウム鹽類を水溶液となし之を電解に處する方法

第三 アルミニウム鹽類又は鑛石を熔融せしめ之を電解する方法

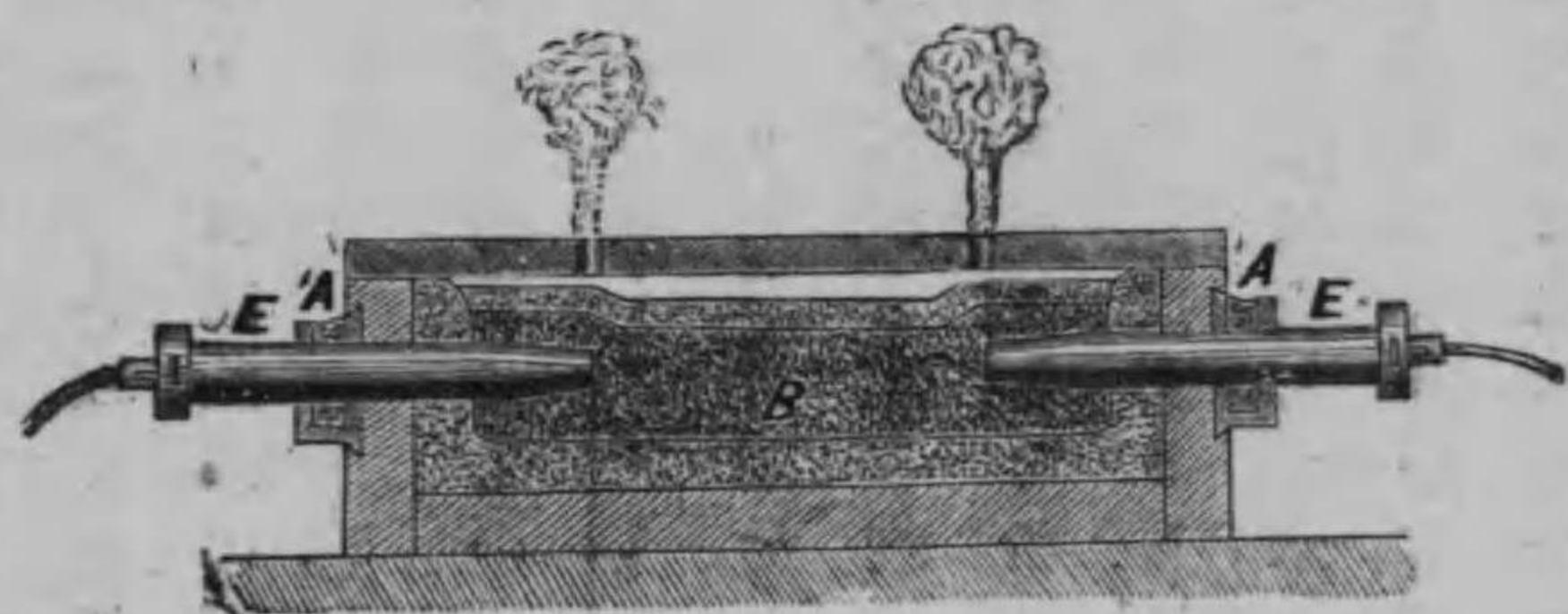
今第一法に屬するものゝ一例としてカウル氏の方法を陳ぶべし氏は一千八百八十四年礬土を炭素未と混じ電氣熱の作用により還元することを得てア

カウル氏の方法

ルミニウムの製造に一新開路を通せり氏が使用せし電氣爐は第四百四十四圖

に示すが如く一種の抵抗爐なり即ちA Aは電爐にして上部に蓋を有せりBは被熱體にしてE Eは炭素電極なりとす然れども此方法によりて得たる所の金屬アルミニウムは常に炭素を含有して不純なるが故に工業上之を使用することを得ず此を以て氏は遂に此法により純アルミニウムの製造を斷念し其合金を製造するを以つて満足せんとせり即ち還元析離する金屬を鏡又は銅に觸接せしめ以て合金たらしむるにあるなり然れどもアルミニウムの合金は其純金屬の如く需用盛なるものにあらず且つ亦其用途ありとするもカウル氏の方法によりて得たる合金は其質不純なるが故に現今の

第四百四十四圖



有様に於ては需用あるに際し純アルミニウムと他金属を熔融せしめ特に之を製造するを常となすを以てカウル氏の方法は亦遂に成立すること能はずして止めり去れば此種の製造方法は其數多しと雖ども一も好果を與へしものなきなり

次に第二法に屬するものは其考案の根據既に誤まれる者にして本書第二編に陳べたるが如くアルミニウムは金属の電位序列に於て既に高き電位を有し水溶液より電解析離せしめて其儘存在し化學的副變化を起さしめざるにと到底望むべからざる者なり然るに多くの學者が之を誤まり其水溶液を電解してアルミニウムを析離せしめんと企てたるはアルミニウム金属又は其粉末を水中に投ずるもアルカリ金属の如く水を分解するとなきを以てなり然れども之れ決して水を分解せざるにあらず其水に投ぜられたる瞬間には水を分解するも其分解の結果水に不溶解性の水酸化アルミニウムを作り其粉を包圍して水の觸接を妨ぐるが故に其作用は直ちに中止すればなり然るに電解に於て析離し來るアルミニウムは細微なる形狀を以て漸次に析離

水溶液の電解

し來るが故に常に新鮮なる表面を以て水と相觸接するが爲めに其分解作用は決して絶ゆることなく且つ生じたる水酸化アルミニウムは漸次陰極表面に厚層を作り其陰極は遂に電流を通ぜざるに至るべし去れば溶液の電解によりてアルミニウムを得んと希望は到底誤解たるを免れざるなり

斯くの如く第一並に第二の原理に屬するアルミニウムの製造方法は何れも皆全く不成功に畢り第三原理に屬するものもデービー氏の失敗以來殆んど之を試むるものなかりしが一千八百八十五年佛人ヘルツ氏は再びデービー氏の方法を試みんことを企て種々苦心の結果遂に良好なる成績を得て一千八百八十七年遂に獨國政府に特許を出願しアルミニウムの製造工業に一新紀元を與へたり是によりてアルミニウムの價格は頓に暴落し從來貴重金属として取扱はれしアルミニウムも一躍して工業用材料となりて他の銅鐵と同一の取扱を受くるに至れり之れ一千八百九十年の事にして恰もヘルツ氏が其特許法によりアルミニウムを大仕掛に製造し以て其製品を市場に供給せし時に相當せり今参考の爲め獨國市場に於けるアルミニウム一キロ

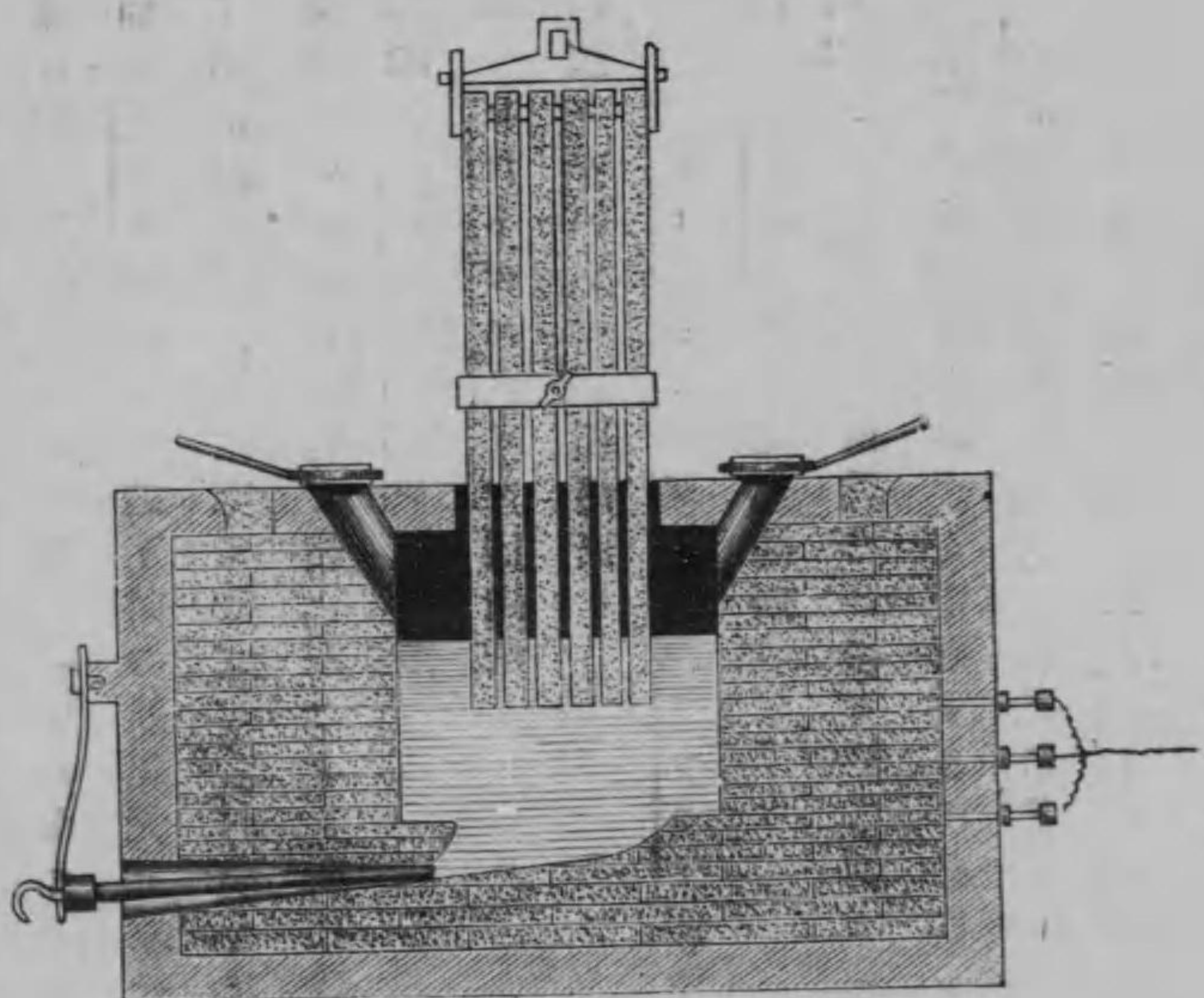
グラムの價格年次表を示せば次の如し

一千八百五十四年	二四〇〇馬克
一千八百六十五年	一〇〇
一千八百八十五年	五〇
一千八百八十九年	四〇
一千八百九十年	四
一千八百九十九年	三
一千九百〇一年	二、五乃至二馬克

ヘルツ
氏の方法

即ちヘルツ氏の發見より其價格一躍して十分の一に下落せしなり
 ヘルツ氏の取りし所の方法は礬土を熔融せしめ之を電解に處するにある
 者にして其電解装置は第百四十五圖に示すが如し即ち鐵製の箱の内部に炭
 素煉瓦を疊みて坩堝となし熔融鹽の容器と陰極を兼ねしむ故に此鐵箱は發
 電機の陰極に連結せらるゝなり陽極は數本の炭素棒を一束となして鐵枠に
 挿み鐵鎖によりて坩堝中に懸垂せり蓋し此坩堝は黒鉛板により覆はるゝが

第百四十五圖



故に蓋の中央には陽極を
 通ずる大なる孔と其四側
 に原料裝填孔と發生瓦斯
 誘導孔あり又坩堝の側壁
 には熔融せる金屬アルミ
 ニウムを拔出す孔ありて
 常には炭素棒を以て之を
 塞げるなりヘルツ氏が
 斯の如き發見をなせしと
 同時に亦獨國柏林市アル
 グマイネ電氣會社技師ド
 クトルキリヤニ氏も礬土
 より純アルミニウム製造
 の方法を發見し之を公に

したりしかば爰に此等兩發見者は相互合同し一千八百八十八年瑞西國ライ
ン瀑布に於て其製造工場を起し一千八百九十年其製品を市場に出し遂に前
記の如くアルミニウム製造工業の新紀元を來せしなり之よりアルミニウム
製造工場は蹤を逐ふて諸處に設立せられ現今に於ては此兩氏の方法により
作業せるもの歐州のみにて實に左の七ヶ所に達せり

- 獨乙國 ラインフェルデン 製造所
- 澳國 レントガスタイン 製造所
- 瑞西國 ノイハウゼン 製造所
- 佛國 フロージ、ジャルダン及びラブラー 製造所
- 蘇國 フライエー瀑布製造所

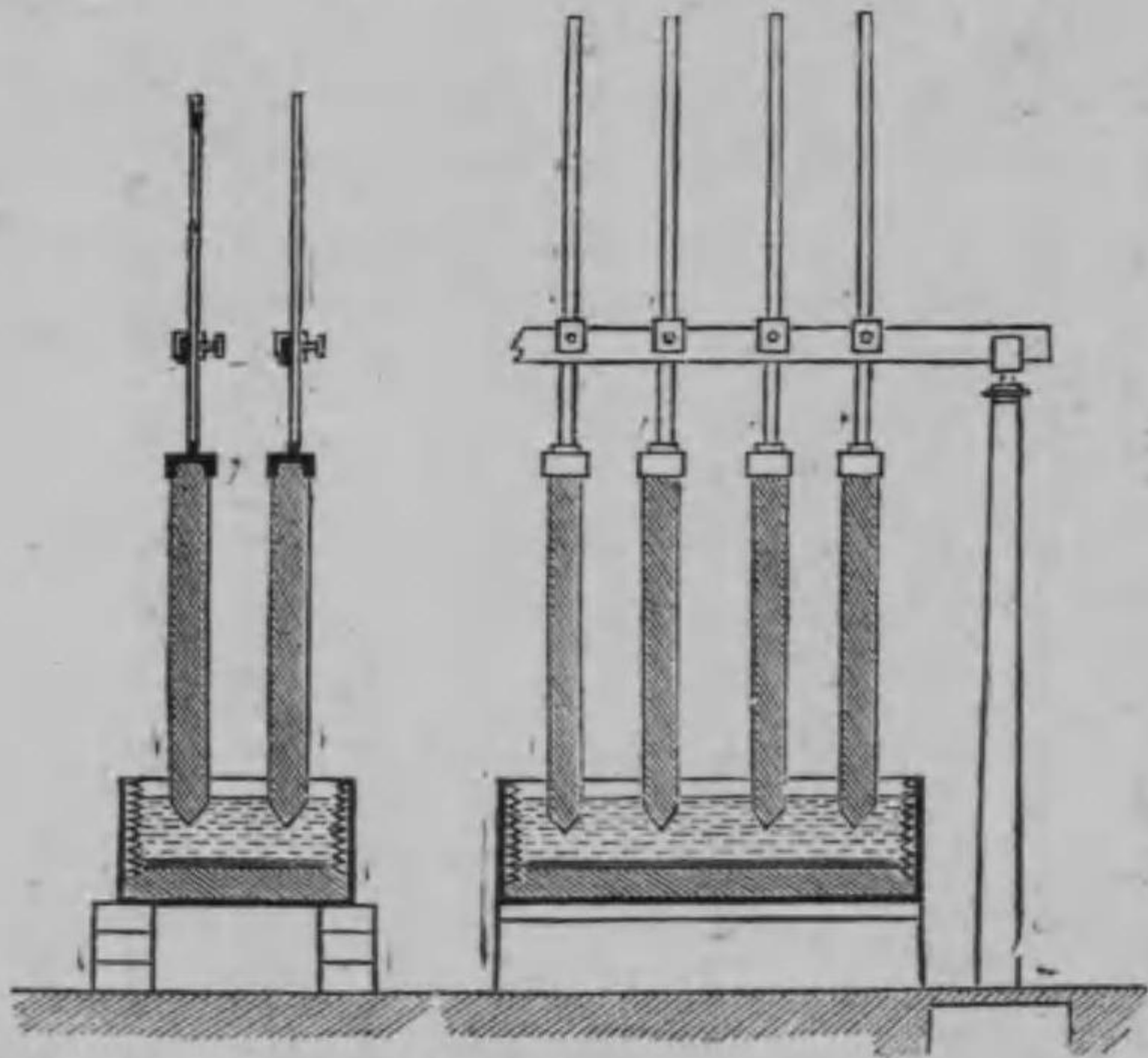
ヘルル及ビキリヤニ兩氏の合同方法は熔融せるクライオライト $(Al_2F_6 \cdot 6NaCl)$ に礬土を溶解せしめ之を電解するにあるものにして其結果は金屬アルミニウムを陰極に析離し弗素を陽極に析離す此弗素は直ちに熔融物中に溶解存在せる礬土と化合して弗化アルミニウムを複製し酸素を放散するなり

現今に於けるアルミニウム製造所

ヘルル及ビキリヤニ兩氏の方法

去ればクライオライトは礬土の溶解劑となりて電解質の溫度を低下せしむると同時に一種の分解媒介作用をなすものなり其電解装置は甚だ簡單なるものにして第四百十六乃至第四百十八圖に示すが如く鍛鐵製の扁平なる箱より成り其底部に炭素煉瓦を敷き詰め以て陰極として作用せしむると同時に熔融鹽の鑊槽を腐蝕する作用を防がしむ其側部直立壁は外氣の冷却作用あるが故に此部に於ては其熔融せる鹽類常に凝固し以て其腐蝕作用を遏ふること能はざらしむるなり時として

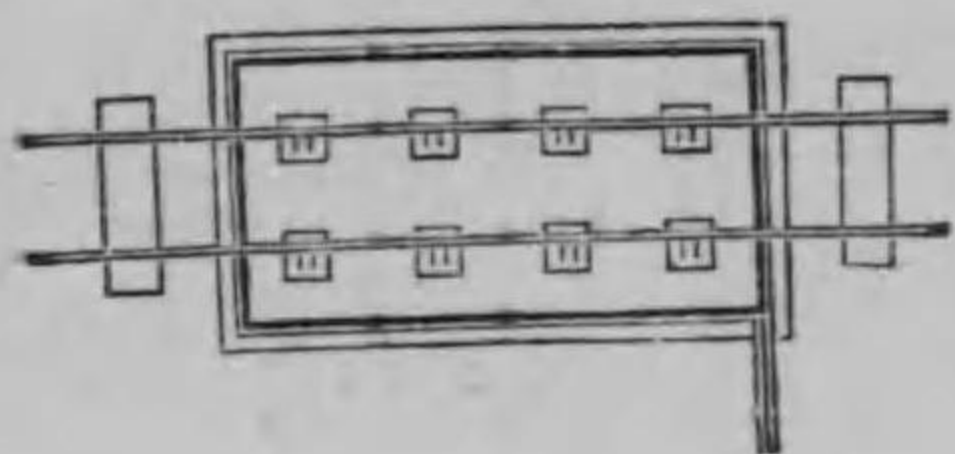
圖六十四百第



圖七十四百第

と能はざらしむるなり時として

第百四十八圖



は亦此炭素煉瓦に代ゆるに礬土塊を以てすることあり然るときは其表面に鐵板を置き鐵條を以て之を槽底鐵板に連続せるなり何れにもせよ一度電解起りて熔融せる金屬アルミニウムが槽底に堆積するに至れば最早陰極作用は此生成アルミニウムによりて成さるゝ者なり陽極は數本の炭素棒より成り上部より懸垂せられて其尖端熔融鹽の表面より僅に之に浸漬せるなり此電解槽は數個の絶縁體上に安置せらるゝものにして槽底下の空間に空氣の流通自在らしむ之れ其目的とする所は熔融鹽の温度を加減するにあるものにして其温度高きときは析離せるアルミニウムは鐵と合金を作るのみならず煙霧となりて損失すること多きを以て斯る場合には槽底下の空氣流通を盛ならしめ以て其温度を低下せしむるなり今此装置を以て電解を開始せんには粉碎せるクライオライトに一〇%の礬土を加へたる混合物を以て之に装填し陽極を卸して始ると陰極面に近づ

かしめ之に電流を通ずれば其混合物は熔融し始むべし是に於て其陽極を漸次に引揚ぐるときは直ちに電解は開始せられ之より後は其熔融鹽の抵抗により發生する熱を以て其殘部を熔融せしむるを得るなり蓋し其熔融温度は攝氏九四〇度にしてクライオライトのみなれば攝氏八〇〇度なりとす槽内に於ける礬土の量は電解進行するに従ひ漸次減少するものなれば時々之を補充するを要するも其量は決して一時に多量を加ふべからず若し一時に多量を加へ其量二〇%に達すれば熔融鹽は直ちに凝固するの虞あるなり陰極に集合せしアルミニウムは時々之を汲出するものなれども決して全部を一時に汲出すべからず之れ常に少量のアルミニウムを槽底に殘留せしめ以て陰極作用をなさしむるが爲めなり陽極の炭素は發生する酸素の爲めに常に酸化せられ次第に損傷するが故に之れ亦時々取替まるの必要ありとす其電流作業能率は熔融鹽の温度によりて大なる影響を受くるものにして其温度高きときは其能率甚だ惡し故に其温度は可成的低下せしめ僅に其熔融狀態を保持せしむるに止めざるべからず而して其温度は陽極の電流密度によ

電流密度

りて左右せらるゝものなれば陽極断面一平方デシメートルに對し通常三〇〇乃至五〇〇アムペヤを通じ其各陽極間距離を七〇ミリメートルに保たしむ去れば其電壓は約一〇ボルト内外に止まるものなり

斯くの如くせば其作業連絡しクライオライトの量は常に復舊せられて損失する所なく少量のクライオライトを以て多量のアルミニウムを作ることを得るの理なれども實際の作業に於ては幾分かの弗素は失はれて漸次にクライオライトの量を減ずるを以て礬土を追加すると同時に幾分のクライオライトを補充せざるべからず

元來金屬アルミニウムは其比重軽く常溫に於ては僅に二、七にしてクライオライトの比重は常溫に於ては三、〇なれば電解により析離し來る所の金屬は熔融物の表面に浮遊すべきの理なれども實際に於ては常に能く器底に沈滯す此現象は一見奇異の觀を呈するが如しと雖ども其由來する處は熔融溫度に於ては此兩者其比重を減するの度を異にするが爲めなり今其比重表を示せば次の如し

アルミニウムの比

品名

比

重

アルミニウム	二、五四	凝固せるとき	二、六六
クライオライト	二、〇八		二、九二
礬土を以て飽和せるクライオライト	二、三五		二、九〇

熔融せるとき

凝固せるとき

原料精撰の必要

ヘルール及びキリヤニ氏の合同方法は斯の如く遂に能く成功し現今製造せらるゝアルミニウムの大部分は殆んど此法によりて製造せらるゝものなりと雖ども此方法とて若し其原料の精撰宜しきを得ざるときは決して良好なる結果を得ること能はざるなり是を以て此兩氏が始めて其方法を實地に行ひしときは三乃至四%の矽石を有せる礬土を使用したりしかば其製品たるアルミニウムも亦三乃至四%の矽素を含有し工業上使用に耐へざりしなり故に兩氏は爰に原料精撰の必要を感し遂に左の成分を有する礬土を使用し

酸化アルミニウム

九九、〇%

水分	〇、一八%
酸化アルカリ	〇、〇三五
酸化鐵	〇、五〇
殘餘	

て始めて良好なる結果を得たりしなり
 クライオライトも亦通常多少の硅石を含有す其成分は素より一様ならずと
 雖ども其普通にあるものを分析せば左の如し

酸化アルミニウム	二三、三〇
酸化ナトリウム	四二、五〇
硅酸	三、一〇
酸化鐵	〇、二八
水分	〇、七五
弗素	殘餘

去れば此者も亦使用の際豫め之れを精製するの必要あるなり教授ハーパー

礬土精製法

氏は人造クライオライトの次の如き成分を有するものを作り天産物との比

酸化アルミニウム	三一、五〇
酸化ナトリウム	三三、〇〇
硅酸	〇、二〇
液化鐵	〇、〇三
水分	三、五〇
弗素	殘餘

較試験を行ひ人造クライオライトより得たる金屬は非常に純粹にして併も
 其作業甚だ容易なるを發見せり之れ人造クライオライトは其電氣導度良好
 にして且つ其熔融温度低きが故斯る好果を呈せしものなり去れば此法によ
 りアルミニウムを作るには原料の撰擇及び其精製尤必要なれば左に其大要
 を陳ぶべし

礬土精製法

礬土はボーキサイトなる鑛石となりて天然に産出す其成分は水酸化アルミ

ニウムにして通常硅酸又は酸化鐵の不純物を有せり其酸化鐵多きものは赤色をなし其硅酸多きものは白色をなす何れも皆大約七〇%の水酸化アルミニウムを含有せるものにして其赤色の者は二〇乃至二五%の酸化鐵及一乃至五%の硅酸を夾雜し白色の者は五%内外の酸化鐵と二五%の硅酸を含有せり又時としてはチタン酸を含み其量三%にも達することあり此等二種の内アルミニウム製造の原料として多く使用せらるゝものは赤色の者にして白色の者は赤色材料の缺乏せるとき之に代用せらるゝものなり故に其精製法も其種類の赤色なると白色なるとによりて異なるものなりとす

赤色のボーグサイトより純粹なる礬土を精製するには礬石を粉碎し之に凡四分ノ一乃至三分ノ一の曹達を加へ反射爐に於て熔融せしむれば礬土はアルミニウム酸となり溶解性となるも鐵は其儘殘留すべし故に之を水に溶解瀘過し其瀘液に炭酸瓦斯を通ずれば再び曹達と水酸化アルミニウムを得て後者は沈降すべし是に於て瀘過又は傾瀉法によりて其沈降物を分ち之を乾燥し使用するなり或は亦礬石の粉碎せるものを強きアルカリ比重一、四五七

液にて凡五氣壓の壓力の下に處理するも礬土は溶解性に變ずべし之を瀘過分解して壓搾瀘過器によりて固むるなり

白色のボーキサイトより純礬土を製するには硫酸を使用す其濃度は一、七六〇度ボーメーの比重を有せるものにして硅酸は其作用を受けざれども礬土は硫酸アルミニウムとなりて溶解すべし此時若し礬石中にマグネシヤ又は鐵を含有するときは此等の者も共に溶解するが故に鐵多き時は先づ之を黄色血滴鹽硫化石灰又は蔞酸を以て沈澱せしめ除去し置くべし斯くして生じたる硫酸礬土は真空蒸發器によりて之を蒸發し然る後之を反射爐若しくはマツフル爐にて燒固熱灼し硫酸を分解せしめ純粹なる礬土を爐中に殘さしむ斯くして得たる酸化アルミニウムは氣孔質の白色塊にして粉碎するに易く且つ水分を吸收せざるが故に直ちに之を電解に使用することを得るなり

クライオライトの精製法

クライオライトは南部グリーンランドの特産物にして亦白色と黒色の二種あり何れも皆石英、硫化鐵、炭酸鐵及び硫化鉛等の不純物を含有し又時として

クライオ
ライトの
精製法

は銅、錫、亜鉛、モリブデン、タム等を含む去れば之れ亦使用前之を精製せざるべからず元來ヘルツル及びギリヤニ氏の方法にありてはクライオライトは單に熔融劑として使用せらるゝのみなれば最初一度電解爐中に容るゝ時は常に循環復生せらるゝを以て其損失に歸する部分は單に作業上機械的に失はるものと陽極に於て發生する弗素の礬土に化合すること能はずして其儘放散せしもののみなれば之が填補に要する量は至極少量なるものなり而して此等損失中後者の原因に屬するものはクライオライトの損失にあらずして弗化アルミニウム^{アルミニウム}の損失なり故に全部の損失をクライオライトにて填補するときは槽内に於ける弗化曹達の量は漸次に増加しアルミニウムの總量は次第に減少するを以て之れが填補は可成弗化アルミニウム^{アルミニウム}を以てするを宜しとす然るに此弗化アルミニウム^{アルミニウム}は天然に産出せざるが故に是非共之を人工製造に仰がざるべからず従つてクライオライトも共に人工製造せば其勞力は五十歩百歩にして併も純粹なるものを得良質のアルミニウム^{アルミニウム}を製造することを得るが故に當今歐米諸國に於てはクライオライト及び弗化アルミ

弗化アルミ
ニウムの
人工製
造

ニウムを自家工場にて製造使用せる所甚多し此兩者を人工的製造するには弗化水素酸を要するものにして之を作るには螢石を粉碎し之に硫酸の濃厚なるもの比重一七を作用せしめ之を蒸溜し其蒸液氣を水中に吸入せしむるにあるものにして其比重一六度ポトメーに達したるものを使用す蓋し弗化水素酸の蒸液氣は粘膜並に皮膚を劇しく腐蝕するものにして之を取扱ふには充分の注意を拂はざるべからず而して此弗化水素酸に礬土若しくは礬土と曹達を飽和せしむれば弗化アルミニウム^{アルミニウム}若しくは人造クライオライトを得るものなれども此作業も亦尤も注意を要するものにして決して其操作を誤るべからず即ち此等固形體の上に攪拌しつゝ弗化水素酸を注ぐべきものにして決して多量の酸中に固形體を加ふべからざるなり若し誤りて弗化水素酸中に固形體を投ずるときは其化合熱の大なる爲めに爾余の弗化水素酸を蒸液し爲めに皮膚及呼吸器を侵し最早此作業を持続すること能はざらむるに至るべし之れに反して酸を固形體上に注ぐときは礬土^{礬土}化合熱の發生することあるも之れが爲めに蒸液するものは無害なる水分のみなれば作業

上危険あることなきものとする其製品は弗化アルミニウムの場合に於ては多くは鹽基性弗化アルミニウム (AlOEt) を生じクライオライトの場合に於ては純粹なる中性鹽を生ずるなり之を蒸發乾涸し次に之を熱灼して悉く水分を除去せば直ちに之を電解に使用することを得るなり

ミネー、ホール氏のアルミニウム製造法

此方法はヘルツル及びキリヤニ氏の方法と稍異なるものなり佛國のサポイ並にサン、ミツチエル地方にて六〇〇馬力以上の電力を以て作業せるものにして熔融劑として七〇%の食鹽及び三〇%のクライオライトを使用し摺土を電解に處するなり蓋し此熔融劑の熔融溫度は攝氏六七五度にして其沸騰溫度は攝氏一〇五〇度なり故に此方法に於ては通常八〇〇度前後の溫度に於て作業せるものにして此熔融鹽は淡薄なる液となり電解に甚だ適せり而して其蒸發損失は二十四時間に於て電解器内含有量の五%に達せず此損失量は電解中時々食鹽及びクライオライトの補充を要するものにして析離せるアルミニウムは摺土及び少量の弗化アルミニウムの填補によりて作業

ミネー、
ホール氏の
アルミニ
ウム製造
法

を連続せしむることを得るなり其電壓は七乃至八ボルトとす其電解槽は鍊製の箱にして内底に炭素塊を敷きたることヘルツル及びキリヤニ氏の槽に異ならず其電流作業能率は約七〇%なり

ヒツ、バ
ルクレダ
クシヨ
コムバニ
の製造
状況

米國ビツ、バルグ、レダクシヨ、コムバニはニヤガラ瀑布に於て此ホール氏の方法を以て作業し二〇〇〇馬力の電力を使用せり教授ハーバー氏が此工場を視察し獨國電氣化學會に於て報告せる大要を掲ぐれば左の如し此會社が使用せる電解槽は長さ一、八メートル高さ並に幅一メートルにして鐵板を以て作り其内底は炭素塊を敷き詰め稍、一方に傾斜して其低き處にアルミニウムの拔出孔を有せり其熔融鹽即ち電解質はクライオライト弗化アルミニウム並に摺土を各分子量の比に混じたる者にして時には之に螢石を附加せるとあり陽極は長さ四五センチメートル其斷面四四平方センチメートルの炭素極四列より成り各列に一〇若しくは一一本を有す此各一本の電流負擔量は二五〇アマペヤにして全部に於て一〇〇〇アマペヤを通ず此熔融鹽は凡そ一五センチメートルの深にて存在し陽極は液面より凡そ一二セ

センチメートル侵入して陰極面と凡そ三センチメートルを隔つるのみ其電壓は七乃至八ボルトにして漸次低下し五乃至六ボルトに至る其温度は攝氏九〇〇度乃至一〇〇〇度の間にあり熔融せる混合物は作業中槽側に於て漸次凝固し來るを常とす去れば時々之を衝き落し熔融せしめざるべからず故に此勞を避くる爲め此工場に於ては熔融液面に炭粉を散布せり蓋し此炭粉を散布せば熱の放散減少するが爲め側部に於て鹽類の凝固するを防ぎ且つ放散熱の爲めに職工の熱中傷を受くると少くなく従つて其作業非常に容易となるのみならず熔融鹽の蒸發を防ぎ且つ電解の結果放散する所の酸素は此炭末と化合して炭酸瓦斯となり去るを以て陽極の周圍は炭酸瓦斯多く爲めに陽極の損傷を軽減するの利あり加之電解の爲め消費せられたる礬土は常に補充せらるべききものなれば之を炭末上に散布せしめば其含有水分は悉く蒸發し去り全く乾燥したる頃之を熔融鹽中に衝き入れらるゝを以て礬土は炭末と共に其内部に沈みて溶解し炭末のみ再び浮遊して其作業平滑に進行するものなり此工場に於ては天然のクライオライトを使用せるが故に電解

の當初に於ては其製品中多少の鍍及び硅素を含有せるアルミニウムを生ずれども其補充に使用せらるゝ礬土は精製せられあるが故に暫時にして殆んど此等不純物なきものを得るなり其電流作業能率は甚だ一定せずと雖ども平均約七―%に達し一キログラムのアルミニウムを作るに要する電力は一時間三一馬力を要するの割なり又ジョーゼフ・リチャード氏の報告によれば槽の電壓五ボルトにして各槽約六〇馬力を要する装置を以て作業したる結果一キログラムのアルミニウムを得るに一時間三〇馬力を要したりと云へり去れば此報告によるも電流作業能率は約七〇%にして其殘部は損失となるなり此損失の原因は教授ハイパー氏の説明によれば金屬煙霧の生成と電流と短絡によるものなりと云へり

以上陳ぶる所の方法により得たるアルミニウムは普通左記の品位を有するものにして

アルミニウム

九八、八二

鐵

〇、二七

硅素

〇、一五

銅

〇、三五

ナトリウム

〇、一〇

炭素

〇、四一

窒素及チタニウム等

痕跡

鑄型に鑄込むか或はロールにかけて延板又は針線となし市場に販賣するな

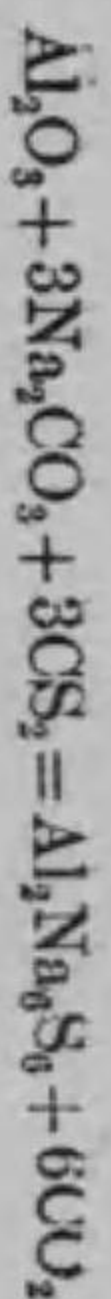
り

エーニ
ゲン氏の
アルミニ
ウム製造
法

アルミニウムの製造に付きては特許法甚だ多し其多くは前記と同一原理にしてアルミニウムのハロゲン鹽にアルカリのハロゲン鹽を加へて其熔融温度を稍變じたる者のみなれば本書に於て特に記載するの價値あるものなし然れども爰に其原理に於て全く前者と異なるものあり即ち硫化アルミニウムと硫化ナトリウムの複鹽を熔融せしめ電解してアルミニウムを得んとするエーニゲン氏の特許法之なり氏は此複鹽を作るに次式に示すか如き反應を使用せるものにして

ベニヤコ
ウフ氏の
方法
ブヘル
氏の方法

其原料たる硫化炭素の高價なる遂に此法をして不成功に畢らしめたり故にベニヤコウフ氏は之に代ゆるに硫酸礬土と硫化金屬を以て爐内に於て還元せしめ前記複硫化物を作らんとせりブヘル氏も亦同一原理により次式に示す反應を利用せり



然れども此方法は尙未だ完全なること能はずして複硫化鹽の電解は其電解質たる複鹽製造の困難なるが爲め今日尙之を作業せる所あるを聞かず

アルミニウムの性質及其用途

アルミニウムは輕金屬にして其比重は二、六四乃至二、七の間にあり故に今之を他の日用金屬に比するに鐵は此者よりも二、九倍重く銅は三、三七倍鉛は四、三倍金は七、三七倍重きなり此者は攝氏七〇〇度の温にて熔融し熱の良導體なり亦能く電氣を傳達す然れども其電氣導度は含有せる不純物によりて非常なる影響を受くるものなり今純銅の電氣導度を標準とし之を百なる數を

アルミニ
ウムの性
質及其用
途

以て示せばアルミニウムの導度は次の如し

アルミニウムの純度

電氣傳達度

九八、五%

五五、〇

九九、〇

五九、〇

九九、五

六一、〇

九九、七五

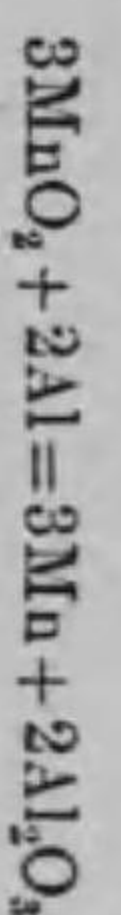
六三、〇乃至六四、〇

一〇〇、〇〇

六六、〇乃至六七、〇

斯くの如くアルミニウムは能く電氣を傳達するものにして之を一度熱灼せば尙其傳達力を約百分の一計り増加し併も其重量は約銅の三分の一なれば今其電氣傳達力を銅の六〇%と假定するも同一の電流を傳達するに要する銅とアルミニウムの重量の比は九と五の比なり故に近時米國に於ては僻地に於ける水力電氣を遠隔せる繁華の地に送達するに悦びて之を使用せるなりアルミニウムは亦工業上緊要なる還元劑として使用せらる之れアルミニウムは非常なる陽性金屬なるが故にして然も其燃焼するとき即ち酸化物と

なるとき發生する熱は多量(一キログラムより七百十四萬カロリーを發生す)にして其生成物たる礬土は非常なる高温度にあらざれば蒸發氣化せざるが故に發生熱の殆んど全部を一小區域に集中し高き溫度を生ずるが爲めなり是を以て鐵の鑄物をなすに當り鑄型するの際少量のアルミニウム(〇、一乃至〇、二%若くはアルミニウム鐵の合金を之に加ふれば酸化鐵は悉く還元せられ同時に發生する熱の力によりて熔融せる鐵は益淡くなり其中に含有せる氣泡は逃散し去りて一樣なる鑄物をなすことを得るを以て當時鑄鐵業者は悦びて之を使用す其他亦難還元酸化物より其金屬を還元するにも使用せらるゝものにして金屬マンガン及びクロームは電爐に於て炭素を以て還元するに當り常に多少の炭素を混有するが故に當時は悉く之をアルミニウムにより還元することゝなれり之を行ふには



の比に酸化物とアルミニウム粉をとり能く之を混和し坩堝中に入れ金層マ

グネシユムの點火したるもの又はアルミニウムと過酸化バリウム及びビシエラックを混じて導火線となしたるものにより點火するときは其全部は直ちに熔融し還元せられたる金屬は其底部に沈降すべし元來アルミニウムは他金屬と合金し易きものなれば還元せられたるものと合金する様考へらるれども實際に於ては然らずして甚だ純粹なるものを得るなり其純度は通常左の如し

クローム

九八、六五%

鐵

〇、八

硅素

〇、三

此時得たるアルミニウムの酸化物は非常に純粹なるものにして其質非常に堅く研磨劑として使用することを得るものとす

アルミニウムによりて金屬を還元する場合に發生する所の熱は其温度非常に高きが故に此熱は亦能く鐵片を融着せしむるを得るなり此事柄はゴールド、シユミット氏によりて發見せられ此混合物はテルミットと名づけられ

アルミニ

アルミニ
ウム汞

たり即ち酸化鐵とアルミニウムを混じマグネシット坩堝中に燃燒せしめ其熔融物を豫め準備せられたる鐵片の融着すべき所の周圍に注ぐ時は最初流出せし礬土は冷き鐵片に觸れて凝固するも後を逐ひ來る所の熔融物の温度は鐵の融着すべき温度よりも高きが故に鐵片は其融着温度以上に熱せらるゝを以て注入の際其鐵片を兩端より互に相壓する時は遂に之を融着せしむることを得るなり此の時アルミニウムの爲めに還元せられたる鐵は礬土中に混存するものにして鐵片と結合することなければ還元せらるべき者は獨り鐵に限らざるなり去ればゴールドシユミットの所謂テルミットなるものは當時鐵道工事に於て其軌條を融着せしめ又は水道及瓦斯工事に於ても其鐵管を融着せしむるに使用せらるゝものなり又アルミニウムを水銀と混じたるアルミニウム汞は化學實驗に於て還元劑として使用せらるゝものなり蓋し普通還元劑として使用せらるゝナトリウム汞は能く還元力を有すと雖ども其結果苛性曹達を生じ液を鹽基性になすなり然るにアルミニウム汞によりて還元するときは其生成物は水酸化アルミニウムにして液を鹽基性

にするの恐なければ斯る場合即ち鹽基性を忌むの場合に多く使用せらるゝものなりとす

アルミニウムは又他金屬と融合せば能く合金を作ること既に陳べたるが如し其合金中當時大なる用途を有するはアルミニウムブロンズなりとす此者はアルミニウムと銅を融合したるものにして其銅量の多少により銀白色より金黄色間の種々の色彩を呈するにより裝飾品として多く使用せらる俗にアルミと稱するもの即ち之なり時に近年に至りマグナリウムと稱するマグネシウム及びアルミニウムの合金は其前途甚だ有望なり蓋しマグナリウムの比重はアルミニウムよりも一層軽く而して其質も硬にして併も能く種々の機械的加工に耐へ且つ耐伸力あるが故に橋梁等の材料として適當の者なるが如し

其他アルミニウムの應用は水及空氣の腐蝕作用に耐へ且つ磨滅すると少なきが故に物理學並に醫療器械の製作又は食器其他日常器具の製造に使用せらるゝこと多く特に其重量輕きが故に軍用携帯行具の製造に賞用せられ亦

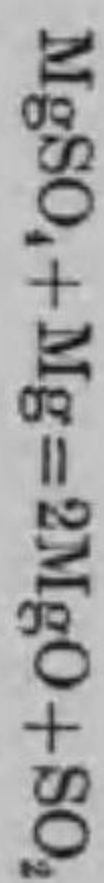
アルミニ
ウム
ブロンズマグナリ
ウム

粉末となして塗料として盛に使用せらるゝものなり

第二 マグネシウム

マグネシウムを電解によりて製する方法はブレンセン氏によりて發見せられたものにして氏は乾燥せる鹽化マグネシウムを熔融せしめ之を電解に處せしなり其後マツチーセン氏は天産物たるカーナライト ($MgCl_2 + KCl + 6H_2O$) を以て人造鹽化マグネシウムに代用せんとを研究して意外なる困難に遭遇せり即ち析離し來る所のマグネシウムは常に微細なる小粒となり熔融物中に散在し之を集めて一塊とならしむること能はざるが故に電流の損失に歸するもの甚だ多く到底其經濟を保つこと能はざりし是を以てラエツテル氏は其原因を探究し遂に左の結果を得たり

カーナライト中には常に不純物として硫酸マグネシウムを含有せり此者はカーナライトの熔融せる時は其内に溶解存在して電解の結果析離せし金屬マグネシウムと相互に作用し酸化マグネシウムと亞硫酸瓦斯を作るなり



此生じたる酸化マグネシウムは更に析離し來る所の金屬を包圍して其表面に薄層を作り以て小粒の相互に結着するを妨ぐるにより之を集むるに難く爲めに電流作業能率は非常なる損失を受くるなり其他亦鹽類を熔融せしむる爲め外熱を用ゐたるときは其燃燒瓦斯をして可成熔融鹽に觸れしむべからず何となれば其含有水分が熔融物に作用する時は析離する鹽素と作用して鹽酸蒸汽を作り水酸化物生して熔融物を混濁めせし陰極に於て遂に水素の閃光を發しマグネシウムを析離せざるとあり更に亦其電流作業能率を損する所の者は熔融物中鐵鹽類の存在なりとす蓋し鐵鹽類の爰處に入り來るは熔融前其水分を去る爲め鐵器を使用して焼成するが爲め入り來るものにして此者は融解の際常にカーナライト中に多少存在するマグネシヤの作用を受けて酸化鐵となり陰極に觸るれば海綿狀の析離物を作り亦陽極に來りて鹽化鐵となるが爲め電流に損失を醸すものなり

去ればカーナライトは之を使用するに先だち豫め之を精製し置かざるべからず故に今ヲエツタル氏の精製法を陳ぶれば次の如し多數の大なる黒鉛坩

カーナ
ライトの精
製

坩を風爐に据へ之に市場販賣せるカーナライトを徐々に裝填し漸次に之を熱すればカーナライトは先づ其結晶水に溶解し沸騰して水分を蒸發すべし此間常に炭素棒を以て其内容物を衝き混ぜ其一部過熱せられて作りたる空所を破るべし否らざれば其空所に生じ滯積せる瓦斯は一時に爆裂して内容物を飛散するの恐あるなり斯の如くして其水分悉く蒸發するに至れば之に少量の鋸屑砂糖或は麥粉を還元劑として加へ攪拌しつゝ更に其温度を上昇せしめ暗赤熱に達せしむれば還元劑は硫酸マグネシウムに作用して一酸化炭素の火焰を發して燃ゆべし但し此攪拌には決して鐵棒等を使用すべからず之れ鹽化鐵の生成を恐るればなり其還元充分なるの頃試料をとり水に溶解せしめ鹽化バリウムの溶液を加ふれば硫酸鹽尙殘存するときは白色の沈澱を生るが故に白色を呈せざるに至る迄充分に還元せしめ然る後此坩埚を爐外に取り出し炭素の浮遊せるものを去り清澄せる融液を傾瀉して凝固せしめ之を密閉器中に貯ふるなり斯く精製したるものを電解に處すれば其電流作業能率は能く九〇%に達せしむることを得るなり

ヘメンリ
ゲンに於
ける製造
方法

獨國ヘメンリゲンに於て行へる方法は天然のカーナライトに代ゆるに人造物を以てせり蓋し天然のカーナライトには常に一〇乃至二〇%の食鹽を含有せるが故に同所に於ては次の如き成分を有せるものを使用せり

鹽化マグネシウム

四一、六六%

鹽化加里

三二、六六%

食鹽

二五、六六%

之を熔融せしめ電解に處して時々鹽化マグネシウムを補充し以て其成分を變せざらしむ而して析離するマグネシウムを個々分離せざらしむる爲め熔融物中に多少の螢石を加へり其電解装置は一の爐上に銅鐵黑鉛又は磁製の熔融器を据へ之に鹽類を容れて熔融せしめたるものなり而して銅及び鐵器にありては直ちに之を以て陰極となせるも其他の者にありては別に金屬圓筒を押しして陰極たらしむべし此熔融器は磁製の蓋を以て覆はれたるものにして之が中央に穿てる穴を通して炭素極を挿入せり蓋し此炭素極は磁製の圓筒を以て包まるゝものにして其圓筒の下部には一〇個の裂目を設け以

レバウ氏
の方法

て電流通過を妨げざらしむ此蓋には亦二個の孔ありて還元性の瓦斯を常に此器内に流通せしむるなり此電解に要する電壓は一平方メートルの極面に一〇〇〇アムペヤを通じたるとき七乃至八ボルトを示すものとす

第三 ペリ、ユム

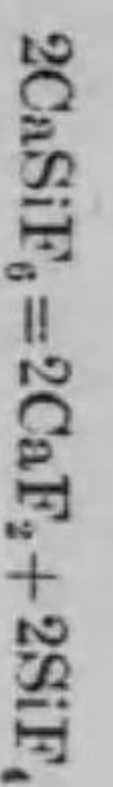
ペリ、ユムは空氣の侵蝕作用に耐ゆるの性ありて然も其比重軽く且つ其電氣導度は遙に銅に卓越せるが故に若し其産額大ならんには工業上必要なる金屬なりとす此者も亦其鹽類を熔融電解に處すれば陰極に析離し來るものなれども其ハロゲン鹽は電氣を通ぜざるが故にレバウ氏は此者とアルカリ金屬の複弗化物を作り之を熔融使用せり其成分は使用電流大なるときは攝氏三五二度に於いて熔融する($\text{BeF}_2 \cdot 2\text{NaF}$)を使用し其電流小なるときは暗赤熱にて熔融する($\text{BeF}_2 \cdot \text{NaF}$)を使用せり此混合鹽を作るにはペリ、ユムの水酸化物と曹達の計算量をとりの之を弗化水素酸に溶解し蒸發してニツケル坩堝に入れ熔融せしめたるものにして此ニツケル容器は同時に之を陰極として使用し炭素陽極を以て電解せしむるなり然るときはペリ、ユムは白色の不

規則なる結晶體となりて析出すべく之を取り水にて沸煮すれば結晶物のみを分ち得るなり

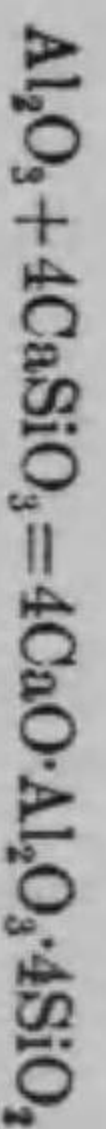
鑛石よりベリ、ユムを直ちに析離するにリーブマン氏は次の如く作業せり則ち鑛石を粉碎し之に螢石末を混じ更にアルカリ鹽化物を助融劑として加へ熔融せしめ電解に處するなり然るときは螢石は先づ鑛石中の硅酸中に作用し次の反應を起すべし



斯くの如くして生じたる硅弗化石灰は亦更に分解して



となり鑛石は其硅酸分を失ふべし斯く大部分の硅酸分を失ひたる熔融物を電解に處すればベリ、ユムは陰極に析離し殘留せられたる礬土は硅酸石灰と共に熔解し易き石灰長石を作り亦助融劑となるなり



第四 リチウム

グンツ氏の
方法

リチウムも亦一千八百五十四年ブンセン及びマツチーセン兩氏により始めて純粹に製造せられたるものにして其方法は鹽化リチウムを磁製の坩堝に入れ熱して之を熔融せしめ電解に處したるなり然れどもリチウムの比重は其熔融せる鹽類より輕きが故に陰極に於て分離せるものは直ちに熔融鹽の表面に浮遊し空氣に遭ふて燃燒するの恐あり是を以て種々の學者は此困難を除去せんが爲めに特別構造を有せる装置を用ゐたりしが其結果良好ならず然るにグンツ氏は其研究の際不純なる鹽類は純粹なるものよりも其熔融溫度低く而して電流作業能率も良好なることを發見したりしかば更に其熔融溫度に低下せんことを研究し一千八百九十八年遂に左の結果を發見せり

純粹なる鹽化リチウム

攝氏六〇〇度

純粹なる鹽化加里

七四〇

前兩者の各分子量の比に混する者

三八〇

鹽化加里二分子と鹽化リチウム

五五〇

一分子の比に混せるもの

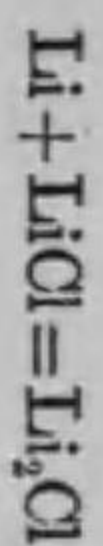
五一

鹽化加里及び鹽化リチウムを

同重量に混ぜるもの

四五〇

去れば鹽化加里と鹽化リチウムを各分子量の比に混するもの最熔融し易きなり故に先づ此兩者を同重量に混じ攝氏四五〇度にて熔解し電解に處すればリチウムは次第に減少すべし而してリチウムはカリウムに比すれば輕金屬なるが故に其量減ずるに従ひ或程度化學等量の比になる迄迄は其熔融溫度を低下するを以て外部より熱を補ふの必要なくして其熔融状態を變ずることなし斯る低溫度に於ては析離したる金屬の損失するもの甚だ少なく又副變化を起して亞鹽化リチウムとなるの變化は攝氏七〇〇度以上の



溫度にあらざれば起らざるが故に電流作業能率は大に良好となるなり

今リチウムの鑛石より此金屬を採取せんと欲せば先づ其粉碎せる鑛石を鹽酸亦は硫酸を以て處理し其鹽化鹽又は硫酸鹽に化したるものを温湯にて浸出し之にアルカリ液を加へて重金屬の水酸化物並にマグネシヤを沈澱せし

鑛石より
リチウムの
採取

め其濾液を蒸發乾涸せしめ其遊離せるアルカリを除去せんが爲に鹽化アムモニウムを加へ之を熔融し之に同量の鹽化加里を加へ電解に處するなり其電解槽は凡そ一〇センチメートルの高さを有せる磁製の器にして之に二キログラムの混合鹽を入れ之を熔融せしめ之に陰極として一五ミリメートル太き鐵棒を用ゐる之を磁管にて包圍して槽の中央に立たしめ其周圍に陽極として炭素棒三本を使用するなり之に六〇乃至八〇アマペヤの電流を通ずれば其電壓一〇乃至一二ボルトを示し電解すること凡二時間にして約二五瓦の金屬リチウムを得べし蓋しリチウムの熔融溫度は攝氏一八五度なるが故に此磁管中に集まりしリチウムを取出すには冷却せる鐵匙を以て磁管の底部を塞き陰極諸共に槽外に出せば暫時にして熔融鹽は固結すべし是に於て其金屬を乾燥せる硝子壺中に注げば純粹なる金屬リチウムを得るなり之を工業的に製造せんと欲せば其装置はカストネル氏のナトリウム製造装置を使用するものなり(ナトリウムの章を見よ)

鐵陰極を使用したるときは純粹なる金屬を得たりと雖ども若し之に代ゆる

にアンチモニーを使用せば(SbLi)なる合金を作り鉛若くは亜鉛を使用するも亦其等金屬との合金を得るものなり

第五 ナトリウム

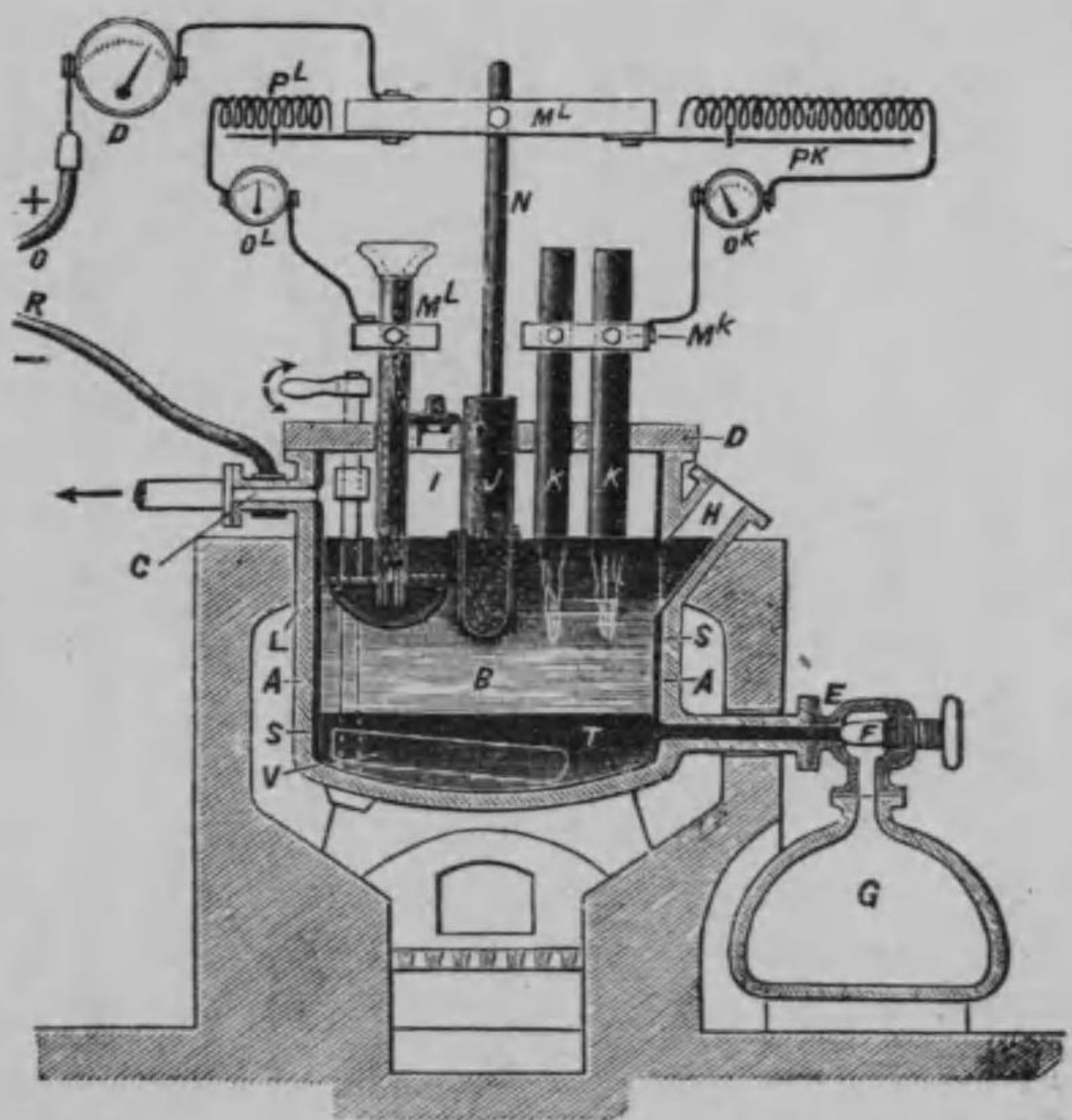
ナトリウムは天然に廣く産出する金屬にして其の普通なるものは食鹽なり故に此食鹽を熔融電解してナトリウム金屬を製出せんことは既に一千八百三十三年フワラデー氏によりて唱へられ一千八百五十五年ブレンセン及びマツチーセン氏によりて之を證明せられたり然れどもナトリウムも亦其比重熔融せる食鹽よりも軽く而して食鹽の熔融温度は高きが故に電解によりて生じたるナトリウムは熔融鹽の表面に浮びて空氣の作用を受くると共に其温度高きが故に煙霧の状態をなして熔融物中に溶解し旋渦作用によりて陰陽兩極生成物の再結合を起し其電流作業能率非常に不良なるが爲め諸學者は此陰陽兩極を隔離せんことを務め種々の装置を構成したりと雖ども元來其生成物は鹽素とアルカリ金屬なるが故に其隔膜となるべき材料なく鹽素に耐ゆるものはアルカリに侵されアルカリに耐ゆるものは又鹽素に耐ゆる

ナトリウムの合金

能はざるを以て無數に構成せられたる装置も未だ一として之れが目的に適するものなく且つ熔融鹽中には析離したるナトリウムも亞鹽化物となり速に之を熔融物より分離せしむるにあらざれば譬ひ適當の隔膜を發見せられたりとするも其電流作業能率悪きを以て食鹽より直にナトリウムを採取するの法は今日迄未だ工業的成功せしものあるを聞かず是を以て上記の困難を避けんが爲めナトリウムを合金として採取せんとの考案はフワラデー氏によりて唱へられ熔融せる鉛、錫、亞鉛、カドミウム又はアンチモニーを陰極として使用せられて一千八百八十九年米國人ローゼル氏が此法により四五乃至五〇%のナトリウムを含有せる鉛の合金を得たりしは其大成功と云ふべきなり然れども此法を實行するに當り亦困難を感ずる所の者は沈靜なる鉛陰極に於ては其表面のみナトリウムを以て飽和するも此合金は其比重軽く鉛は非常に重きが故に爰處に合金の隔壁生じナトリウムは其内に侵入すること能はず爲めに電解の進行するに従ひ遂に鉛の表面にナトリウムの小球を集合せしめ此者次第に鉛より離脱して熔融鹽の表面

フリーラン
氏の方法

第四百九十四圖



之によりて獨りナトリウムのみ鉛の表面に析離するの憂を免れたりと雖ども之れが爲め亦其電流作業の一部を犠牲に供せらるゝに至れり是を以てア

に浮遊し或は空氣の酸化作用を受くるか或は陽極生成物と復舊作用をなすに至るなり故にフリーラン氏は第四百九十四圖に示すが如く陽極の一部を鉛にて置き換へ鹽素をして之に作用して鹽化鉛となりて熔融鹽中に混ぜしめ食鹽と共に電解を受けてナトリウムと鉛を同時に陰極に於て析離せしめたり

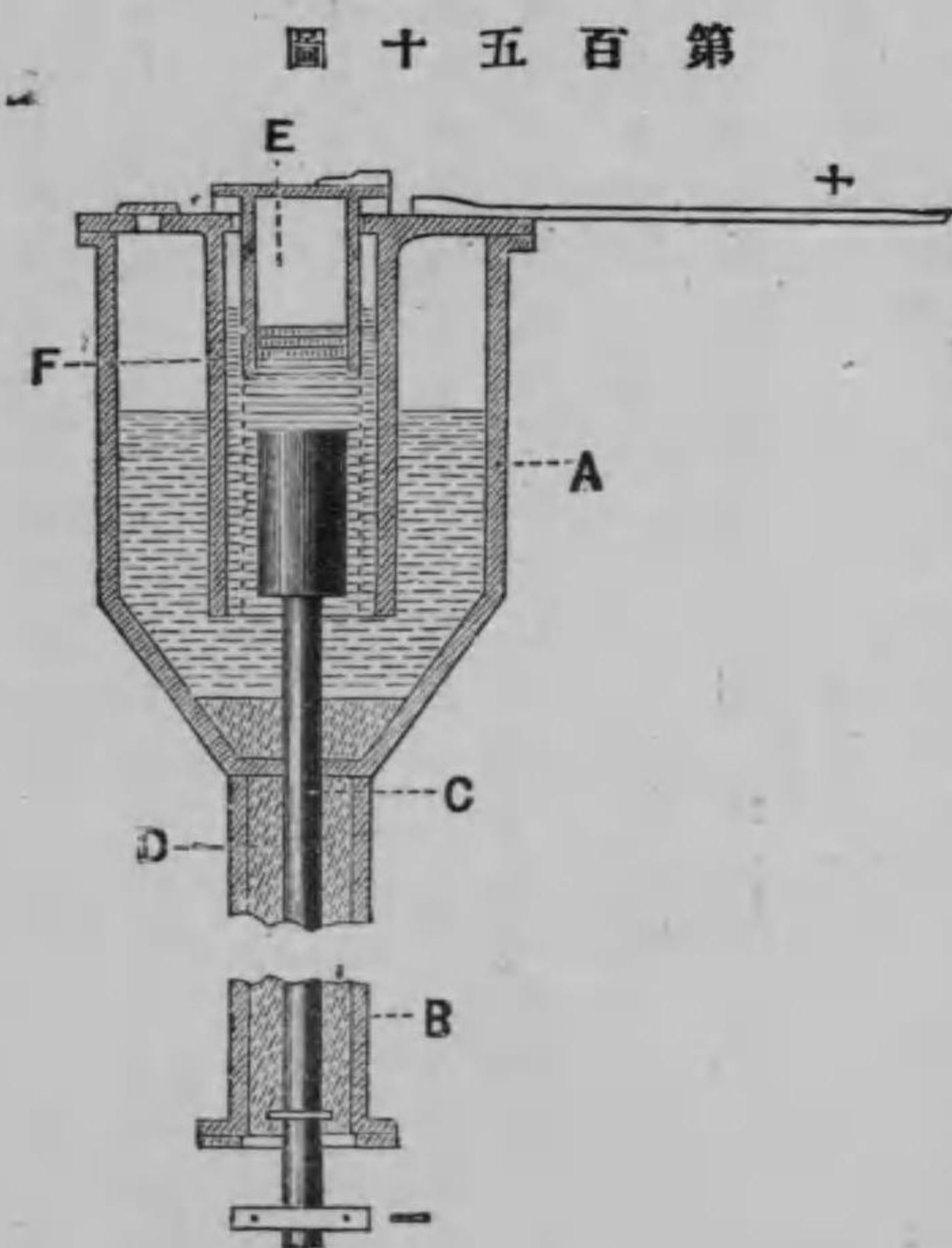
ツカー氏は鉛の熔融せるものを流動せしめて常に其新表面を熔融鹽に晒らさしめんことを欲し一種の装置を作れり其構造は既にアルカリ工業の部に於て陳べたれば爰處に再び贅せず

以上陳ぶるが如くフリーラン氏並にアツカー氏は遂にナトリウムの合金を製造するに於ては能く成功したりと雖ども倍此ナトリウムと鉛を分離せしむるに至りて亦非常なる困難を有するものなり是を以て食鹽より直接にナトリウムを製するの法は今日未だ工業的に成立せるものあらざるなり

斯の如く多數の學者が食鹽よりナトリウムを製造するの法を研究せる間に爰に亦苛性曹達を熔融せしめ之を電解に處してナトリウムを製造せんことを研究せり蓋し此法の可成的たるは一千八百八八年既にハンフレード、デービー氏により公にせられたりと雖ども之を工業的程度に製造するを得たりしは一千八百九十一年カストネル氏によりて成功せられたりしなり此者の電解に於ても他鹽類の電解に於ての如く一旦析離せしナトリウムの熔融鹽中に吸収せられ再び結合して原化合物を復生する困難を免るゝ能はざるものに

カストネル
氏の方法

してカストネル氏は種々研究の結果温度を可成的低くするときはその吸収せらるゝこと少なきを知り且つ其析離せるナトリウムをして熔融鹽に觸るゝの面を可成的小ならしめんとし第百五十圖に示すが如き装置を作れり即ちAは鑄鐵製の熔融坩堝にして其底部は延長せるB管となるなり此管を通し



て銅製の陰極Cを挿入す
其尖端はAの中央部に畢
るなり此Cなる陰極をB
管中に適當の位置に保持
せしむる爲めDなる熔融
せる鹽類をB管中に注ぎ
外氣の冷却作用により凝
固せしむ去れば熔融鹽は
A中にては其經大なるを
以て冷却作用を受くるこ

と少なく熔融して存在するも下部に於ては固形體となりて存せるなり此陰極の上部に鐵製の圓筒Eを懸垂す此Eは上部に蓋を有し其下部は開放して之より陰極を圍繞せる鐵網の延長物を有せり此鐵網は所謂透膜として作用するものにして電流は容易に通過するも陰極にて生じたるナトリウムをして通過擴散せしめざるものなり去ればナトリウムの熔融鹽に接觸するは僅に其下部に於てのみにしてナトリウムの輕き遂に益々上方に浮揚して其儘E中に推積す陽極Fはニッケル又は銀製の杓子形の者にして三個相集まりて一の圓筒狀をなすなり此者は坩堝Aの上部にある環狀の蓋に懸垂せる者にして石綿板を以て相互に電氣的絶縁せり使用電流密度は其器の大小により適度に加減せざるべからず電流密度余り小なる時は析離したるナトリウムは熔融物によりて吸収せらるゝこと多く又余り大なるときは槽の温度高きに過ぐべし其適當なる温度は攝氏三一〇度より三三〇度の間にあるものにしてE中に集積せる金屬を目皿様の杓子を以て時々掬出すべし工業上之を作業するには上記の如き坩堝一二乃至二〇個を直列に接続し五〇〇乃至

ベツケル
氏の改良

一〇〇〇アマペヤを通ずるものにして其電流作業能率は四〇%前後にあり一千八百九十九年ベツケル氏は此方法に改良を加へ苛性曹達に炭酸曹達を混じたり然るときは苛性曹達のみを使用したるとき往々起る所の爆裂を拒くことを得と云へり

此金屬ナトリウムは有機化合物體の合成に使用せられ亦工業上過酸化曹達及び青化鹽を作るに使用せらる

第六 カリウム

カリウムはナトリウムの如く天然に存在すること多からざるを以て其價高く従つて其需用もナトリウムの如く多からず此者も亦ナトリウムと同じく其水酸化物を熔融電解に處すれば析離せしむることを得れども其蒸發氣張力大に且つ熔融せる苛性加里は空氣を吸收するの力多きを以て折角析離したる金屬も陰極表面に於て閃火を發して燃へ其採取ナトリウムの如く容易ならず故に教授ローレンツ氏は陰極をマグネシウム坩堝の底部穿孔したるものにて包圍し此坩堝を倒にして熔融鹽中に懸垂し其周圍に鐵板陽極を挿

入して電解に處し以て良好なる結果を得たり電解畢りたるときは坩堝の下部を鐵板にて閉し其冷却凝縮するに及び坩堝を取出し能く放冷し石油中にて此を打破すれば金屬カリウムを得氏は此法によりて電流作業能率五八%を得たり

其他熔融鹽の電解によりて析離し得る所の金屬多しと雖ども其用途甚だ少なきと其用途あるものは水溶液より容易に析離し得るものなれば特更之を陳ぶるの必要を認めざるにより爰に之を省略すべし

第七編 熱電氣化學

第一章 總論

熱電氣化學とは電氣エネルギーを熱エネルギーに變ぜしめ得る所の高熱作用により起す所の化學的變化を論ずるものにして電解作業にあらざればフ
 ラデー氏の法則を適用すること能はず去れば此變化は純粹なる電氣化學
 の範圍に屬せずと雖ども其變化の特徴を有すると恰も電氣化學と相類して
 普通化學の成し能はざる所を遂行し且つ其變化も電氣の化學上に於ける應
 用に外ならざれば通常之をも電氣化學の一部として講究せらるゝ者なり
 抑も石炭を燃焼せしめて得らるべき熱度は普通攝氏一三〇〇乃至一四〇〇
 度にして豫熱せる空氣を使用するも未だ攝氏二〇〇〇度に達せしむると能
 はざるなり是を以て普通化合物中石炭の熱にて熔融せざるもの或は亦還元
 し得られざるもの往々にして之ありしが電力を熱力に變じ得る所の熱度は

優に攝氏三五〇〇度を超過するものにして其高熱を化學に應用せられし以
 來從來の不熔融又は不可還元化合物として拋棄せられしものも容易に熔融
 又は還元せらるゝことを得之れが爲め化學の進歩を裨益せし所少なからず
 故に今左に電力と熱力の關係を陳べ高溫度を發生する原理を明にすべし

第一節 チュール氏の法則

抑も電流の一回路を通ずるや其回路中一の特別作業をなすべき所なかりせ
 ば其電力の全部は其回路が有する所の抵抗に打勝つのみ消費せられ悉く
 熱力に變ぜらるゝものなり今其回路を流通せる電流の強さをIアムペヤと
 し其回路兩端に於ける電位の差をEボルトとし其流通せし時間をt秒とせ
 ば此も秒時になしたる電力作業Wは次式によりて示すことを得るなり

$$W = IEt \quad \text{ボルトアムペヤ秒即ちワット秒}$$

なり然るにオーム氏の法則によれば其回路兩端間に於ける抵抗量をRオ
 ムとせば其電流の強さは左式によりて示すことを得るものなり

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{即ち} \quad E = IR$$

今此Eの價を前記電氣作業量を示す所の方程式に代用すれば

$$W = I^2 R t \quad \text{ワット秒}$$

なる方程式を得るなり而して一ワット秒の電力を熱力に變ずるときは〇・二三九グラム、カロリ(一グラム、カロリとは一グラムの水を熱して其溫度攝氏一度を昇らしむるに要する熱量なり)に相當する熱量を得るなり去れば前記の電氣作業量を悉く熱に變じたりとせば其得る所の熱量Hは

$$H = 0.239 I^2 R t \quad \text{グラムカロリ}$$

なりとす此公式に依れば電流が回路を通ずるに當り發生する所の熱量は其電流の強さの自乗に相比し亦其回路の抵抗量及び其通過時間に相比するものなり之を名けてジュール氏の法則と云ふ

但し回路の抵抗量は其溫度によりて異なるものにして金屬回路にありては其溫度昇るに従ひ之を増し溶液及び黒鉛にありては之を減ず

第二節 電氣爐構造の原理

電力を發生するは普通機械力による者にして其蒸氣原動力なると水力なる

ジュール
氏法則

とを問はず一馬力の機械力を以て一馬力の電力を得るものにあらず通常此變化を起さしむるが爲めに約二割を損失する者なりとす去れば一馬力の機械力を以て得る所の電力は僅に六〇〇ワットに過ぎず此六〇〇ワットの電力を再び熱力に變ずるに當り亦其全部を有効に使用すること能はざるなり之れ回路の各部皆多少の抵抗を有するが故に其熱力も亦其各部に散布し到底之を一箇所に集中せしむること能はざるが故なり従つて一馬力の機械力も熱力となりて有効に使用せらるゝ部分は實に其一小部分にして電氣爐構成に當りては可成的其散布する所の熱を一箇所に集中せしむるの策を講ぜざるべからず抑も電流回路の抵抗なるものは其溫度一定せるも其材料の如何によりて異なるものにして既に第一編に於て陳べたる如く其抵抗を示すべき公式は

$$R = \rho \frac{l}{F}$$

なるが故に全抵抗量は亦其長さ成正比をなすものなり去れば一の電流回路に於て其熱を集中せんとする部分は可成的不良導體を使用し且つ其斷面

細くして他の部分には太き良導體を使用するを可とす然るに宇宙間に存在するもの、内攝氏二〇〇〇度の温度に於て能く其固形を維持し且つ電氣を傳達し得るものは獨り炭素あるのみ去れば電流回路中熱を集中せんと欲する所即ち所謂電氣爐たらしめんと欲する所の部分の導體には通常炭素を使用するなり蓋し炭素の抵抗は白熾熱に於て常温に於ける銅の抵抗の凡そ一七〇〇倍に相當するものにして電氣爐なるものは耐火性材料を以て此炭素部を圍繞し其發生したる熱の放散冷却を防ぎたるものなり通常使用せらる所の炭素は瓦斯炭素若くは人造黒鉛にして耐火材料は石灰、苦土、マグネシウム、ツトカー、ポランダム、シロキシコン等なり

第三節 電氣爐の分類

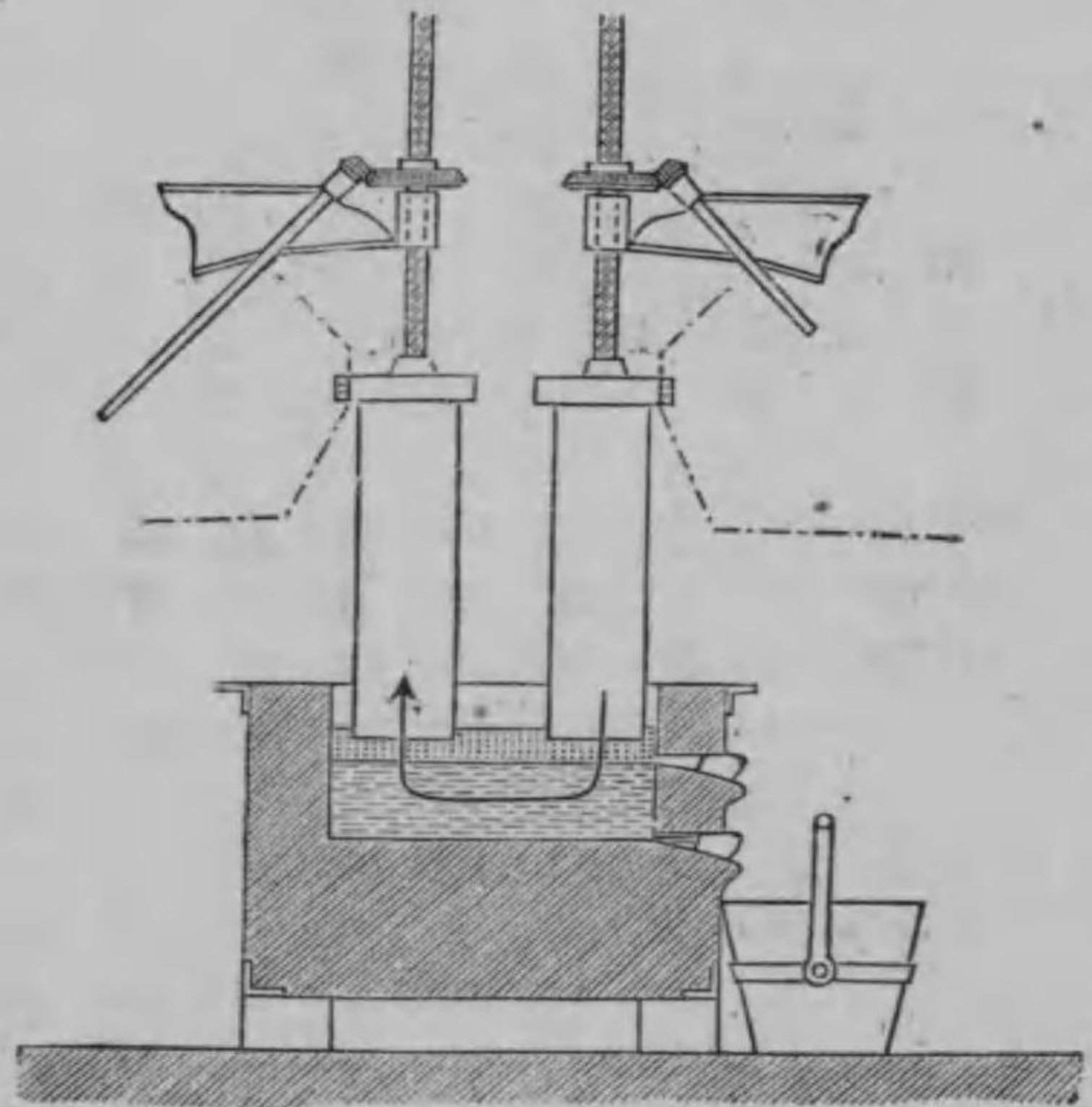
電氣爐は其種類多しと雖ども之を大別して三種となすを得べし
 第一 抵抗爐
 第二 弧焰爐
 第三 誘導爐
 抵抗爐は更に之を分ちて左の二種となすことを得べし即ち熱せらるべき物

體を直ちに使用して電流回路の一部分たらしむるものと熱せらるべき者が非常なる抵抗を有し發熱盛なるものを圍繞せしめ其放散熱によりて熱せらるもの之なり其前者に屬するものは既にアルミニウム條下に陳べたるカウ

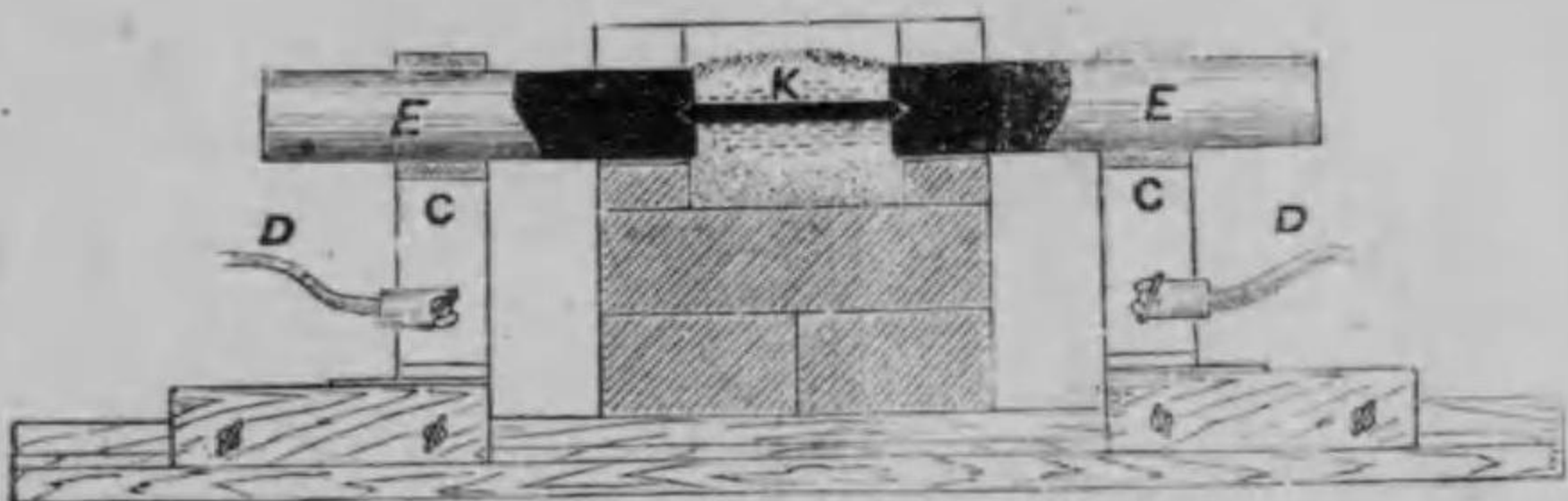
ル氏アルミニウム合金製造又は第百五十一圖に示すが如き者にして耐火性材料を以て坩堝を作り之に二個の黒鉛を懸垂し電流をして矢を以て示すが如く通ぜしめ以て發熱せしむる者なり此爐はヘルム氏の爐にして金屬還元用を使用せらるる者なり而して其後者に屬するものは一名短絡電爐と稱せらるるものにして第百五十

ヘルム氏電爐
短絡電爐

第百五十一圖



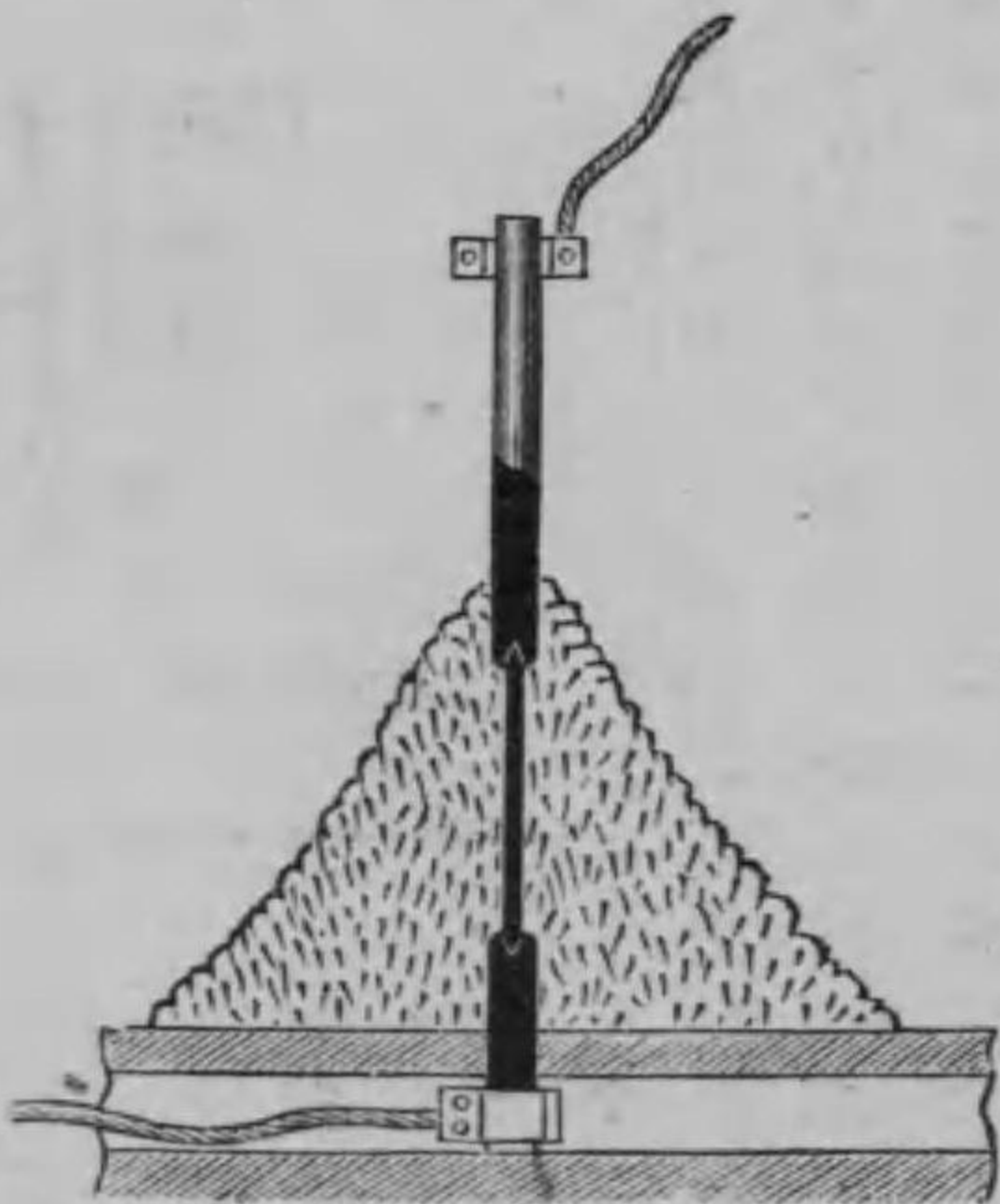
圖二十五百第



は此兩極間に挟まり存在する空氣層を通じ飛越せんことを務むべし斯る傾

二圖に示せるボルジャー氏電爐の如し此爐に於ては非常に細き炭素棒を以て太き炭素兩極間を連結し此處に大なる熱を發せしむるものにして細き炭素棒は所謂發熱の中心となるものなり即ち圖中E Eは其兩極Kは細き炭素棒C Cは兩極の保持器にしてD Dは電氣導線を示すものとすキング並にウキヤットの電氣爐も亦此種に屬するものにして其電極の位置水平ならずして直立し且つ熱の放散を防ぐ材料として被熱體を其儘使用せるなり第百五十三圖即ち之なり弧爐とは前記ボルジャー氏又はキング並にウキヤット氏の抵抗爐に於て其發熱の中心となれる細き炭素棒を切斷して其間に多少の間隙を生ずるか或は之を取り去りて兩炭素極相互接近せしむるときは電流

圖三十五百第



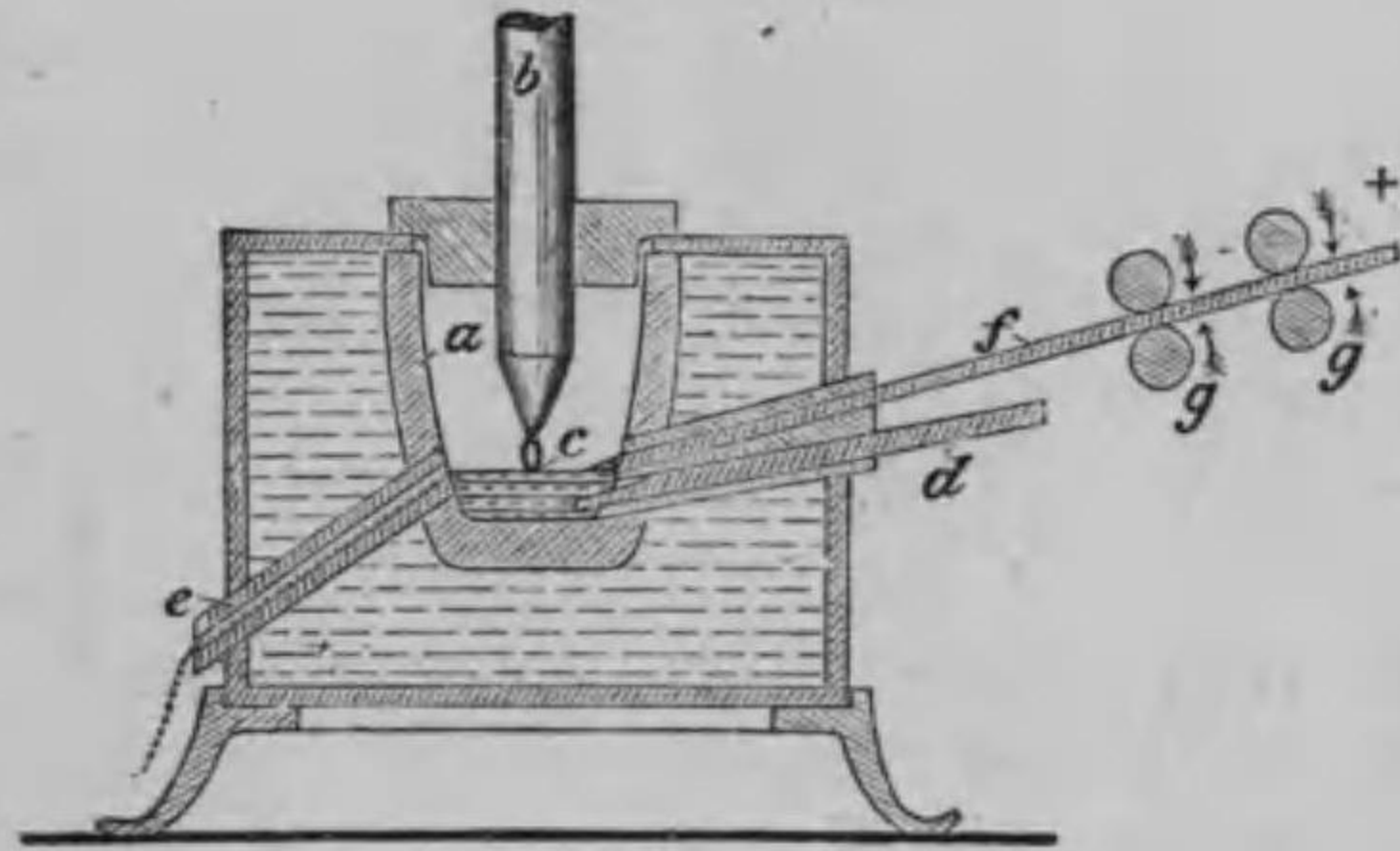
て其距離遠く抵抗量非常に増大するときは電流は最早飛越すると能はず従つて弧焰を作るとなし去れば此弧焰を發生持續せしむるには其距離を適度に加減すると必要にして所謂弧焰爐とは弧焰の發生部を耐火性材料にて包圍し以て其熱の放散を防ぎたる者なり蓋し其電極は必ずしも悉く炭素を以て作るの必要なく時としては其一方者を被熱體にて代用せしむるを得るなり他の一方者は必ず炭素よりなるものにして其運動は自在なるを要し弧焰

向は其極の炭素を極細微なる片々に破碎して空間層に振動浮遊せしめ以て兩極間に於ける電流の通路を作らんとするものにして其抵抗尙甚だ大なるが故に此等炭末は白熾熱に熱せられ以て弧焰を構成するなり斯くの如く電流の空間を飛越するや一定の制限あるものにし

グラバウ
氏電爐

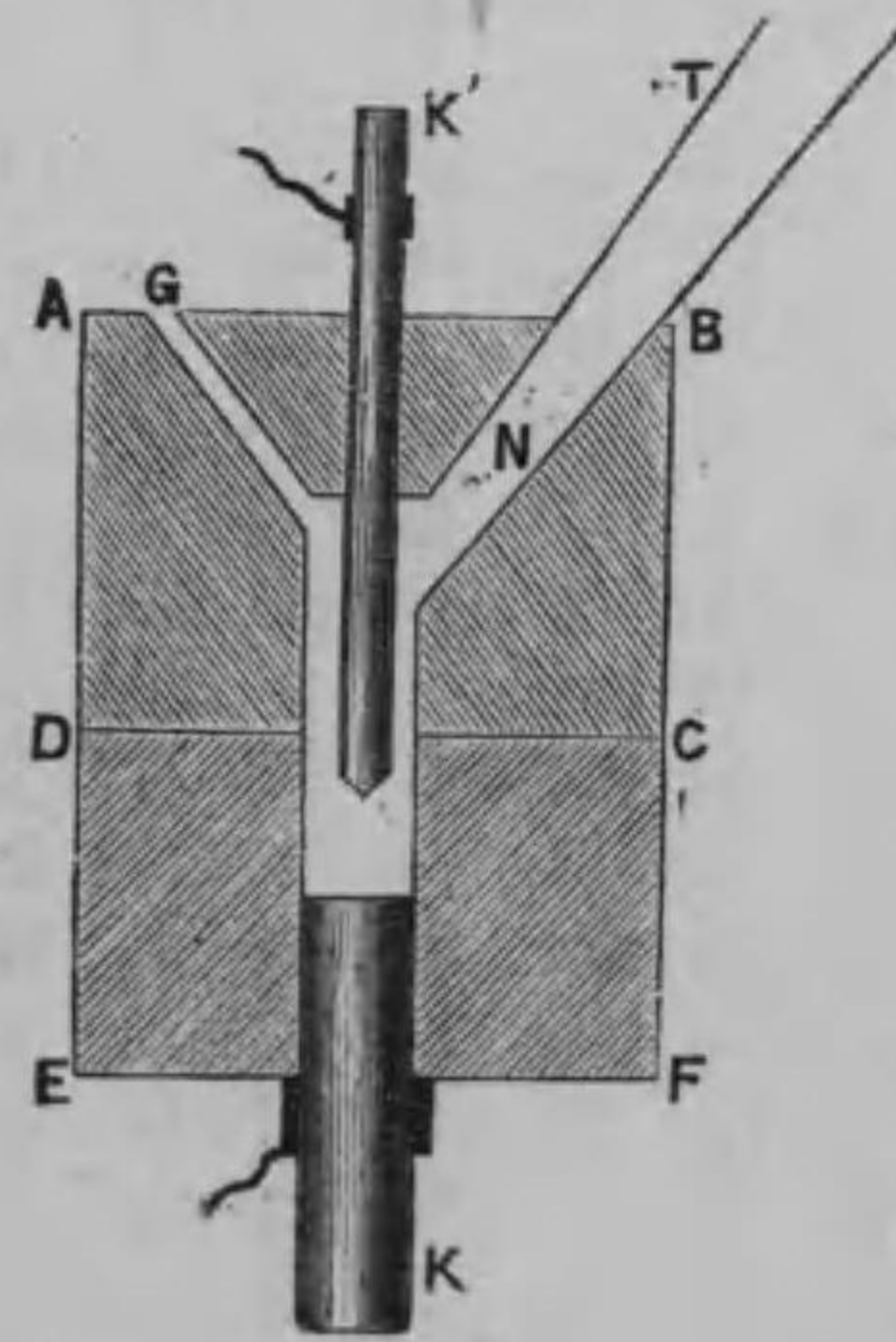
キユステ
ル及ドレ
ツアレツク
氏の電爐

第百四十五圖



五十五圖はキユステル及びドレツアレツク氏の試験用に多く使用せらるゝ弧熔爐にしてA B C

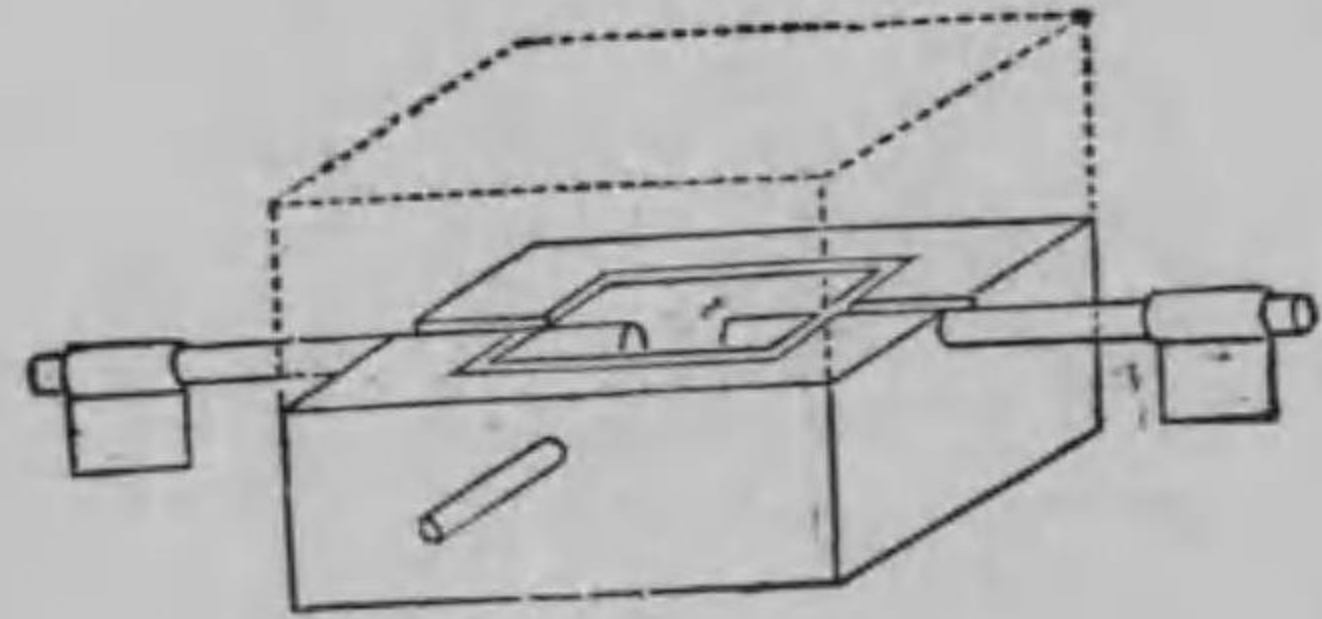
第百五十五圖



を發生し始むるには之を他極に接近せしめ之より温度の上るに従ひ次第に遠隔せしむる様にすなり第百五十四圖はグラバウ氏の弧熔爐を示せるものにして一方の電極bは其昇降自在なる装置を有し他の電極cは被熱體より成りて黒鉛坩堝中にあるが故に之に電流を通ずれば弧熔を生ずるなり第百

モアサン
氏の電爐

第百五十六圖

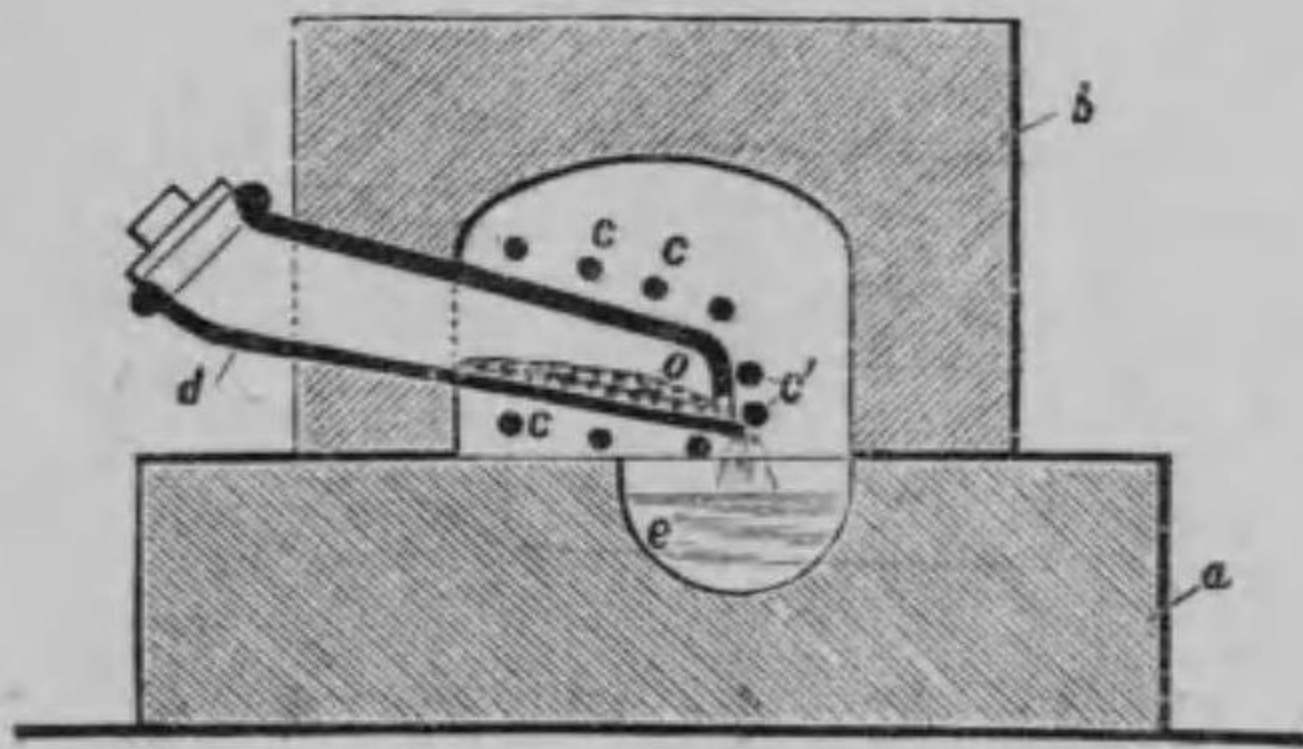


第七編 第一章 總論

D及C D E Fなる二個の石灰塊より成り之に穿孔してK K'なる二個の炭素極を上下より挿入せるなり従つて圖にて一見明了なるが如くKなる電極面上に小なる坩堝を作り爰處に被熱體を裝填するなりNは其原料裝填口にしてGは瓦斯放散口なりとす此爐に於ては被熱體が炭素の作用を受くるとなしとせず故に炭素の作用を忌避する場合に於ては第百五十六圖に示せるモアサン式の電爐を使用するものなり此爐は石灰塊の中央に穿孔して其空所に被熱體を容れ其上部に於て左右より炭素極を通じ物體の上方に於て弧熔を生ぜしむ此爐は其熱の放散を拒くが爲め同質の石灰塊を以て之を蓋へるものなり此爐内に被熱體を裝するや時としては小なる黒鉛坩堝を使用することあり然るときは此黒鉛と石灰の接觸せる部分に於て高熱の爲め酸化炭素又は炭化石灰を作ることあるを以て石灰塊中に被熱體を直ちに挿入

シヤブレ
11電爐

第五百七十七圖



すること能はざるときは可成マグネシウム坩堝を使用すべし又時としては開放せる爐にて熱することを得ざるの場合あり斯るときはシヤブレ氏の電爐を使用す其構造第百五十七圖を見れば一見明瞭なるべし

電氣誘導爐は其説明製鐵條下に詳かなり

第四節 電爐の温度と化學變化

及び其温度測定法

電氣抵抗爐に於ては其温度の高低は其抵抗の大小によりて異なるものにして其抵抗各部一樣なるときは其温度も各部一樣なるものなり然れども弧焰爐に於ては其電流直流なるときは陽極の温度は陰極よりも遙に高きものなり去れば被熱體を以て其一極たらしむるの場合にありては陰極端を其坩堝に接続せしむるを宜しとす弧焰の温度は最高攝氏の約三五〇〇度と認定せらるゝを普通とすれ

どもモアサン氏の説によれば其温度は電流密度によりて異なるものゝ如しと氏は之が例證としてバナヂウム酸を炭素と混合し之を七〇ボルト一〇〇〇アムペヤの電力を以て熱すれば還元して金屬を得たるも七〇ボルト四〇〇アムペヤにて熱すれば之を還元すること能はずと云へり又チタン酸を炭素と混し熱するに次の結果を得たりと

電力

製品

五〇ボルト 五〇アムペヤ

第一酸化チタン

五〇ボルト 三五〇アムペヤ

窒化チタン

七〇ボルト 一〇〇〇アムペヤ

金屬チタン

然れども氏の此説には反對者多く電氣弧焰の熱は一定温度を有するも之によりて變化の差異を生ぜるは恰も沸騰せる水の温度は同一なるも其蒸發する量は熱量の多寡により遅速を生ずると異ならずとし今日未だ其何れか是なるや明ならざるなり故に此説の當否は暫く之を措き其反應の結果に就き教授ボルシヤー氏は普通化學に於て難還元體と稱する所の者も此熱を使用

電氣爐の
効力

せば悉く之を還元することを得るものなりとの報告をなしモアサンは尙之を詳細に報告せり故に今氏の報告の大要を左に陳べん

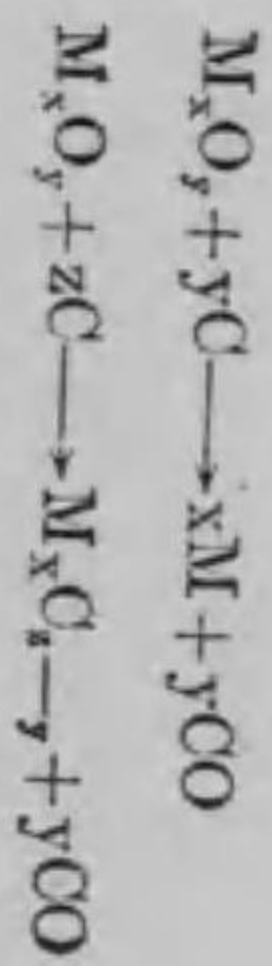
アルカリ土類金屬の炭酸化合物は此熱に遭遇せば先づ解離して酸化物及炭酸瓦斯となり此酸化物は熔融して遂に蒸發す然れども其程度は分子量の輕きに從ひて蒸發し難し故に其順序を掲ぐればバリウムは尤強く蒸發しストロンシウム、カルシウムは之に亞きマグネシウムは尤蒸發し難きなり特にマグネシウムは高熱に遭遇せば重合(ポリメリゼイション)をなし其比重を三、一九より三、六五に高むるなり蓋し總ての物體は其重合をなしたる時は其沸騰點並に其熔融點を高むるものなればマグネシヤも此原理に背かず非常に其熔融點を高むるを以て弧焰の熱の強きも未だ之を融解すること能はざるものとす之れマグネシヤの耐火性强き所以なり

此等鹽基性酸化物と等しく普通酸性酸化物の難熔性の者例へば硅酸、チタン酸、硼酸の如きものも此弧焰の熱によれば能く之を熔融蒸發せしむることを得るなり

又石灰、鐵、クロームの酸化物コバルト、ニッケル、マンガンの亞酸化物は此熱によりて熔融し之を冷却凝固せしめば結晶す此結晶物は時として特殊の性状を示すものにして生石灰の如きは水の作用を受けざるに至るものなり故に其結晶を一日間位水中に放置するも其形狀を變することなし

鐵、ウラニウム、アルミニウム、金、白金、銀、錫等は此弧焰熱を使用せば蒸溜することを得べし硅素並に硼素も亦然り但し硼素は固體より直ちに氣體に變ずるものとす炭素も亦徐々に昇化するものなり而して炭素は其原料の炭なると金剛石なるとを問はず昇化の結果黒鉛となるべし

以上陳ぶる所は物體を其儘弧焰の熱に暴露したるものなれども若し此等物體に豫め炭素を混合し之を弧焰の熱に暴露したるときは或は還元せられて金屬又は非金屬元素を生じ或は其等元素の炭化物を生ずるなり其一般方程式は左の如し



炭化物

斯くの如く電氣弧焰の熱は特殊の反應を惹起せしむるものにして現今之を應用して特殊の化合物を作れるもの甚だ多し故に之より其大要を陳べんと欲するものなれとも之に先だち爰處に陳ぶるの必要あるは其溫度測定法なりとす

高溫度測定器

抑も高溫度測定器は種々ありと雖ども何れも皆攝氏二〇〇〇度以下の溫度を測定するものにして併も其多くは唯經驗を基礎として作られ學術上確固たる基礎を有する者にあらず且つ二〇〇〇度以上の溫度は之を得るの機會甚だ少く従つて經驗を基礎とせる器もなきなり故に方今高溫測定器としては僅にワネル氏の裝置一個あるのみ此裝置は攝氏九〇〇度乃至七〇〇度の溫度を容易に且つ精確に測定し得る者にして學術上の原理を基礎として構成せられたるものなり通常三種に區分せられ各其測定區域を異にせり

- 第一種 九〇〇度以上二〇〇〇度以下
- 第二種 二〇〇〇度以上四〇〇〇度以下
- 第三種 三〇〇〇度以上七〇〇〇度以下

ワネル氏高溫度測定器の原理

此高溫度測定器は光度計と分光器を混用したるものにして其構造の原理を示せば次の如し

今一の黒色の物體を熱し低溫度より漸次に其溫度を高むるときは最初黒色なりし者先づ暗赤色に變じ次に赤色に移り更に亦黄色となり其溫度愈高きに至れば遂に白色に變ずるものなり之を白熾熱と云ふ此白熾熱より發する光線を分光器にて分析せば恰も太陽の光線を分光器により分析したるが如く七色の分光帶を現はすべし此分光帶各部光彩の強さは其溫度によりて異なるものにしてルンメル氏及びプリンク氏の研究の結果によれば攝氏一千度に熱せられたる物體より得たる分光帶各光彩の強さを單位とせば溫度の上昇に基づき光彩の強さを増加する割合實に左の如し

溫度	光彩の強さ
攝氏 一〇〇〇度	一〇
同 一二〇〇	一〇〇
同 一八〇〇	八〇四〇

即ち温度の上昇僅なるも光彩の強さを増加するの割合甚だ大なれば此光彩の強さを光度計により測定すれば其温度の差を比較的精密に知ることゝなるの理なりウキーン氏は此實驗の結果を基礎として遂に光の強さと温度の關係を示すべき左の公式を發見せり

$$I = \frac{C_1}{\lambda^2} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}$$

第一式

但しIはλなる波長を有せる光線即ち光彩の光りの強さを示すものにしてTは絶體温度を示すものなりeは對數の基礎數にしてC₁及びC₂は二個の恒數とす今Tなる温度に於てλなる波長を有せる光線の光の強さをI₀とせば左式を得べし

$$I_0 = \frac{C_1}{\lambda_0^2} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda_0 T}}$$

第二式

故に第二式を以て第一式を除すれば次の第三式を得べし

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{C_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

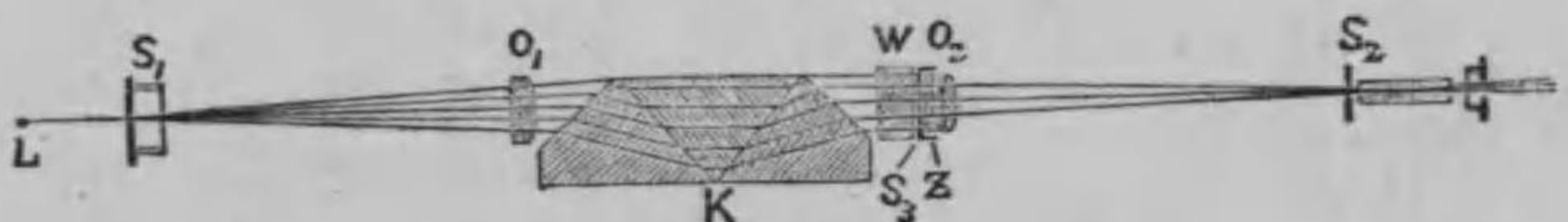
第三式

ワネル氏
高温
測定器

第五百八十八圖



第五百九十九圖



去れば此式によりT。温度に於けるλなる波長を有する光線の光の強さを標準となし光度計により同一波長を有せる光線の或る他の温度Tに於ける光りの強さを測定するときはC₂は既知數なるが故に其温度Tは容易に算出し得るものなり
ワネル氏の高温測定器は即ち此原理を應用したるものにして第五百五十八並に第五百五十九圖は其構造の縦断面及水平断面を示せるものなりS₁は分光器の蓋にして二個の細き裂孔b及びaを上下に一直線上に有せりOは一の透鏡にしてS₂は恰も其焦點に位置せり従つてb及びaより入り來る所の光線は此透鏡により併行光線となりKなるプリズムを通じて一直線に射出すWは分光體にしてa及びbより入り來りたる光線は共に分曲せられ種々

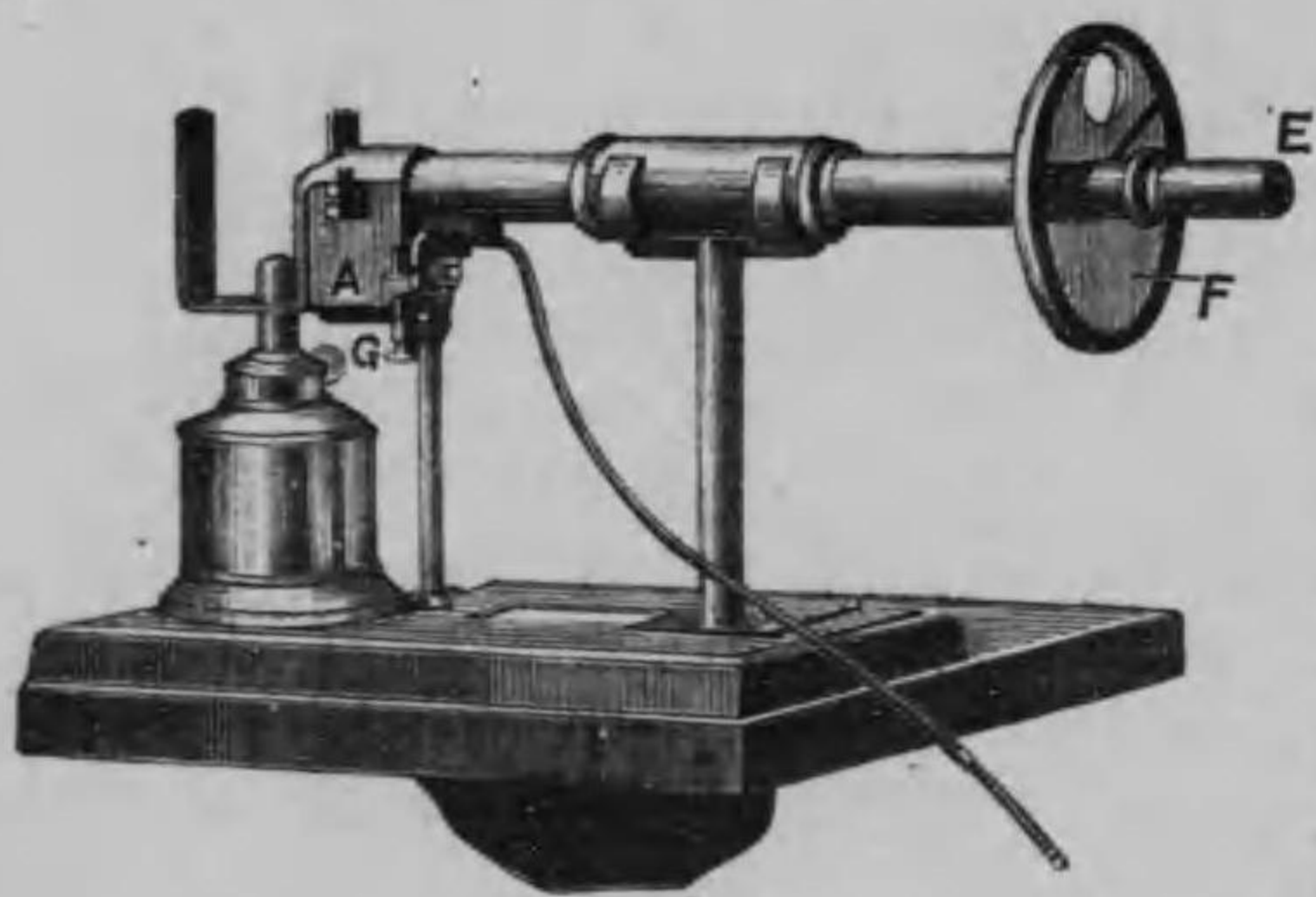
の方向を取り進むべし故に爰處に七色の分光帯を作るも S_2 なる遮膜の爲めに或波長を有せる光線の外之を通ずること能はざらしむ Z は \triangle 形をなせる二重のプリズムにして b 及び a より來りたる分光體を a' 面及び b' 面に各別々に受け之を屈折せしめて其軸の方向に近寄らしめ O_2 なる透鏡によりて各其焦點を S_2 なる遮膜の前方に結ばしめ a 及び b より入り來りたる光線の正及副映像を作らしむ而して a の副像と b の正像は一點に相會し爰に消滅し E より S_2 を望めば Z の a より來る a 光線の分曲せられたるものと Z の b より來る b 光線の分曲せられたるもの一定波長を有するものより照さるゝを見るべきなり去れば其眼界は二個の半圓面を作り其光明度を異にすべし故にアナライザル N を回轉して其一方の光明度を増減せば兩者同一の光明度を得べし此の N の回轉角度により其光力の強さを測定す通常此器に使用せらるゝ分曲光線は分曲光線のフラウンホーファー氏線を使用す

此装置の全景は第六十圖に示すが如くして標準光線としては小なる電燈を使用す此電燈は A なる小箱の内にあるものにして S_1 の裂目 a 第五十八

標準光明

圖を照し六ボルト蓄電池により點燈せらるゝなり此電燈の光は測定の爲め使用せらるゝに先だち豫め其光力を一定せしむるの必要あるものにして其目的に向ひ醋酸アミール燈を使用す蓋し醋酸アミール燈は其壺内に凡そ二

第六百六十圖



第七編 第一章 總論

分の一程醋酸アミールを入れ之に點燈し十分時間を経過して其燭の長さ C なる定規と同一の高さになりたる時の光線の磨硝子を通して S_1 の裂目 b に入るものを標準となすなり故に此標準光を以て電燈光の強さを定むるには N なるアナライザルの指針を F なる分劃圈の零點に置き E を通じて測定器を望みたる時其内部は圓盤狀に照され其中間に水平の一線あるを見るべし此線は兩光線の接觸せる所にして其光力同一なるときは認むる能はざ

るも少しにても差等あるときは明に認めらるゝものなり然るときは左記の條件を注意して其兩半面の光明度を一樣ならしめざるべからず

第一、醋酸アミール燈によりて照されたる半圓面の各部は一樣に照されあ
るや否や若不平均あれば磨硝子を動かして各部を一樣に照さしむべし

第二、醋酸アミール燈の焰は定規と同一の高さにあるや否や

第三、上下兩半圓面の光明度異なるときはGなる螺子を回轉して電燈の位
置と裂目の距離を増減して其光明度を加減すべし

第四、若し電燈の光明度強きに過ぐれば蓄電池の電壓高きに基くものなる
が故に徑二分の一ミリメートル長さ二メートルの鏡線により凡そ十分間
其電池を短絡し其電壓を弱からしめ然る後之を使用すべし

第五、電燈の光明度弱きに過ぐるときは先づ蓄電池の電壓六ボルトあるや
否やを試験すべし電池の電壓不足なくして併も光明度弱きときは電流回
路に挿入せる抵抗を減ぜざるべからず

斯くの如くして標準光明度を定めたるときは醋酸アミール燈を消し定規を

九十度回轉せしめ其温度を測定すべき物體より發する光線を裂目より射
入せしめ其光線を電燈光度と比較し同一となる迄Nなるアナライサルを回
轉せしめ其測定器附屬の表により回轉角度を以て其温度を定むるなり

第二章 電氣熱を應用せる製造工業

第一節 炭化物總論

炭化物とは炭素と他元素の化合物にして化學研究上趣味甚だ多きものなり
此者は無機有機兩體の中間に位するものにして其反應力甚だ強く純然たる
無機物も一變せば直ちに有機物に變ずるものにして其製産物は至極單純な
る化合物となり普通の方法によれば複雑なる有機化合物を分解せしめて初
めて生ずる所の者を容易に構成するが故に有機化學考究上特に好望を以て
迎へられつゝあるものなり

炭化物の多くは高温度に於て金屬元素を炭素に作用せしめて生ずるものな
れども其或物は金屬鹽の溶液にアセチリン瓦斯を作用せしめて生ずるもの

炭化物の分類

あり、之れ前者は能く熱に耐ゆるも後者は熱に遭へば爆裂するの性あればなり故に此等炭化物を其製造法により分類せば次の如し

高温度に耐ゆる炭化物
 リシウム、ポタシウム、ソヂウム、マグネシウム、ベリウム、カルシウム、バリウム、ストロンシウム、イトリウム、ランサナム、アルミニウム、セリウム、トリウム、ニラビウム、クロミウム、モリブデナム、タングステン、ウラニウム、マンガニース、コバルト、ニッケル、鐵、白金等なり

水溶液にアセチリン瓦斯を作用せしめて作りたる炭化物は甚だ少数にして銀、水銀及び銅の炭化物を重なるものとす其他亦非金屬元素の炭化物あり其或物は安全にして堅く亦他の物は不安全にして稀發性を有す
 今此等炭化物をメンデレーフ氏の表に基づき排列せば趣味ある現象を發見すべし

Li_2C_2	Be_2C_2	B	C	$(NC)_x$	O_2C	F_2O	
Na_2C_2	MgC_2	Al_2C_3	SiC	P	S_2O	Cl_2O	
K_2C_2	CaC_2	Se	TiC	OC	Cr_2O	Mn_2O	$Fe_2C(Co, Ni)$
Cu_2C_2	Zn	Ga	G	As	Se	Br_2O	
Rb	SrC_2	YC_2	ZrC	NbC_x	Mo_2O	—	$[Ru, Pt, Pd, Ag]C_x$
Ag_2C_2	Cd	In	SnC_x	Sb	Te	J_2O	
Os	BaC_2	LaC_2	CeC_2	Di	—	—	
	—	Yb	—	Ta	W_2O	—	$[Os, Ir, Pt, Au]C_x$
Au_2C_x	HgC_2	Tl	PbC_x	BiC_x	—	—	
			ThC_2		U_2C_3		

即ち各列の第一位(左側)にあるものは高温度に於て安定なるも第二位(右側)にあるものは高温度に於て不安定にして直ちに分解するか或は稀發するものなり但し炭化アルミニウム及び炭化硅素のみは此總則より除外すべきものなりとす

炭化物は水若くは酸の作用により亦次の三種に區分することを得べし

第一種、水と作用してアセチリン瓦斯を發生するもの

リシウム、ポタシウム、ソヂウム、マグネシウム、銅、銀、水銀、カルシウム、ストロンシウム、バリウムの炭化物

第二種、水若くは酸と作用して沼氣を發生するもの

ベリウム、アルミニウム、マンガニースの炭化物

第三種、水若くは酸と作用して混合瓦斯(水素、沼氣、エシリン、アセチリン等)を發生するもの

セリウム、ランサナム、イトリウム、トリウムの炭化物

非金属元素の炭化物は前三種即ち金属元素の炭化物と全く其趣き異にし水若しくは酸類の作用を受くるもの甚だ稀にして其質甚だ堅牢なりとす

炭化物の種類斯くの如く多し然れども今日工業上需用を有するものは僅に炭化石灰及炭化硅素あるのみ故に今此二者に就き稍詳説する所あらんとす

第二節 炭化石灰(俗にカーバイドと稱す)

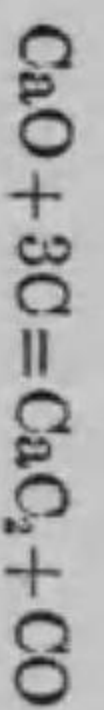
炭素は高温度に於てはカルシウムと非常なる化合力を有するものにしてカ

炭化石灰
生成反應

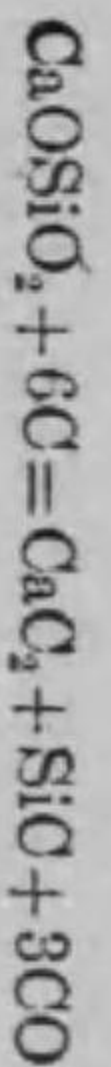
ルシウムと化合せる元素を驅逐し己れ代りて其位置を占むるものなり今Eを以て或元素を示せば其公式は



なり而して此驅逐せられたる元素にして若し炭素と化合し安定なる化合物を作る力あるときは更に副變化を起し炭素化合物を作るなり去れば生石灰を電爐にて炭素と共に熱するときは次式變化によりて炭化石灰と酸化炭素を生ずるなり



又生石灰に代ゆるに石灰石を使用するも敢て製品に差異を生ずることなし石灰石に代ゆるに硅酸石灰を使用するときは炭化石灰炭化硅素及酸化炭素を生ずること次の如し



又カルシウムと化合せる元素にして高温度に於て炭素と化合すること能はざるか或は直ちに分解するものなれば其元素は其儘に析離するなり例へば

磷酸石灰は先づ炭素の爲めに還元せられて燐化石灰を生じ此者直ちに分解して炭化石灰となり燐を遊離す



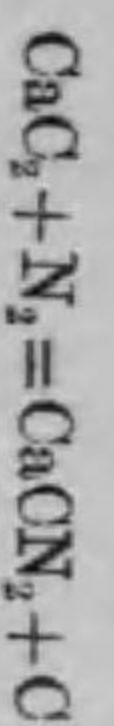
硫酸石灰も亦全く之と類似の反應を呈して硫黄を遊離す

炭化石灰
の性質

化學的純粹なる炭化石灰は白色透明なる結晶體なりと雖も工業上の製品は灰白色より黒色迄の色を有する結晶性の者なり其色は全く不純物より來るものにして鐵の少量は直に之に褐色を與ふるものなり此者は二硫化炭素ベンジン石油エーテル等の溶剤には全く不溶なり其比重は二・二二とす其生成に要する温度は攝氏三〇〇〇度にして其生成の際二一五七八〇カロリーの熱を吸収す故に電氣熱を使用するときは六四瓦の炭化石灰に對し二五〇ワット時を要するものにして一噸の炭化石灰を作るに要する電力は三九〇〇キロワット時なりとす斯くの如く多量の熱を要するが故に高温度に遇ふも容易に解離せざるものなれども其電流密度大なるときは遂に分解す其電氣導度は水銀に比し四三〇分の一乃至六三〇分の一にして固結せるときは尙

之より少なしとす

炭化石灰は能く他物と反應を起すものにしてハロゲン屬の元素は常溫乃至攝氏八〇〇度の温度に於て化合して炭化ハロゲン化合物となり酸素は暗赤熱、硫黄蒸気は攝氏五〇〇度に於て又燐の蒸気は赤熱に於て此者と化合し窒素は攝氏九〇〇乃至一〇〇〇度に於て吸収せられてカルシウム、アミド、サイヤナイドを作り炭素を遊離す



然れども時として此方程式に要する窒素量よりも尙多量を要することあり斯る場合に其生成物を檢すれば炭素と共にバラチヤンの存在を認め又少量なりと雖どもカルシウム、アミド、サイヤナイドを發見す去れば其反應は

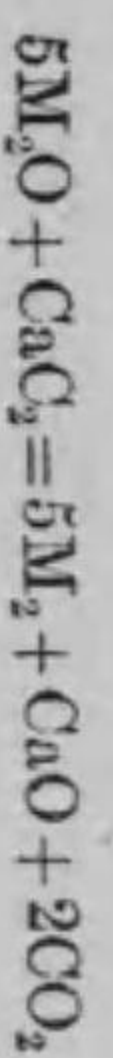


の如く進行するものなるべし而して青化鹽の生成は石灰の場合に於ては痕跡に留まるもバリユムの場合には其大部分は青化バリユムとなるなり

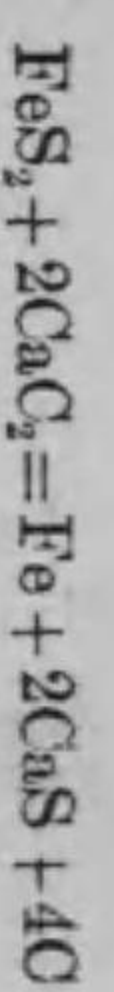
炭化石灰の緊要なる性質は又容易に酸化せらるゝにあり従つて此者は強力なる還元劑にして酸化炭素も容易に還元せらるゝこと次の如し



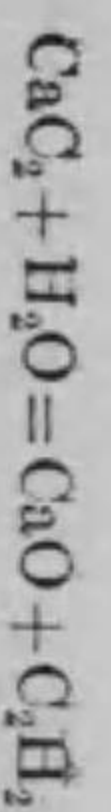
金屬の酸化物も亦容易に還元せらるゝものなり其一般方程式は



なり此時還元せられたる金屬にして稀發性の者なれば其儘蒸溜し若し非稀發性の者なればカルシウムと合金を作ることあり又金屬と化合せし元素にしてカルシウムとの化合力強るときは非稀發性の金屬と雖ども遊離すること次の如し

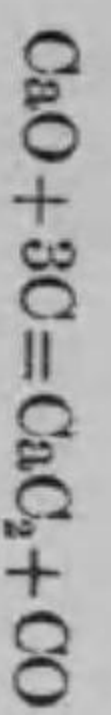


炭化石灰の尤有要なる性質は水と作用してアセチリン瓦斯を發生するにあり



此反應は強力なるが故に炭化石灰を空氣に觸れしむるときは空氣中の濕氣を吸収して此反應を起し非常なる熱を發す其變化急劇に起るときは發火するに至るべし

市場に販賣せる炭化石灰は石灰と炭素の混合物を強く熱して作りたるものにして其反應は



なるが故に三六分の炭素は五六分の石灰に作用して六四分の炭化石灰と二八分の酸化炭素を生ずべきなり然れども其反應の進行は熱の爲めに先づ石灰熔融し炭素が之に作用する者にして熔融物中炭化石灰の量を増すに従ひ熔融物の濃度を減じ反應進行度を遅鈍す故に其速度をして遅鈍せしめざらしめんが爲めには可成的温度を高め淡き熔液となさざるべからず従つて熱の損耗多し去れば強度の炭化石灰を作るは經濟上不利となるなり是を以て純粹なる炭化石灰一キログラムは水と作用して約三四九リットル(攝氏零

度七六〇ミリメートル氣壓に於てのアセチリン瓦斯を發生すべき者なるに市場に販賣せる極上等の炭化石灰一キログラムを水と作用せしむるも僅に二九〇リートル(常溫常氣壓に於て)を得るのみ普通品にありては尙遙に少なきなり去れば市場販賣品の純度は約七〇乃至八〇%の間にある者にして残る二〇乃至三〇%の不純物は主として石灰が炭化石灰中に固形溶液となりて存せるものなり又炭素も之に固形溶液となりて存するの性あり通常市場に販賣せる炭化石灰の灰色若しくは黒褐色をなせるは之れが爲めなり

炭化石灰製造法

炭化石灰製造の原料たる石灰は可成的純粹なるを使用すべし其の純度は九五乃至九八%の品を宜しとす其夾雜物中苦土の存在は甚だ害あり之れ苦土は熔融せる石灰中に炭素の溶解するを妨げ相互作用をなすの機會を減少せしむるが爲めなり蓋し其理由は未だ明ならずと雖ども多分苦土は斯かる溫度に於て炭化物を作らざる者なるが故に炭素を圍繞し石灰に觸るゝの機を失はしむるが爲めなるべし去れば止むことを得ずして苦土を含有せる石

炭化石灰
製造法
原料の選
擇

灰を使用する場合に於ては炭素を可成的細粉となして使用すべし亦硅酸の多量を含有せる石灰も之を避けざるべからずアルカリ金屬を含有せるときは電極を破損すること多きが故に之れ亦良好なる原料にあらず其他硫黄及び磷を含める者は製品中硫化及び磷化石灰を混有するが故に水に作用せしめアセチリン瓦斯を發生せしむる際磷化水素硫化水素を發生せしむるを以て不可なりとす更に亦炭化石灰の原料たる石灰石の物理學上性質は其製造上に多少の影響あるが如し其如何なる性質の者を以て適當とするや未だ明ならずと雖ども多くの製造場に於ては現に其近傍に於て化學的成分純良なる石灰を多量に産出するに拘らず遠隔の地より特更に引用せるものあるは全く其證として見るべきなり

炭素材料は木炭、骸炭、無煙炭、瓦斯炭素等何れも皆使用に耐ゆるものなれども其灰分は石灰分を除き五乃至七%に達すべからず而して其灰分中硫黄及磷の存在の不可なる既に石灰に付て陳べしが如し

此等の原料は電爐に裝填するに先だち豫め能く之を粉碎し混合せざるべか

破碎の程

らず其装置は全くセメント工業に於て粘土及び石灰を粉碎混合する者に異ならざれば此小冊子に於ては到底之を詳述するの餘地なきにより爰處に之を省略すべし然れども本編に於て省略すべからざる所の問題は其破碎の程度如何にあるなり其破碎をして粒狀に止まらしむれば其費用少なく且つ電爐内にて熱せらるゝとき塵埃の飛散すること少なきを以て作業容易なりと雖ども其反應完全に行はれず之に反し粉碎したるものは其準備費用多額に昇ると雖ども其製品は品質良好なるものを得特に原料中苦土多きときは粉碎を望むものなれば破碎の程度は經濟上の利益と原料の如何により技術者適宜之を撰定すべきものなり

原料調合

原料の調合比例は電爐の種類と原料の性質並に製品の純度により異なるものなり即ち使用する炭素軟質なるときは硬質の者よりも多量を要するものにして木炭を使用する場合にありては方程式の示す分量よりも一〇乃至二〇%と多く使用すべし又電爐の形狀にして未だ熔融せざる原料を高温度に於て長く熱したる儘空氣に暴露せしむるが如き者にありては其炭素量を増

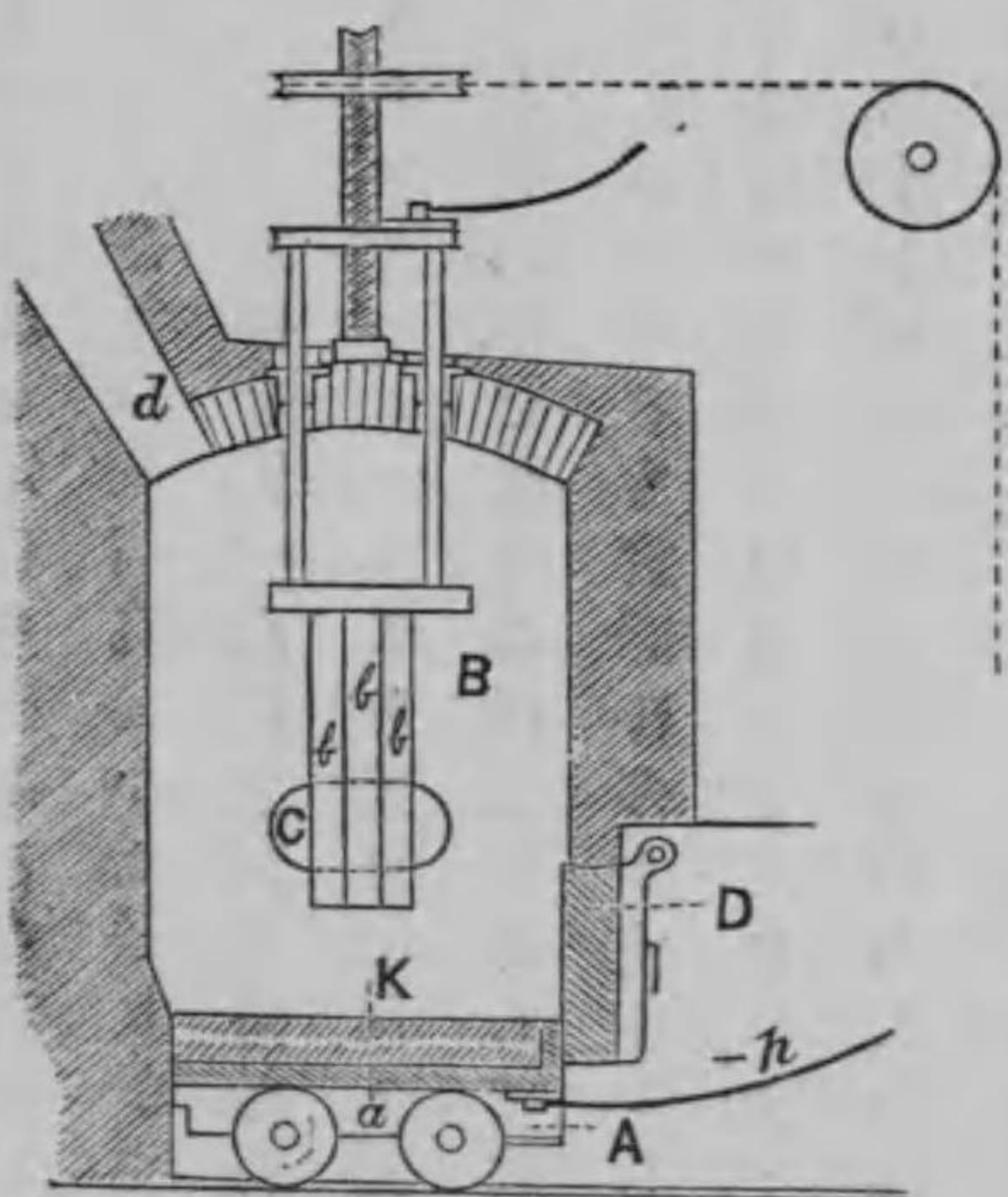
すべく亦生成炭化物が爐内にて高く熱せらるゝが如き場合には石灰を多くすべし之れ炭化物が解離して其カムシユムの昇化し去るを防ぐが爲めなり且つ亦石灰量多きときは其熔融容易なるが故に作業上の便宜を得ること多し特に石灰は其價廉に炭素は不廉なるが故に普通の調合法は石灰一〇〇に對し炭素五四乃至七五灰の質によりて使用するものにして炭素量の多寡は一に製品の純度を定むる要素となるものなり

電爐は其數甚だ多く到底此小冊子に於て亦之を詳説することを得ざるを以て爰處に其大要を陳べんとす其築窯材料は凡て耐火性の者にして普通ボロキサイト、マグネシヤ又は炭素を使用す其構造は作業の間斷的なる連続的なるにより其形を異にし又熱源として弧焰熱を使用すると抵抗熱を使用するとにより異なるも實際に多く使用せらるゝは弧焰熱なり

今弧焰爐の主なるものを揚げんにテナール氏の電爐は之に屬すものにして第百六十一圖に示すが如し即ち耐火煉瓦製の一室を作り其底部は軌道上は横はれる車上に炭素Kを載せたる鐵板より成り直ちに弧焰の一極とな

テナール氏電爐

第百六十一圖



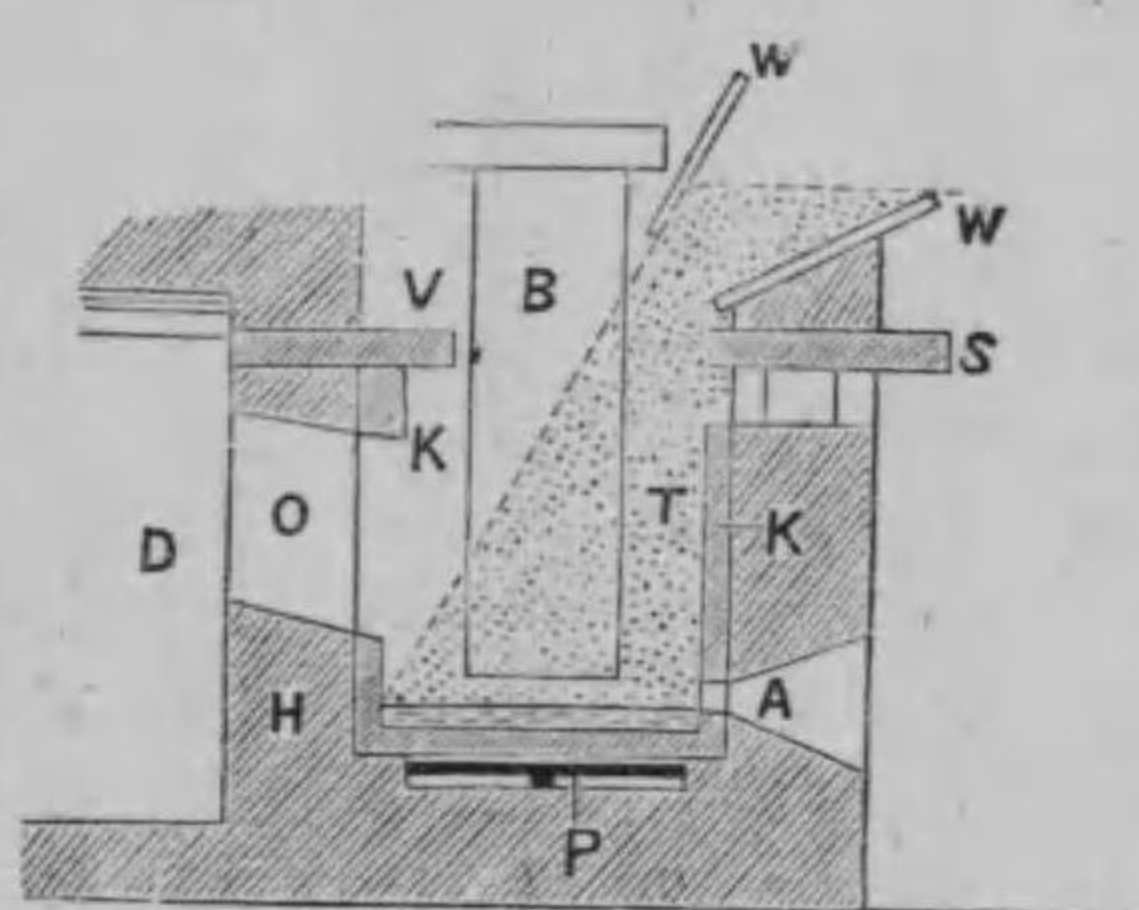
を以て作業を始むるにはbなる電極を卸して爐床に接近せしめ電流を通じ
 弧焰成立したる時之を引き揚げて先づ爐の内部を充分に熱せしめ然る後C
 より原料を挿入す然る時は爐内に生じたる炭化物は床上に熔融せる儘堆積
 し始むべし是に於て徐々に此電極bを引き揚げて其電壓を一定に保持し作
 業を進せしむれば炭化物は床上に次第に高く堆積すべし依りて其堆積充

らしむ此炭素床Kは電極用炭素
 の破片若くは骸炭の堅牢なるも
 のを石炭テールにて衝き堅めた
 るものにしてbは其昇降自在な
 る他の炭素極なりdは發生瓦斯
 の逃げ道にしてCは原料調合物
 を装填する口なりDは懸垂せる
 戸にして車體を挿入し又は搬出
 するの際開閉するに供す今此爐

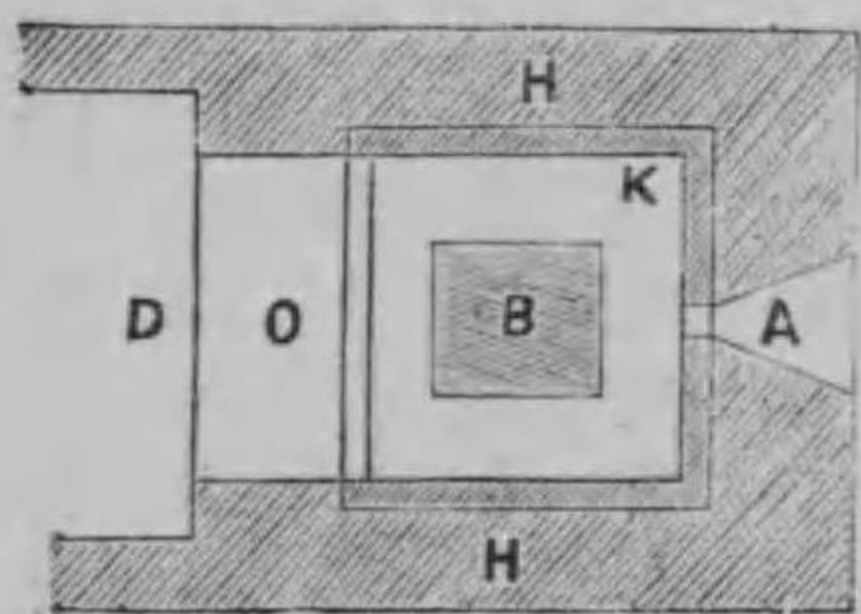
分なるに至れば電流を切り爐床を取り替へ再び作業を開始するなり斯くし
 て生じたる炭化物は車上に塊状をなし其中央部は純粹なる炭化物より成る
 も其外部は炭化物と未變化の原料の混合物を以て覆はる故に稍冷却したる
 頃鐵槌を以て之を打破し炭化物を撰出し残る未變化物は再び爐内に装填使
 用するなり此爐の改良として當時bなる電極を左右に運動せしめ得るもの
 あり然るときは塊の中央部のみ炭化物を生じ其外部未成品を以て被覆せら
 るゝ不便を幾分か除去するを得るなり

テナール氏の弧焰爐は其作業間斷的なりと雖どもラーテナウ氏の弧焰爐は
 其作業連綿たるものなり氏の爐はラインフェルデン及びピツテルフェルド
 に於て使用せらるゝものにして耐火煉瓦を以て正方形の筒を作り其内面は
 炭素板を以て一面に之を張り爐底の炭素板はPなる鐵板上にありて一方の
 電極を構成せること第百六十二及び第百六十三圖に示すが如し但し前圖は
 爐の縦斷面を示すものにして後圖は其水平斷面を示すものなりとすBは太
 き炭素棒にして爐内に垂直に懸下し他の電極を成す爐の上部はVなる炭素

圖二十六百第



圖三十六百第

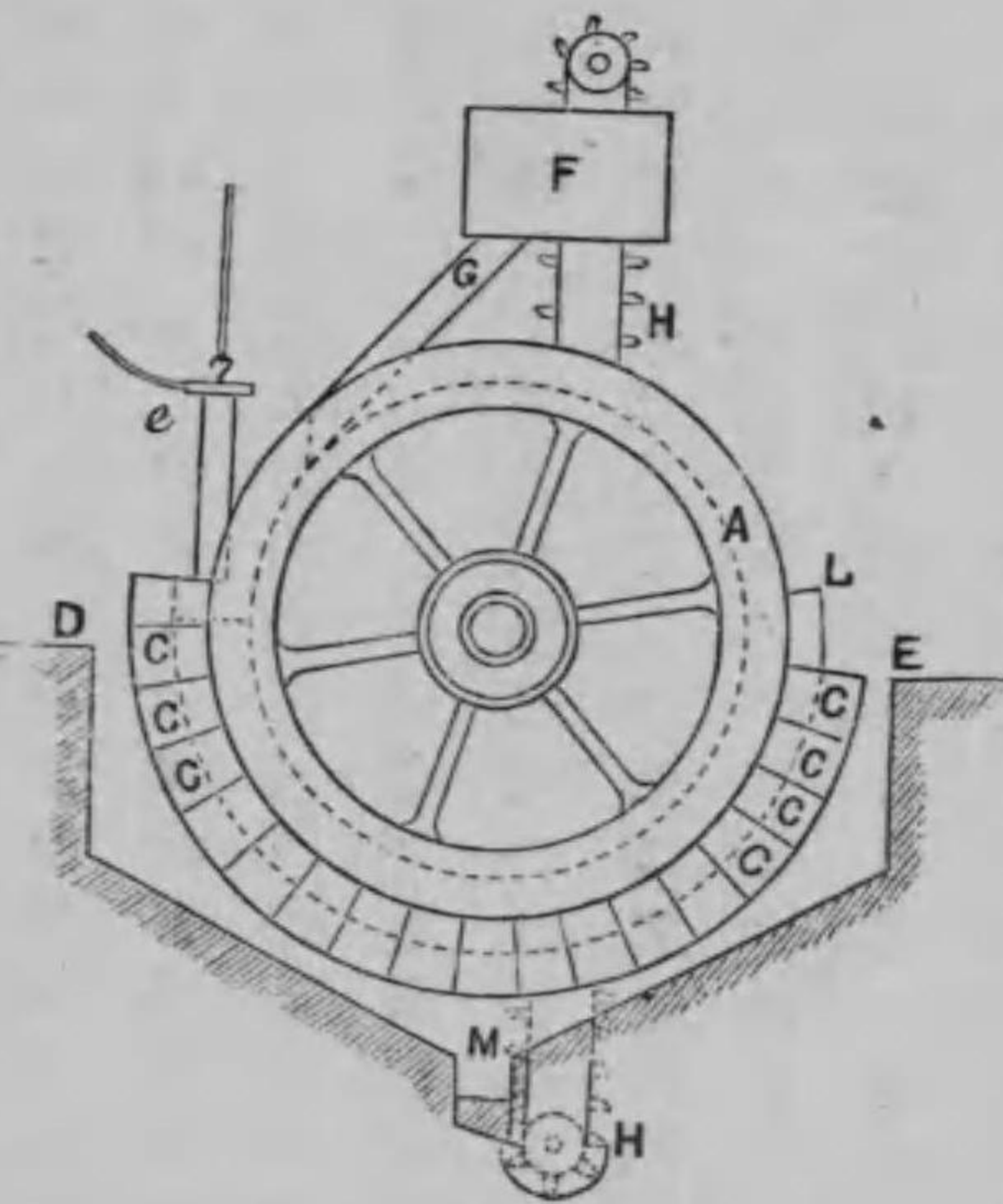


板を以て閉鎖せらるゝものにして發生瓦斯はOなる穴より塵埃室Dに通ずるものにして弧焰の刺焰により吹飛ばされたる原料を爰處に沈降せしむ又生じたる炭化物は時々之をAなる穴より拔出し原料はWなる漏斗によりて之を装置す此爐の特徴として見るべきは炭素極Bの大部分は常に原料中に埋没せるにあり従つて其酸化を受け損耗すること甚だ少なし故に原料は不斷に漏斗より装入するものなれども生成炭化物拔出の時機に至ればSなる磨り戸を閉ざして原料の装入を中止し爐内にある原料の大部分を消化せしめ然る後生成物を拔出すなり此生成物を拔出したる後はSなる戸を開き徐々

に原料を装入し作業を持続せしむ若し一時に多量の原料を装入するときは爐内の熱度一時に冷却し弧焰を中絶せしむるの恐れあるべしラーテナウ氏の報告によれば此爐は一ケ年一馬力毎に凡そ一噸の炭化物を生ずるものにして其價一噸に付水力電氣を使用すれば凡そ八〇馬克に當り蒸汽力を使用すれば凡そ一六〇馬克に當ると云へり氏は亦原料を撰擇するに當り硅石を含有する石灰なるときは少量の鐵を之に加へたり之れ硅石は炭化硅素即ちカーボランダムを作るものなれども鐵あるときは硅素鐵となりて沈降し炭化硅素を作らざるが故に製品の質を純良ならしむることを得るなり此電爐は連續的作業をなすとを得べしと雖ども生成炭化物堆積し來る時は其電極を引上げ又炭化物を抜き出したる時は再之を引き卸すの勞ありて其間作業の調節稍困難なるを免れず故に當時米國ナイヤガラ地方にては連續的塊爐にして其弧焰の位置一定せるものを案出して之を使用せり之をポレー及びブラッドレー氏の弧焰爐と云ふ弧焰は常に一定の位置にありて産出せる炭化物は徐々に退却して其位置を降下し漸次冷却して自然的に此爐

ポレー
及アラツ
ドレー氏
弧焰爐

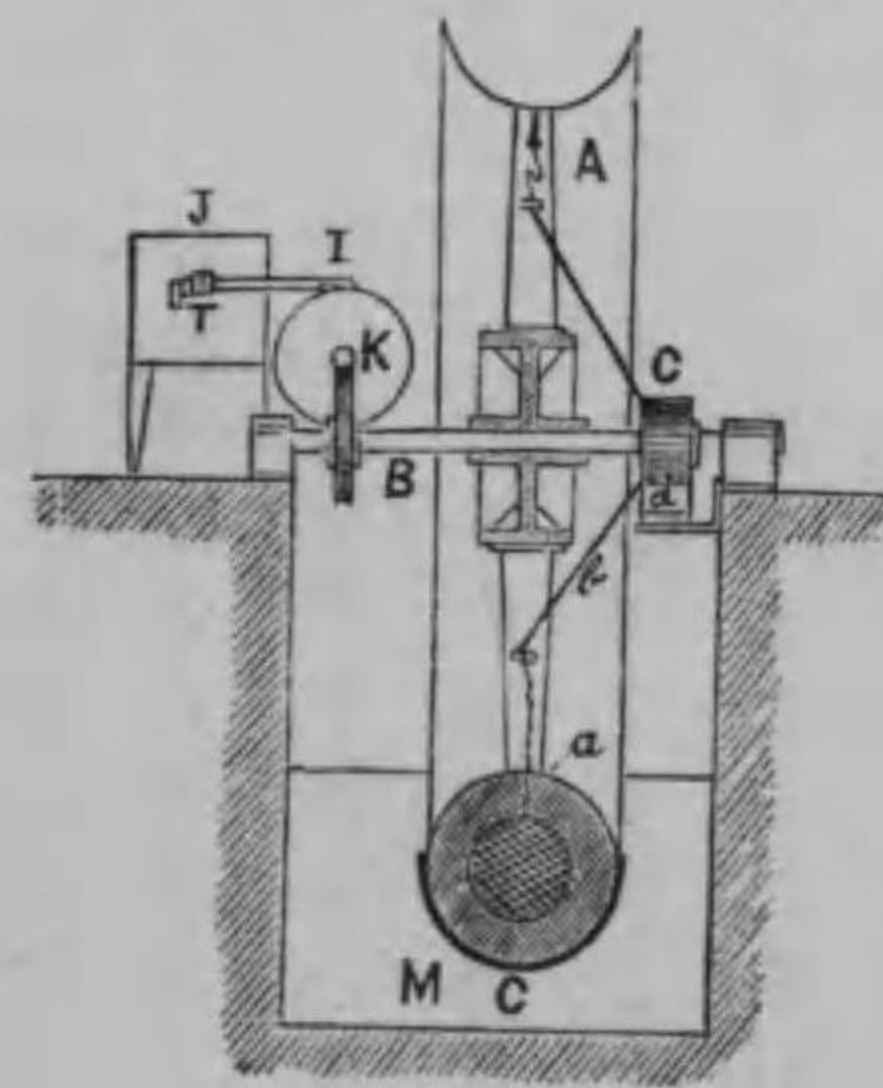
圖四十六百第



す此Cなる蓋は種々の片々より成り車の下方に向へる半面を覆ふものにして其車軸の回轉に従ひ自然に離合することを得即ちDなる位置に於て機械的に嵌入せられEなる位置に於て亦機械的に離脱する

を去るなり第百六十四及び第百六十五圖は其構造の要領を示せるものにして水平なる一車軸Bに直徑四、五乃至五メートルの車Aを附し其幅は〇、五乃至一メートルなりとす其圓周は半圓形に附み其外部に半圓形の蓋Cを附

圖五十六百第



塊爐と熔爐の比較

者なり此圖に於ては複雑を避くるが爲めに其機械的装置を省略せり銅片及ひ銅の被覆は聚電子。並に刷子dは電機の電力を爐の内容物に傳達するものにして。なる炭素は他電極を構成するものなりFは原料貯藏所にしてGなる溝渠によりて原料を爐内弧焰發生所に裝填せしむLは生成せる炭化物にして既に冷却せるが故にEに至れば其蓋Cは自然に離脱して未だ炭化せざる原料はMに集まり原料運搬器Hによりて貯藏所に送らるLなる炭化物は之を碎きて別途に之を集むるものとす此爐はユニオン、カーボート會社に於て良好なる成績を以て作業せり
 今炭化石灰を作る塊爐と熔融物を流出せしむる爐を比較せんに後者は爐の内容物が流出し畢る迄淡薄なる熔液となりて存在せざるべからざるが故に非常に多量の熱量を要し且温度高きを以て炭化物の解離する處あり然るに前者にありては其温度僅に炭化物の生成に必要な丈けに止まるが故に其温度は遙に低く従つて解離より起る損失なく所要電力は實に僅少にして一キロワット一日の生産高は前者は八乃至九キロ瓦なるに後者は僅に其二分

の一に止まるものなり然れども其構造に至りては前者は非常に複雑にして後者は又非常に單簡なりとす

炭化石灰の用途

炭化石灰の市場にあるものは既に陳べたるが如く決して純粹の者にあらずして炭化硅素及び炭化鐵を種々の割合に含有し又アルミニウム、炭素、滿俺石灰、苦土等の少量を含有し尙常に多少の無機並に有機性の硫黃及磷の化合物を有せり其主なる用途は水と作用せしめてアセチリン瓦斯を發生せしめ點燈用に供するものにして其瓦斯に特種の臭氣を有するは主として含有せる磷化合物に起因する者なりとす故に炭化石灰購入に際しては可成磷の不純物なきものを撰ぶべし而して其純度は一キログラムの炭化物より三〇〇リットルのアセチリン瓦斯を發生し得るものたらざるべからず

此者は亦還元劑として冶金術に賞用せられ化學實驗室に於ても又多少の使用を見るものなり特に近年に至りて空氣中の窒素を固定する媒介者として多く用ゐらるゝものにして其製品はカルク、スチツク、ストッフ又はカルシユ

炭化石灰の用途

ム、サイヤナマイドの名稱の下に窒素肥料として應用せらる(第八編参照)

第三節 カーボランダム

カーボランダムとは市場に用ゐらるゝ名稱にして學術上の名稱は炭化硅素なりとす其發見者は米國人イイ、ジー、エツチソン氏なり氏は一千八百九十一年ペンシルバニヤ州モノンガヘラの電燈會社に於てコランダムより一層硬質なる琢磨劑を作らんことを試み炭素を結晶せしめば其目的を達し得べしとの考案より炭素を鐵鍋に盛り粘土を加へ電氣熱によりて之を熔融せしめて其粘土中に溶解したる炭素を冷却結晶せしめたりしに炭素極の周圍に於て青色の光澤ある小結晶を得たり故に之を取りて細密に之を驗ぜしに炭素の結晶にあらざりしも其硬度は豫定の如くコランダムより一層大なるものを得たり故に氏は其成分を研究するの暇なく之を市場に出し炭素とコランダム(礬土の結晶體なる故)の化合物なりとの考へよりカーボランダムなる名稱を與へたり氏は尙之を多量に製造せんことを研究しモアサン式の爐を用ゐて好果を得更に粘土に代ゆるに白砂を以てして一層良好なる成績を擧ぐ

炭化硅素

るを得たり斯くの如くして多量の製品を得るに至りしがば氏は其成分の研究に従事し分析の結果左の如きを得たり

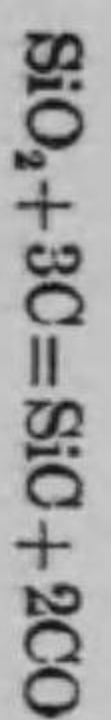
矽素	六四、九三
炭素及酸素	三三、二六
熱灼減量	一、三六
アルミニウム	〇、二五
石灰、苦土、鏡等	痕跡
次に此製品を先づ鹽酸及び硝酸にて洗滌し次に酸素氣中にて熱灼し更に之を弗素酸にて洗滌して其残りを分析せしに	
矽素	六九、一〇
炭素	三〇、二〇
酸化鐵	〇、四九
礬土	〇、一五
石灰	

炭化矽素の成分

なる結果を得たり故に氏は其成分は矽素及び炭素共に各一原子の比にて化合せるものなりと認定しSiCなる化學符號を與へたり蓋し其理論數は

矽素	七〇、三一
炭素	二九、三七

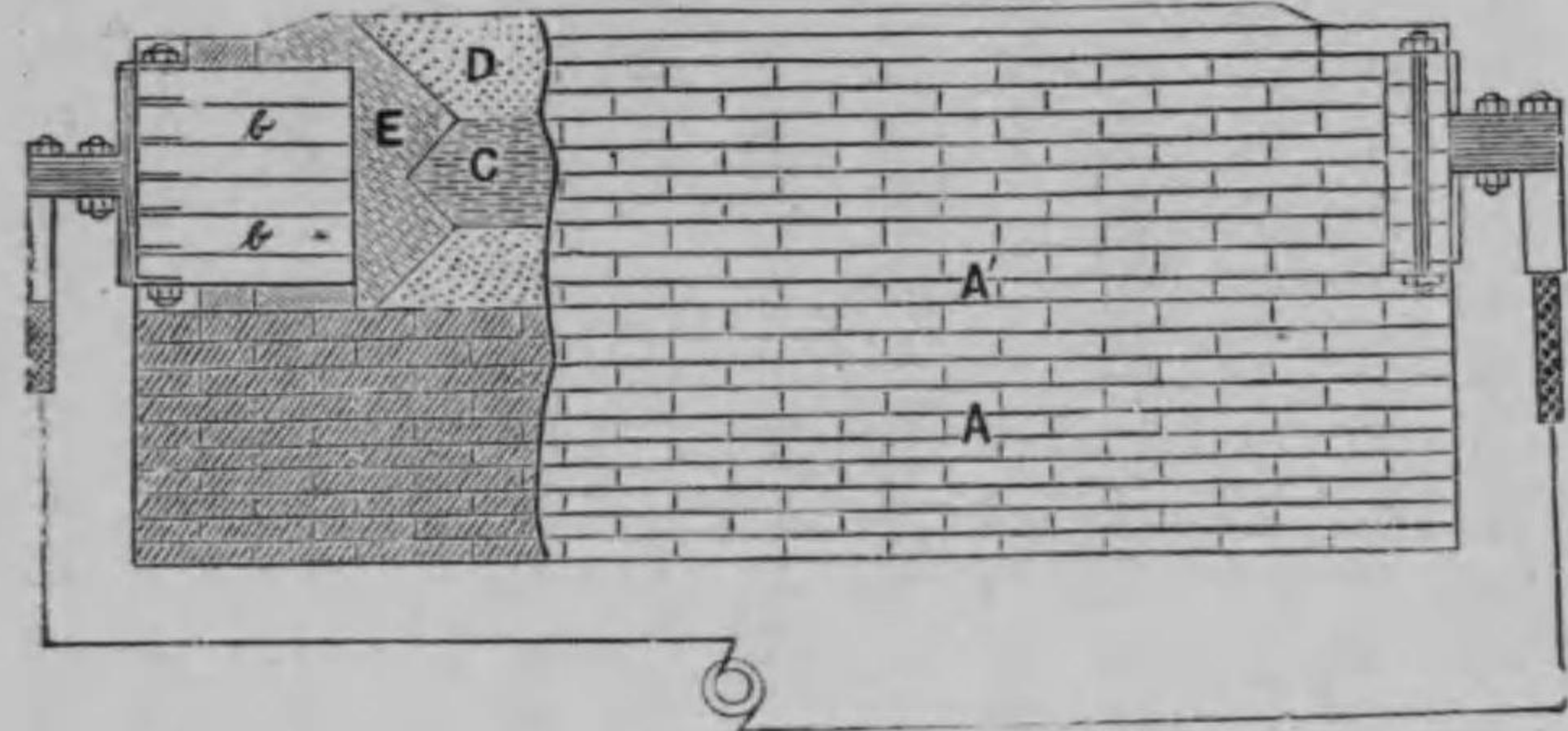
にして前記分析の結果は甚だ能く此數に近似せるを以てなり去れば其生成反應式は



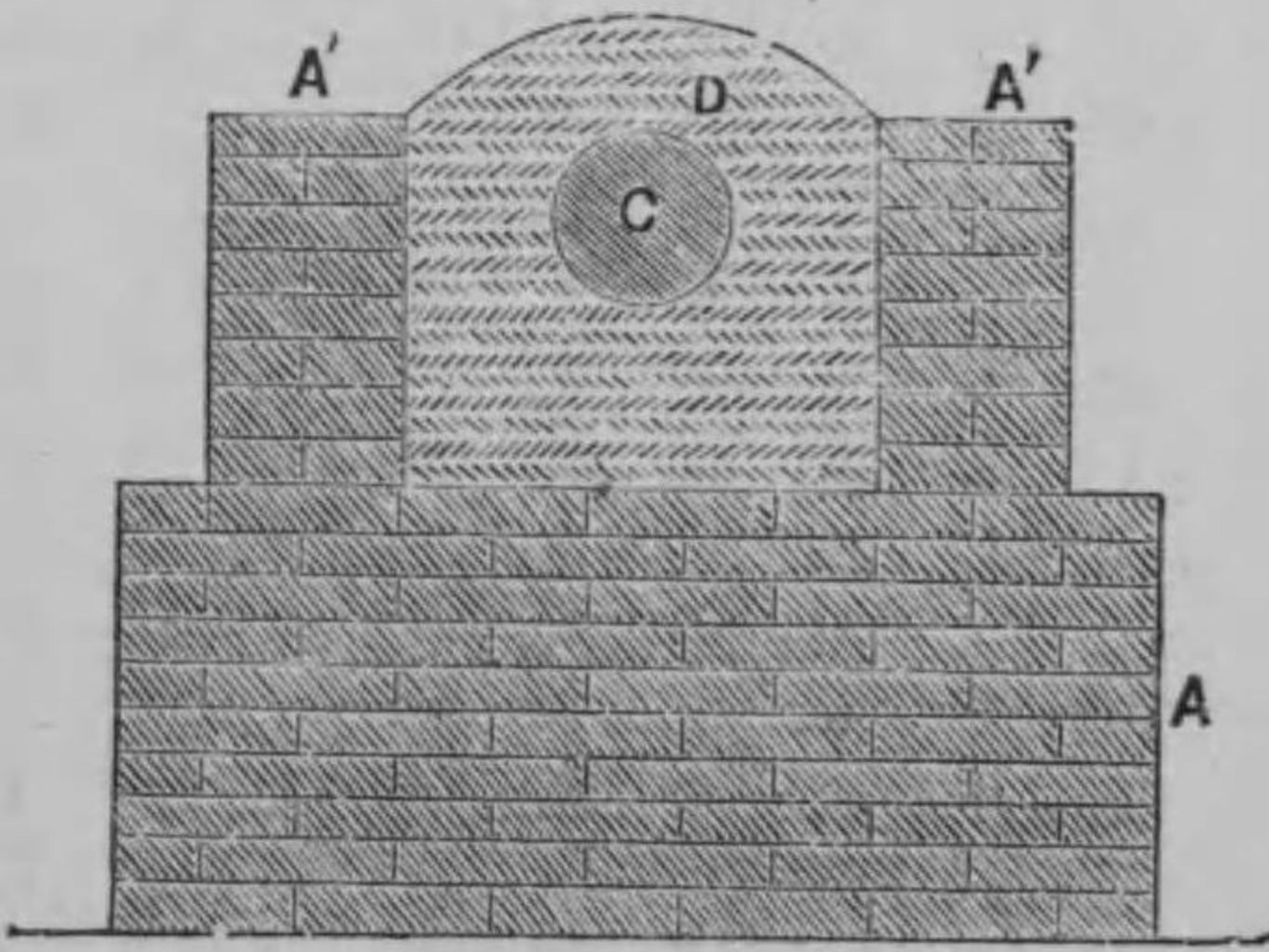
なりと云はるべからず

エッチソン氏は更に之れが研究を持續しモアサン式の弧焰爐にありては其熱高きに過ぎ爲に一旦生成せる炭化矽素も再び分解せられて矽素は其儘昇化し炭素は黒鉛に化して其位置に残留するを認めたりしかば弧焰爐を廢してボルシヤール式の抵抗爐を使用することゝなしたり然れども其抵抗軸心(コアル)として細き炭素棒を使用することを止めて炭素粒を使用するとゝなせり

圖六十六百第



圖七十六百第

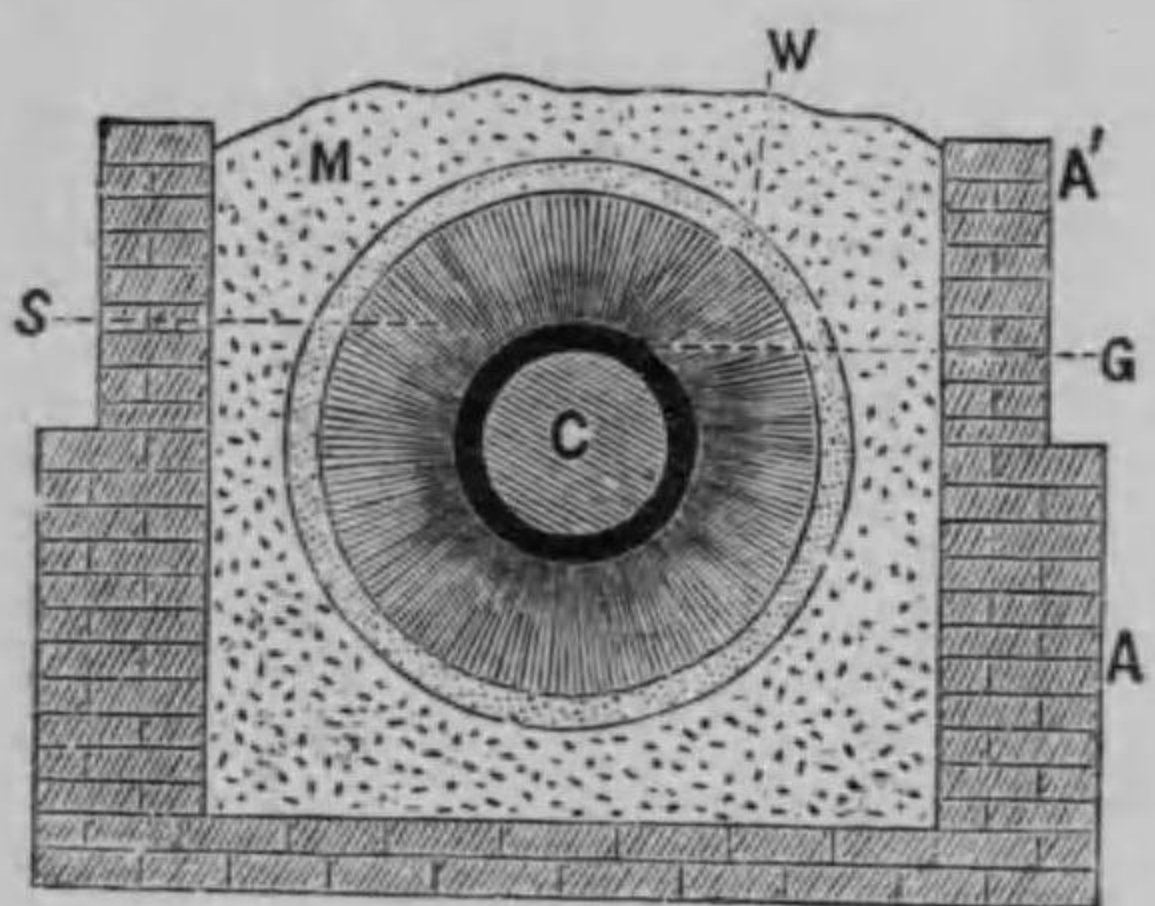


煉瓦と耐火粘土を以て堅め炭素極bbを挿めり此電極bbは四角形の断面を有せる炭素棒にして數層に積み重ねられ其各層間には銅板を挿入し以て電流通過に便ならしむるものな

第百六十六圖は此爐の全長に沿へる側面と一部分の断面を示し、第百六十七圖は之に直角をなせる直立断面を示せり其兩端の壁牆は耐火

りA A'は爐の側壁にしてモルタルを使用せずして積み重ね一作業毎に取去るを得るものなりDは原料の混合物にしてCは炭素粒より成る抵抗軸心即ち粒狀炭心を示しEは粉炭にして炭極と粒狀炭心間の電絡を充分ならしむる爲めに裝したるものなり今一作業毎に此爐を築かんには先づA A'なる煉瓦臺上にA A'なる側壁を築き之を築くに結着材料を使用せず原料混合物を凡そ其半分の高に裝填し其上に炭心を作る此に於て原料と炭素極の直接なる接觸を避けんが爲に炭極端より凡そ二三寸を隔て、爐の横断面と同大の鐵板を置きて粒狀炭心C及び原料Dの一部を裝し鐵板と炭極間には炭素末を充たし然る後此鐵板を引抜きて原料の殘部を爐一杯に裝置するなり斯くの如くして爐の築造を畢れば之に電流を通ずるものにして爐熱は次第に上昇して爐の兩側壁並に上部より第一酸化炭素の焰を發し前記反應を起し炭化硅素を作るなり第百六十八圖は作業後に於ける電爐の断面を示せるものにしてCは粒狀炭心なり此粒狀炭心を圍繞してGなる環帶あり其形狀は結晶せる炭化硅素に異ならずと雖ども其質全く黒鉛より成る之れ粒狀炭

第百六十八圖



心の周囲は其温度最高きが故に一旦生じた
る炭化硅素も再び分解して



となり硅素は昇化し炭素の残留せられたる
もの變じて黒鉛となりし者なり此黒鉛帯G
の周囲にある廣き環帯Sは純然たる炭化硅
素の結晶にして其色は光輝ある紫色をなせ
り其周囲にある薄き灰綠色の環帯Wは粉狀
の炭化硅素と原料の混合せる所にして俗に

白塊獨逸語にてはツイスマツセ英語にてはホワイトスタツフと云ふ此白塊
の周囲にあるものは未だ變化を受けざる原料なり

此炭化硅素環帯Sの廣さ即ち炭化硅素の生成高は粒狀炭心の熱度によりて
異なるものにして此熱度は其炭心の太さに關係あるものなり故に今此粒狀
炭心の徑と炭化硅素環帯の廣さの關係を考究せば次の如し但し此考究は左

炭化硅素
の生成高
と炭心の
太さ

の假定の下に成立するものとす

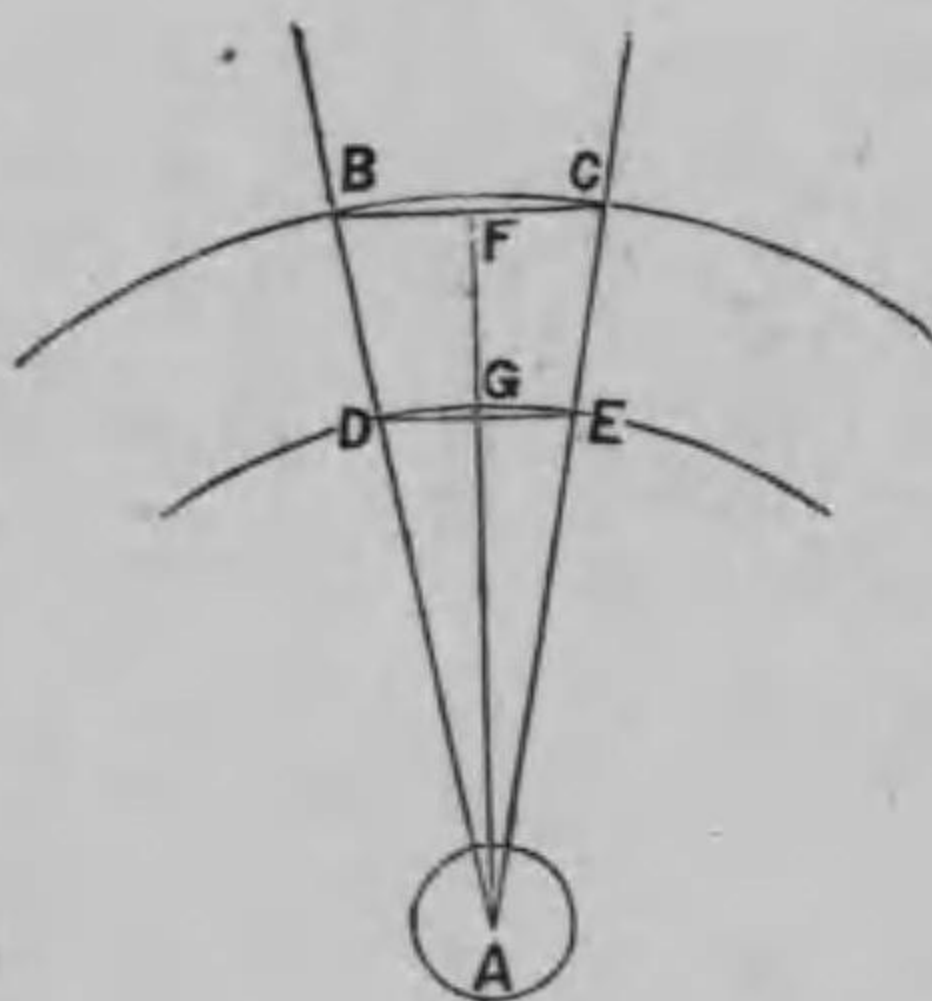
第一、發熱の根元たる粒狀炭心は完全なる圓柱狀をなせること

第二、此粒狀炭心は作業の當初既に一定の温度に達せること

第三、此粒狀炭心を圍繞せる原料は未だ少しも變化を受け居らざること
今第百六十九圖に於てAを以て粒狀炭心の斷面とせば此より傳達放散する
熱はAの軸に直角をなせる面上に於て直線路をとるべし故に此面上に於て
各放射線中同一温度の點を連結せば一圓周を作り其圓の中心はAなる炭心

の中心と一致すべきなり去れば多少の温
度の差を以て斯る圓周を求めばAの周
圍に無數の同心圓周を得べし今BC及
びDEを以て其無數の同心圓周中或二
個の圓周となしADB及びAECを以
て或二個の放射線となしてBC及びDE
を接続し之にAGFなる垂直線を下せば

第百六十九圖



幾何學の法則に従ひ

$$BC:DE = AF:AG$$

なる關係を有すべし即ち二放射線によりて區劃せられたる圓周囲の長さは其炭心の距離に比例するものなり而して此BC面より放散すべき熱量とD面より放散すべき熱量は同量なるが故に此各同溫度圈の一單位面より放散する熱量は各圈の炭心より遠かれる距離と恰も反比例をなすや明なり今亦炭心の周圍に生成せる炭化物の熱を傳達する力を各部均一なりとし更に

 θ_1 を以て炭心の溫度

 θ_2 を以て炭化硅素生成溫度

 r_1 を以て炭心の半徑

 r_2 を以て炭化硅素圈の外圓周の半徑

 l を以て炭心の全長

を表示せしめば熱の放散度は次式によりて示すことを得べし

$$-\frac{d\theta}{dr} = \frac{a}{r}$$

但し a は或一恒數なり此方程式を積分せば

$$\theta = -a \cdot \ln r + b$$

となる \ln はナチュラル、ロガリズムなり去れば之を θ_1 及び θ_2 に適用せば

$$\theta_1 = -a \cdot \ln r_1 + b$$

$$\theta_2 = -a \cdot \ln r_2 + b$$

となるなり之より a の價を求むれば

$$a = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$$

を得るなり今炭化硅素圈を通じ各秒毎に放散する熱量 Q_1 は

$$Q_1 = -2\pi r_1 l k \cdot \frac{d\theta}{dr}$$

によりて示すことを得べし但し k は其熱傳達度を示すものなり然るに

$$-r \frac{d\theta}{dr} = a$$

なるが故に

$$Q_1 = +2\pi \cdot l \cdot k \cdot a = 2\pi \cdot l \cdot k \cdot \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

を得べく従つて又

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi \cdot l \cdot k (\theta_1 - \theta_2)}{Q_1}$$

となるなり此公式によれば $\frac{r_2}{r_1}$ の比を大ならしむるには即ち炭化硅素圈を可成的厚からしめんには須更炭化硅素圈最外周の温度と炭心の温度の差を可成的大ならしめざるべからず然るに θ_2 は炭化硅素の生成熱にして一定せるものなれば此目的を達する爲めには θ_1 即ち炭心の温度を高むるより他に道なかるべし然れども炭素の温度無限に高むるときは一旦生成せし炭化硅素も再び分解する虞あれば其温度を無限に高むる能はず故に θ_1 の最高温度は炭化硅素の分解温度に止めざるべからず去れば炭化硅素圈は無限に厚層ならしむることを得ざるなり

次に此炭化硅素圈より外部に放散損失する熱量を計算せん此量も亦原料の熱を傳達する力の如何によりて異なる者なり今此原料の熱傳達力を k_1 と

とし θ_2 を以て原料中に於ける同温帯の温度とし r_3 を以て炭心の中心よりの距離とせば此消失損耗する熱量 q は前同一の考慮の下に左の公式によりて示すことを得べし

$$Q = \frac{2\pi \cdot k_1 \cdot l (\theta_2 - \theta_3)}{\ln \frac{r_3}{r_2}}$$

今 $r_3 = r_2 + d$ と假定せば

$$\ln \frac{r_3}{r_2} = \ln \left(1 + \frac{d}{r_2} \right) = \frac{d}{r_2}$$

$$Q = 2\pi \cdot k_1 \cdot l (\theta_2 - \theta_3) \frac{r_2}{d}$$

を得べし即ち Q の價は r_2 の非常に大なるとき又 θ_2 と θ_3 の價に大差ある程大となるなり故に損失熱量を小にし多量の熱を有効に使用せんと欲せば d の價の小なる部分に於ける所の温度 θ_3 と炭化硅素帯の温度 θ_2 の價の差を少なくすべく又炭化硅素帯の表面積余り大ならざるを望むものなり此第一要求を満足せしめんと欲せば原料層を可成的厚くし放散熱を少からしむべし又第二要求を満足せしめんには其炭心を圓柱にすべし炭心圓柱なるときは炭

化硅素帶も亦圓筒狀となるべく然るときは生成せる炭化硅素の量に比し其表面積比較的小なるものなり而して表面積の増加は r に直比例をなすも炭化硅素の生成高は r の自棄に比例するものなれば炭化硅素帶の直径は可成大なるを望むものなり之を大にすれば炭心の徑を大にし其發生熱量を多くするを要す従つて使用電力も可成的大ならざるべからず然れども實際に於ては斯くの如く理論的に作業すること能はず之れ炭心を構成する材料の抵抗量は一定不變の者にあらずして温度高まれば其抵抗量を減じ且つ其内に含有せらるゝ不純物は昇化して黒鉛化するが故に益其抵抗量を減ずるものなればなり故に今炭心の作業當初に於ける抵抗量を R_1 とし其終りに於ける抵抗量を R_2 とし炭心兩端に於ける電位差の最高を E_1 とし最低を E_2 とし使用電力量を W とせば

$$R_1 = \frac{E_1}{W} \quad R_2 = \frac{E_2}{W}$$

たらざるべからず此 R_1 及び R_2 の差は普通の骸炭にありては甚だ大なるも黒鉛にありては比較的の小なり故に實際に於ては一度使用して黒鉛化したる骸

炭を以て炭心となし其不足分のみ新しき骸炭粒を使用す其粒の大きさは爐の大小によりて異なるも可成的一様なるものを使用すべし炭化硅素の熱傳達度も亦一様なる者にあらず其結晶大にして其質密なるものは能く熱を傳達す而して作業の當初生ずるものは其結晶小にして其質密なるも作業進行するに従ひ其結晶大となるなり故に亦作業中に熱の傳達度を變ずるものたるを知るべし去れば前條陳ぶる所の電爐構造の理論は唯作業の大綱を指示するに過ぎざる者と知るべし

今斯くの如く築造せられたる電爐の作業能率に就きては教授リチャード氏は次の如き説を吐けり原料を熱して化學變化を起さしむる迄に使用せる全電力の四割二分を費し此化學變化によりて三割四分五厘を吸収熱として使用せられ残り二割三分五厘は全く放散熱として損失せらるゝものなりと然れども其計算の根據は甚だ薄弱にして原料中に混在せる半製品の吸収せし熱及び原料中の鋸屑の炭化等に使用せられたる熱量は放棄せられたるが如し且つ此製品の比熱は常温に於ては明に測定せられたりと雖ども電氣爐内

高温度に於ける比熱は未だ測定せられざるが故に著者は未だ其説の當否を信ずること能はざるなり今之を實際に鑑みるに米國モノンガヘラに於て最
初試験を行ひしときは電力一〇〇キロワット二四時に一三六キログラムの
炭化硅素を得たり即ち一キログラムの炭化硅素に對し一七、五キロワット時
の割合なりしがナイヤガラ瀑布に於ける電爐は大にして七四六キロワット
即ち一〇〇〇馬力を使用せるが故に一キログラムの炭化硅素を作るに要す
る力は八、五キロワット時間に當れり而して此計算には其生産物中單に立派
なる結晶をなせるもののみを取りしが若し其半製品を加算するときは其所
要電力量は一層少なきものなりとす

ナイヤガラ瀑布に於ける炭化硅素製造所作業の状態

本製造所にて使用せる原料は砂、骸炭、鋸屑及び食鹽にして砂は石英を粉碎し
たるものを用ひ其中に硅石分九、五%を有せり爾余の成分は鐵及び礬土な
りとす骸炭は製鐵用骸炭にして灰分少なく其質密なる者を撰び鋸屑は原料
の混合體に氣孔多からしむる爲め混ぜらるゝものなれば可成的粗なるを宜

ナイヤガラに於ける炭化硅素製造の状態

原料の調合

しとせり亦食鹽は其使用高僅少なれば敢て之を撰擇するの必要を認めざる
なり元來食鹽は初め熔融劑として使用せられしものなれども其研究進歩す
るに従ひ熔融劑としての効力甚だ薄きものたるを知りしが生成物の質を變
更すること大なるが故に當今尙之を使用せり
此等原料は直ちに之を使用し得るものなれども骸炭のみは通常之を粉碎し
て篩にかけ其粒の一定せるものを以て炭心を作り其碎末を原料調合に使用
せり其調合の割合は一回に五〇〇キログラムを作るものにして左の如し

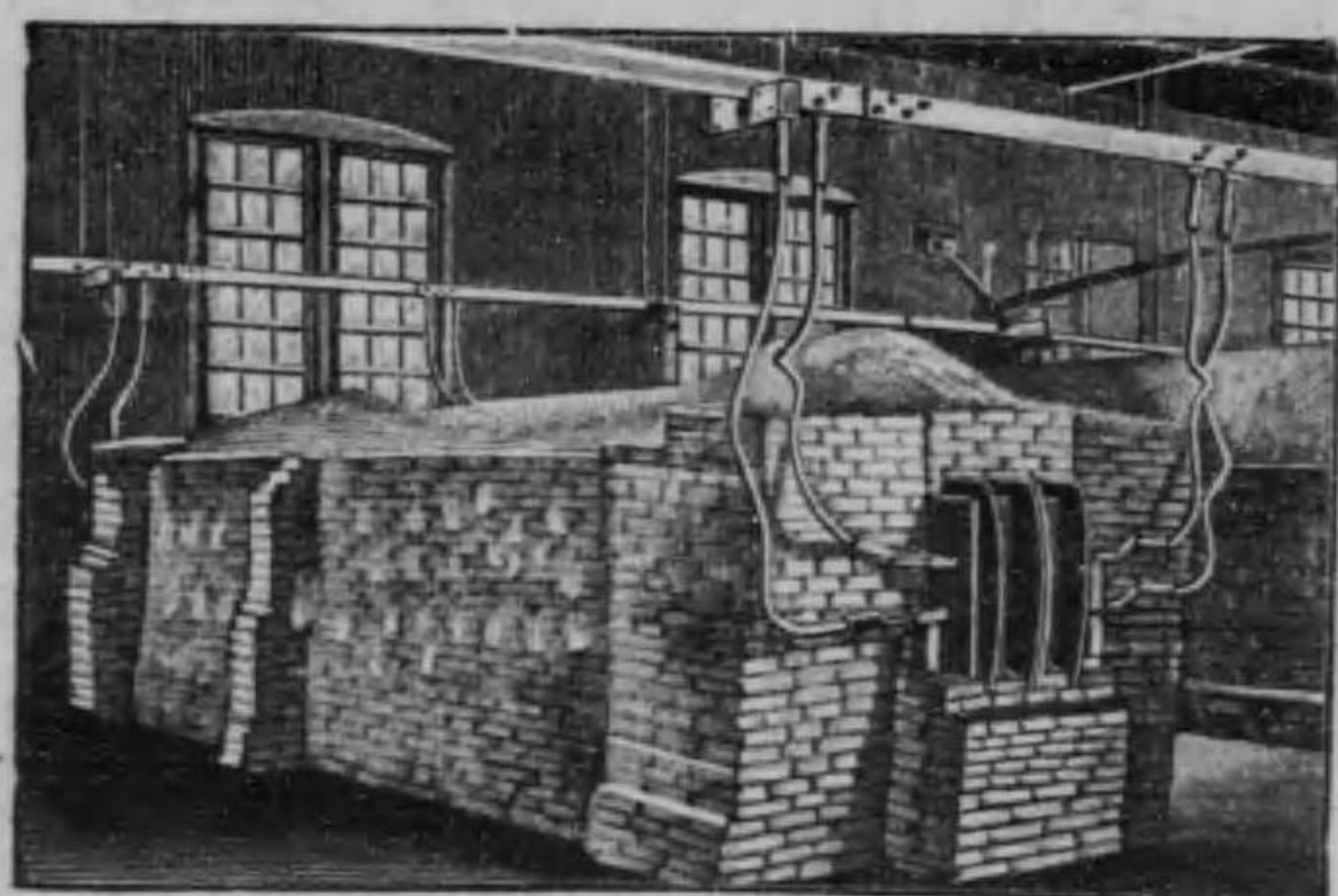
砂	二六一キログラム
骸炭	一七七
鋸屑	五三
食鹽	九

斯くの如く調合を畢りたるものは之を貯藏し築窯に使用せらる

同社の工場には一〇〇〇馬力の電爐一五個を列べ築けるものにして其全形
は第百七十圖に示せるが如し各爐の大さは長さ七メートルにして其内容は

築窯法

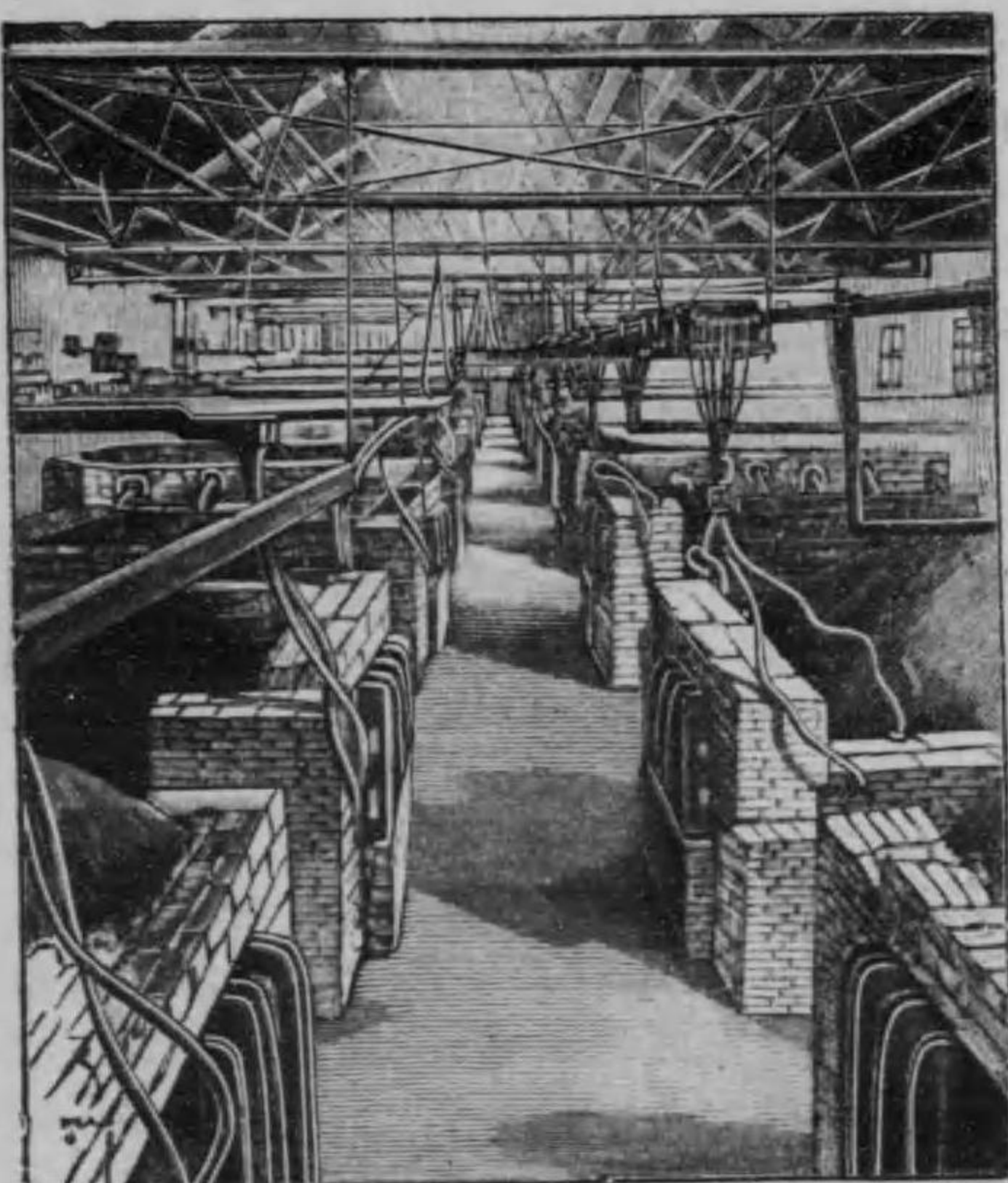
第百七十一圖



第七編 第二章 電氣熱を應用せる製造工業

電力はナイヤガラ瀑布電力會社の供給を受くるものにして二二〇〇ボルトの電壓を以て來るが故に先づ變壓器によりて之を一五〇ボルトに降下せしめ此變壓器と電爐の中間にインダクションレギュレーターを設けて其電壓を七五乃至二一〇ボルト間に自在に變更せしめ得る様にせり電爐に電流を通じ始めてより凡そ二〇分間を經過せば爰處に一種特有の臭氣を發生すべし之れ鋸屑の炭化するに基く者にして其側壁に火焰を近づけば爆聲を發して點火すべし之れ爐内に於て化學變化の開始せられたるを示すものにして第一酸化炭素の逃散に因るなり此點火現象は最初は僅少なるも電流通過後凡一乃至二時間を経過せば甚だ盛となり爐の周圍は悉く火焰を以て包まるとに至るべし第百七十一圖は其初期の外観を示せるもの

第百七十七圖



長	五、〇メートル
幅	一、八メートル
高	一、七メートル

一一八

なり其側壁はモルタルを使用せずして煉瓦を積み上げ築けるものにして其兩端壁には各二五本の電極を挿入せり各電極は長さ八六センチメートル断面一〇センチメートル角にして五列五段に積み重ねられ其兩端は壁の内外に突出す此外方に突出せる部分は各段毎に銅板幅一〇〇厚一三長六六〇ミリメートルを挿み之を炭素極と共に緊め付けて以て電流の導線に接続せり而して爐内に原料を裝填する方法は既に陳べたる如くにして其炭心は五三センチメートルの徑を有せり

にして爐内化學變化の繼續せる間は間斷なく此美觀を呈するなり此化學變化起るときは原料の容積は非常に減少するものにして作業の當初凡三尺位も高く側壁より積み上げたるものも熔融作用の終了したるときは側壁の頭部以下に沈降するものなり

ブローイング

時としては作業中噴出(ブローイング)と稱して爐の内部に生じたる瓦斯が猛烈なる勢を以て白熾熱にある内容物と共に外部被覆物を破りて衝出し凄まじき音聲を發することあり此時其破裂孔附近は黄色の焰を放ちて燃へ鏡器の此焰に觸れたる部分には白色の附着物を見るべし之れ即ち硅素にして其破裂の原因は炭心の温度高きに過ぎ一旦生じたる炭化硅素の再び分解するか或は原料調合の際過量の砂を混用したるが爲めにして原料の裝填の時其外部被覆を密になしたる爲め昇化せる硅素及び瓦斯の通竄すべき道を塞ぎたるに因るなり斯の如き場合に於ては須らく先づ電流を切斷し噴出を起したる部分に新しき原料を入れ再び電流を通ずべし
熔融作業完了せば電流を切りて他の爐に移し側壁を凡そ半ば取り去り未だ

作業に要する時間と製品生産の高

炭化硅素の性質及應用

變化を受けざりし原料を除き數時間放置して冷却せしめ更に未だ變化を受けざる原料なるも既に固結せるものと白塊とを取り去り然る後炭心上部にある炭化硅素の結晶を取り出し炭心を分ち其下部の結晶を取り去りて再び築窯を行ふなり

其熔融に要する時間は約三六時間にして熔融結了後結晶物を取り出し更に築窯するに要する時間は約一四〇時間にして合計一八〇時間を要するなり而して一回の製産高は三一五〇キログラムの炭化硅素と三四〇〇キログラムの第一酸化炭素なりとす此酸化炭素は集收することを得ば有要なる燃料として使用することを得れども之を採集すること困難なるが故に爐の周圍にて燃焼せしめ以て爐の内部に生ずる熱の放散損失を減少せしむ
炭化硅素の性質及び其應用

爐内にて結晶せし炭化硅素は通常青紫色を帯ぶ之れ鐵の不純物より來る色にして若し鐵なかりせば白色なるべきなり其比重は三・二二にして硬度は九と一〇の中間に位せり故に金剛石を除けば硬度に於て之と對比するものな

し此者は亦化學藥品に對し強き抵抗力を有するものにして硫黃並に酸素は攝氏一〇〇〇度の溫度に於ても之を犯すこと能はず鹽素は六〇〇度に於て僅に其表面を侵し一二〇〇度に於て全く之を分解す凡ての酸類及び其混合物も之に作用せず硝石又は鹽素酸加里も之を熔融して酸化作用を起すこと能はず然れども過酸化曹達は能く之を酸化しクロム酸鉛並にアルカリの水酸化物と共に熱せらるれば炭酸及び硅酸鹽に變ず

其用途の重なるものは其性質硬き點を利用するものにして琢磨劑又は砥石としての應用甚だ廣し斯くの如き用途に對しては爐より出て來りたる結晶を破碎して粉末として強硫酸中に數時間浸漬して種々の不純物を溶解せしめ之を水洗乾燥して篩に掛け其細末の度を區分す之に應用せらるゝ篩は一平方インチに六四乃至四八四〇〇の眼を有する十數種の篩にして其細末の度により各其番號を異にせり而して其最細かき篩を通したる者は更に水簸法によりて之を三等に區分し之によりて各種の砥石又は琢磨劑を作るなり砥石を作るには斯くの如く篩によりて分ちたる粉を粘土と共に能く粘り合

はせ圓砥又は平砥の形を作り水壓機の力によりて之を壓搾し乾燥したるの後陶磁器の窯に入れて之を焼き固むるなり時としては固結劑としてシエラツク又はクローチユークを使用することあり

炭化硅素は亦硅素に富むを以て近年に至り鋼鐵製造の際硅素誘導の目的を以て硅素鐵(フェロシリコン)に代用せらるゝに至れり此者は生成の際熱を吸收するものなれば分解のとき熱を發生す故に熔融せる鐵を鐵匙にて汲み取りたる時適當量の炭化硅素粉を之に投ずれば其分解熱の爲めに鐵の熔度を増し鑄込むに便に且つ硅素量多きが故に鐵工業に賞用せらる其他炭化硅素は亦非常なる耐火性の者なれば近年に至り爐の火橋又は爐内の天井を保護するに使用せられ其結合材料には水硝子を使用するなり

第四節 シランダム

シランダムとはカーボランダムの變體にして炭素の製品に硅素蒸氣を貫徹せしめたるものにして所謂其表面に硅化作用を施したるものなり此者は一千九百四年獨人ポイリソング氏によりて始めて製造せられたるものにして氏

當時高溫度に耐ゆる電氣抵抗物の必要を感しカーボランダムの耐熱性強くして併も多少電氣を導びくの性あるが故に之を使用せんことを企てたりしがカーボランダムの普通にあるものは無定形又は結晶形にして之れに任意の形を與ふることの困難なるより之を粉末となし種々の結着劑を配合して之れを成形せんとせり然るに此等結着劑の多くは常溫に於ては電氣の不導體なりと雖ども攝氏六七百度の溫度に於ては何れも皆良好なる電氣導性を帯び來るを以て之れが目的を達すること能はざりき故に氏は更に其方針を轉じ炭素を以て豫め所望の形狀を作り之れを硅化せしめて以てカーボランダムに變ぜんとせり蓋し其當時の學說によればカーボランダムの生成には炭素並に硅素共に氣化したるの後其各蒸氣が相互作用を起すものなりと思考せられたりしが氏は種々研究の結果炭素昇化の不必要なるを認め且つ硅素は攝氏一千六百度の溫度に於て既に昇化し居れば炭素製品を硅素の蒸氣中にて熱せば硅素は必能く之れを貫徹化合し得べしとの考へを起し之れを試みんが爲めエッチソン氏のカーボランダム製造爐に於て硅砂及び炭末

の混合物中又は硅砂とカーボランダムの混合物中に炭素製品を埋藏して熱灼し果して豫想通りの好果を得たりしなり去れば此爐内に起る反應は硅砂は炭素によりて還元せられて硅素を昇化せしめ此昇化したる硅素は炭素製品中に貫徹し之を硅化するなり故に硅化の度は爐内の溫度此れは發熱軸と炭素製品との距離により定まるなり並に加熱時間の長短により異なるものにして或は其全部を硅化せしめ或は亦其表面のみを硅化せしむるも全く任意になされ得るものなり而して此硅化作用を受けたる製品は少しも其原形を變することなくして豫め炭素製品に捺したる商標の如きは硅化後と雖ども鮮明に之を存せりと云へり去れば此方法によるときは如何なる形狀の者と雖ども其原料尙ほ炭素なるときに於て既に之を形成し置くが故に殆んど作り得られざる者なく氏は既に諸種の壁厚及び内徑を有せるシランダム管（圓形橢圓形角形及び諸種の物品を作りて之を市場に出せり）元來此硅化作用を受けしむべき炭素製品は其炭質の如何により硅化作用に難易を醸すものにして概して堅牢密質の炭素或は一旦燒成せられたる炭素

より作られたる製品は其作用を受くること難く特に水壓機の如き強壓力をかけて製成したるものは長時間を要するものなり故に木炭骸炭等の如き氣孔多き炭質より作られたるものは硅化作用を受け易く黒鉛の如きは之に亞ぐものとす

シランダムの性質

此者はカーボランダムと能く其性質を同じくし其質甚だ堅し然れども此硬度は其生成の際に於ける温度高く硅化度の大きな程大なるものなり其電流通過に對する抵抗は原料たる炭素の種類及び其質の密度によりて異なるものにして一般に云へば氣孔性多き炭素より作られたるものは密質の者より其抵抗大に電爐の無定形界に於て生じたるものは結晶界に於て生じたるものよりも其抵抗大なり而して此抵抗度は通常炭素の抵抗に比して數倍大なるものなり此者は常温に於ては如何なる酸類にも耐へ攝氏一千六百度以下の温度にては酸素も之を侵すこと能はず又如何なる熱も之を熔融すること能はざるなり

シランダムの用途

シランダムの用途

重なる用途は電氣煖爐厨房用竈の抵抗として用ゆるにあり從來此目的に使用せられたる材料は獨り白金のみなりしか其價格の不廉なる到底其發達を望むと能はざりき然るにシランダムの生成以來低廉に此等装置を作ることを得るに到れるを以て輒近數年間の發達は大に見るべきものあり特に此者は發見以來日尙淺く其應用は今尙諸技術者の爲めに研究せられつゝあるものなりと雖ども其性質既に陳べたるが如く化學藥品の作用を受けざるが故に漂白液製造の電極として使用せられ得べく又高温度に於ても空氣の酸化作用を受けざるが故に炭化石灰製造爐の電極として使用し得べしと信せらるゝものにして耐火材料としての應用は大に有望なるものゝ如し

第五節 人造黒鉛附黒鉛製電極

黒鉛は工業上の用途多端なるものにして其重なるものを掲ぐれば坩堝の製造金屬特に鐵器の光澤着け鉛筆の心及び耐火材料の製造等なり此者は亦能く電氣を傳達するの性あるが故に電機製造の刷子として使用せられ電鑄術

黒鉛の用途

に於ては不良導體より成る陰影に導性を與へ特に近年電氣化學工業の發達に伴ひ其電極として使用せらるゝこと甚だ多し然るに天然に産出する黒鉛は其質甚だ不純にして〇・三乃至三〇・〇%の灰分を含めるが故に之を直ちに電解用電極として使用するときには電解によりて發生する瓦斯の侵蝕作用を受け或は電解を受くべき液の爲めに作用せられて一は以て電極を傷け他は以て其電解液若しは電解生成物を不純ならしむるに依り使用前豫め此天産物を精製せざるべからず然れども此精製法は甚だ困難なる作業にして到底其望みを達すること難し又瓦斯炭素として石炭瓦斯製造の際石炭テールの過熱せられたる爐壁に觸れて分解し其處に遊離せしめたる炭素は純粹なる黒鉛にして能く電流を導びくと雖ども此者は其質甚だ堅牢なるが故に之に人功を加へ所望の形狀に有たしむること能はず是を以て凡ての天産黒鉛中電解に適當なるものを發見すること能はざるにより瓦斯炭素と同質にして所望の形狀を有せるものを人工的に作らんと企望は電解業者一般の希望となりブンセン氏の方法に基き粉狀になせる瓦斯炭素又は天産黒鉛、石油骸炭

人造炭極

或は亦煤煙を適當に石炭テールによりて粘り固め二〇〇乃至五〇〇氣壓の壓力を加へて形成せるものを乾燥し陶磁器窯に容れ攝氏一二〇〇度乃至一四〇〇度にて二四乃至四八時間熱灼したり然るときは其内部に含有せられたる有機成分は悉く蒸發して遂に堅固なる電極を得べしと雖ども此處に一の困難を感ずるは其硬度一樣なるものを得難きこと之なり之れ素より其原料調合比の如何によりて異なりと雖ども抑も亦其窯内温度の差等あるに起因すること多きにあるなり斯くの如く製造したる電極を陽極として使用するときは往々發生する酸素瓦斯の作用を受けて炭酸瓦斯を作り又フムス物質と稱する酸水炭三素の化合物を生ずることあり此フムス物質の化學的成分は未だ明ならざるも此者アルカリに遭遇せば濃褐色の液となりて溶解し陰極に於て黒色の沈澱物を生すべし

炭素極の酸素瓦斯に作用せらるゝや素より其質の如何によりて異なりと雖ども其氣孔性も亦大に此作用に關係あるものなり即ち氣孔多きときは既に屢陳べたるが如く電解は其極の中心に於て起り氣孔少なき時は其表面に於

炭極と酸
素瓦斯

て起るものなり電解内部に於て起るときは發生せる酸素の炭素に接觸する時間長きにより炭素の侵蝕せらるること大なるものなり故に電解用炭極は可成的氣孔性少なきものを撰ばざるべからず其の氣孔を測定するに瓦斯炭素の氣孔は一乃至一八%にして人造炭素は一八乃至二八%なり去れば人造炭素極は酸類アルカリ又は鹽類中酸素を發生すべき電解液中に使用すべからざるものとす試験の結果によるに發生酸素中炭素を酸化するに使用せらるゝ量は次の如し

電解液	濃度	溫度	炭素を酸化するに使用せられし酸素の百分率
硫酸	二〇、〇%	常溫	九〇、〇%
苛性曹達	一六、〇%	常溫	四〇、〇乃至七五、〇%
同	一六、〇%	攝氏五〇乃至六〇度	一〇〇、〇%

炭素は斯くの如く酸素の爲めに作用を受け易きのみならず其質一様ならずるときは酸素の侵蝕作用一様ならずが故に遂に又機械的の破碎を受くるものなり普通電極磨滅の主因は實に此れにあるなり

炭素極と鹽素

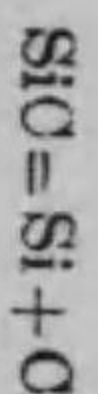
斯くの如く炭素極は酸アルカリ其他鹽類中酸素を發生する電解液の電解には使用すること能はずと雖ども若し其生成溫度充分高くして最早石炭テールを含有せざるものにおいて鹽素に對し能く其侵害作用に抵抗するの力あるものなり故に鹽化物の電解には炭素極は悦びて使用せらるゝものにして併も炭素極が結晶性となり且つ黒鉛なる時は此抵抗力益々増加し且電氣傳達力大なるが故近年に至り普通炭素を人功的黒鉛に化せしめんとの研究盛に起り遂に能く其成效を告げ現時専ら其製品を電極として使用せらるゝに至れり蓋し此人造黒鉛電極は獨りアルカリ工業に有要なるのみならず熱電氣化學工業にも非常に賞用せらるゝものにして其特徴とする所は其質密にして併も尙能く機械的細工を受くるにあり故に其製品に加工して種々な形状を施すことを得るを以て工業界に於ては大に賞讃せらるゝものなり此人造黒鉛を作るが爲め工業的程度に初めて作業せしは佛國の炭素會社(ルキルマル、シヤルボン)にしてギラール及ストリート氏の考案に基き形成せる炭素極を電氣弧焰熱によりて熱したるなり去れば此法に於ては單に在來の

人造黒鉛電極の特長

電極製造法と其加熱方法を異にせるのみなりと雖とも晩近米國ナイヤガラ瀑布に於て大成功を告げたるエッチソン氏の方法は獨り電極の製造のみならず諸種の目的に向ひ使用せらるべき黒鉛を炭素より直ちに變化し得るものにして爲めに斯業に一大改革を興へ現時其製造甚だ盛にして既に其支工場を歐洲に建設しつゝありと云へり

エッチソン氏人造黒鉛製造法

エッチソン氏は炭化硅素を作るに當り其炭心の熱高きに過ぐるときは其周圍に黒鉛の生成するを認めたり而して其黒鉛は結晶性にして炭化硅素と同一形狀を有せるを以て其生成は全く一旦生じたる炭化硅素が高熱の爲め再び分解作用を受け



なる反應式によりて分離し其硅素は昇化し去りて炭素を其儘殘留せしめたるものなりとの考へを抱き炭化硅素を特更に強熱に處して愈其説の確實なるを認め且つ其製品の質至極純粹なるが故に氏は直ちに純粹なる炭素製造

エッチソン
氏人造
黒鉛製
造法

法として特許を出願し其特權を得たり蓋し炭素の種類は天然甚だ多しと雖ども何れも皆其含有せる不純物の爲めに其用途を制限せらるゝこと多く而して其不純物中炭化水素の如き者は普通の高温度に熱せば除去することを得るも硅石粘土并に酸化鐵の如きは之を熱するも灰分として永く存在するが故に之れが精製の道なきなり然るにエッチソン氏の純炭素製造法に於ては此等灰分となるべき不純物の存在は恰も其純炭素を作るの要素となるものにして不純なる炭素を電爐にて熱せば此等灰分となるべき元素は先づ炭化物となり更に分解昇化し去るが故に純粹なる炭素を得るものにして其純度は熱灼の温度の高低と其時間の長短によりて異なるものなりとす其普通製品の灰分含有量は僅に一萬分の三内外にして斯る純度は到底他精製法の夢にだも能くせざる所なり且つ亦純炭素は其性黒鉛なるが故に天然産黒鉛の困難なる精製は此法によりて除去せられたるものにして天産物なき所にも亦容易に純黒鉛を得る者なり故に其原料となるべき炭素は如何なる根源の者たるも更に差等なく普通五乃至六%の灰分即ち硅石若くは酸化鐵又

人造黒鉛
の原料

は粘土或は石灰を有せる者を使用するなり蓋し灰分少なき原料より得たる黒鉛は其質堅牢にして灰分多き原料より得たる黒鉛は其質柔軟なりとす此爐内にて起る變化は最初炭心の周圍にある不純の炭素が化學變化を起して炭化物となるも此者は炭心の熱高きが故に直に亦分解して炭素と不純物を構成せし元素とに分れ炭素は其儘黒鉛に化して殘留し他の元素は昇化して四周に散するも其分解せし場所より一步遠ければ其熱度低きが故に未變化の炭素と化合して炭化物を作るなり然るに曩きに分解して黒鉛に化せし炭素は今や其質氣孔多くして電流に對し多くの抵抗を與ふるを以て此者も亦炭心の作用をなし爰處に強熱を發す去れば此場合に於ては最初の炭心は幾分が其經を大にしたるの理なり此膨大せる炭心の強熱は亦其周圍に生ぜし炭化物を分解し炭素以外の元素は益外方に逃れ去るなり斯の如く不純物が漸次外方に逃れ去るが爲めに未變化の炭素中に存在する不純物の量は逐次増加するの理にして炭化物生成變化は之れが爲め漸次容易となり炭心の中心より或一定の距離以内にある炭素は此反復作用の爲めに漸次に其全部を

黒鉛製造
爐築造は

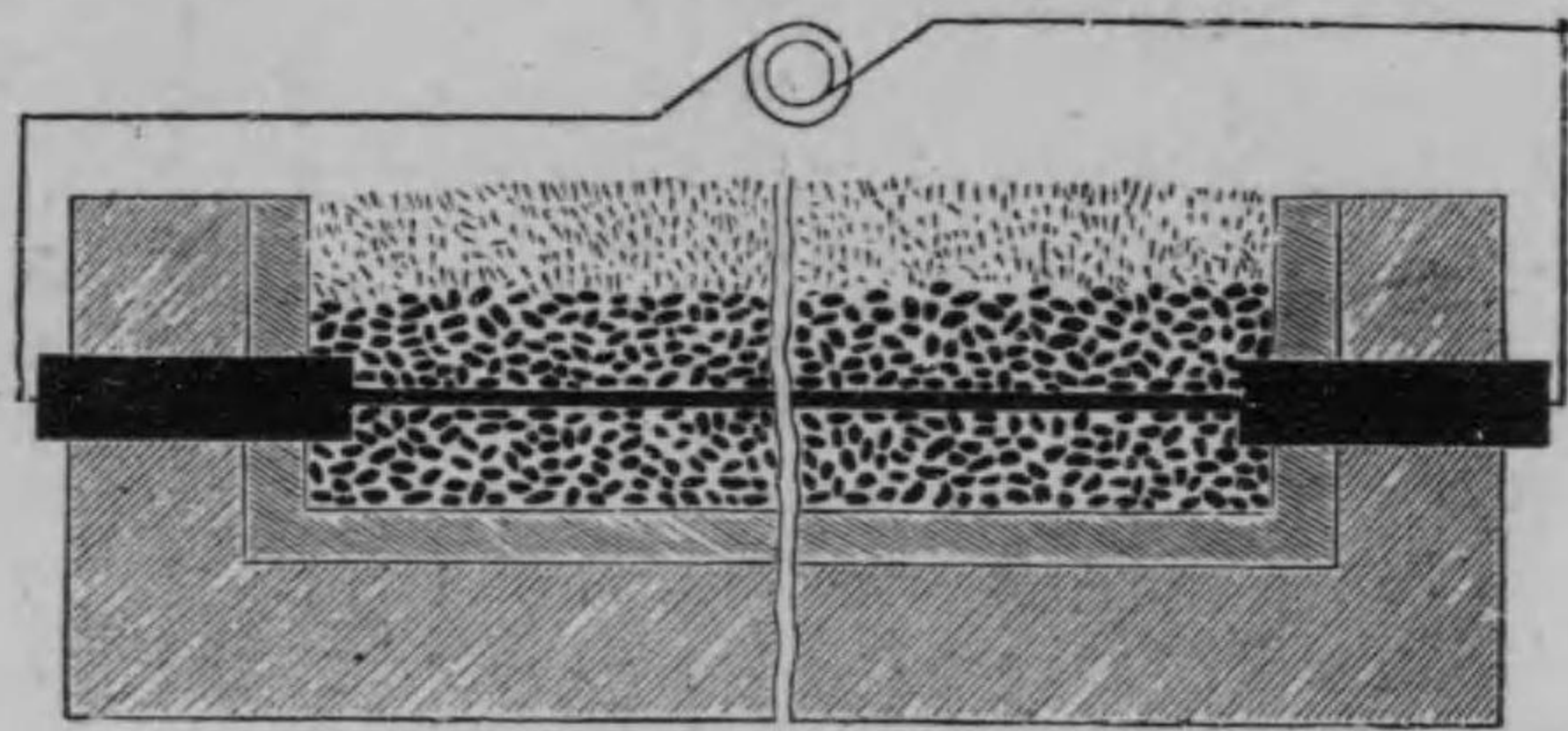
黒鉛に化するも其一定距離以外に生じたる炭化物は遂に分解すること能はざるなり去れば炭素中にある少量の灰分は所謂媒觸作用をなすものなりと云ふべし

其電爐の構造は全く炭化硅素を作るに使用したるものと同一にして其熱一層高きが故に炭心の經稍細きの差あるのみ従つて其爐の縦断面も細くなるなり其築窯材料は凡て耐火性の煉瓦にして其の内面の耐火性を増さしむるが爲めに炭化硅素を塗れり其普通使用せらるゝ大さは長さ九メートル幅三五高さ五〇センチメートルにして八〇〇キロワットの電力を使用す其原料は主として無煙炭にして爐内炭心の周圍に之を裝填し其上に砂及び炭の混合物を以て之を被覆して熱の放散を拒ぎ同時に其生成物の空氣に作用せらるゝを防がしむ蓋し無煙炭は電氣を通せざるが故に最初は其兩極間電壓の降下大なるも一旦黒鉛に變ずれば電氣を能く傳達するを以て其電壓の差は小となるなり故に電機は七〇乃至二〇〇ボルトの間を自在に調節し得る者たらざるべからず此爐に電流を通じ初めは先づ原料中に含有せらるゝ所の

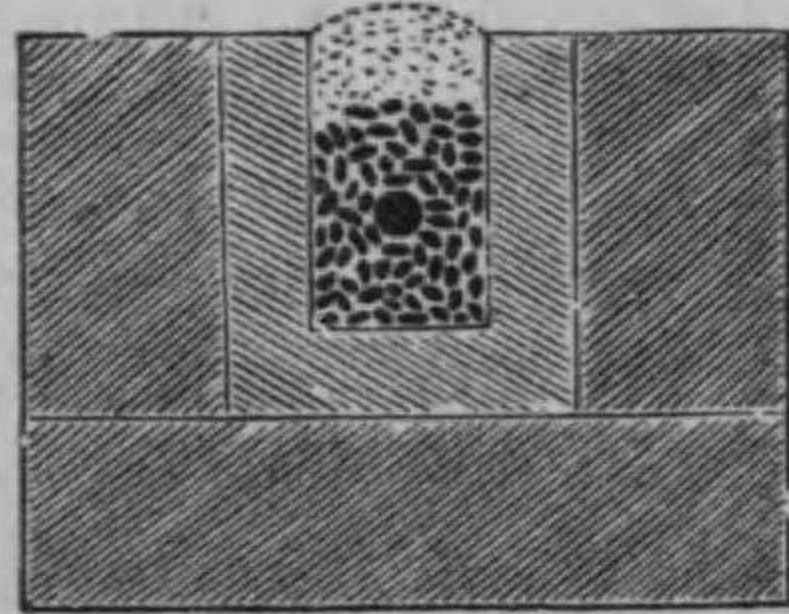
作業中の
現象

氣化し易きものは蒸騰し去り漸次温度の高まるに従ひ其蒸気は黄色の焰を放ちて燃へ此黄色の焰は亦漸次青色に變ずべし此時機は即ち炭化物生成の時機にして爐内に於て第一酸化炭素の發生するが爲なり爐内の變化一步を進め來れば其焰は亦黄色となるべし之れ炭化物分解の旺盛なる時機にして分解によりて生じたる炭素以外の元素特に硅素が昇化し去り空氣に觸れて硅酸となるが爲めにして此焰中に鐵の如きものを入るれば其表面に硅酸沈着して恰も美麗なる白色の網の如きものを附着すべし此黄色の焰次第に減退せば爐内の變化の終了するを示すものにして爐内容物は既に黒鉛に變ずれども其純粹なるものを得んと欲せば尙電流通過を持續せしめて其殘留せる不純物を悉く氣化し去らしむべし熱灼畢れば電流を絶ち炭素及び砂の混合物を取り除き充分之を放冷して炭化物の層を取り去り次に黒鉛を集め之を粉碎篩別して市場に販賣す第百七十一及び第百七十二圖は其電爐の縦断面及び横断面を示すものなり

第百七十一圖



第百七十二圖



黒鉛製器物の製造

黒鉛製器物とは坩堝、刷子、鉛筆の心等を云ふものにして之を作るには骸炭、木炭、煙煤、其他天然に存在する炭質物を適當の粉末に

なし之に金屬鹽即ち硫酸鐵若しくは酸化鐵、硅石、或は亦粉狀鐵を加へて能く混合し之を少量の水にて粘り更に泥糖、石灰、テール、ピツチの類を混じて充分粘り合はせたるものを壓搾して所望の形狀に造り乾燥したるの後先づ石炭の熱にてマツフル窯にて豫熱し然る後之を電爐に入れて強く熱するものなり

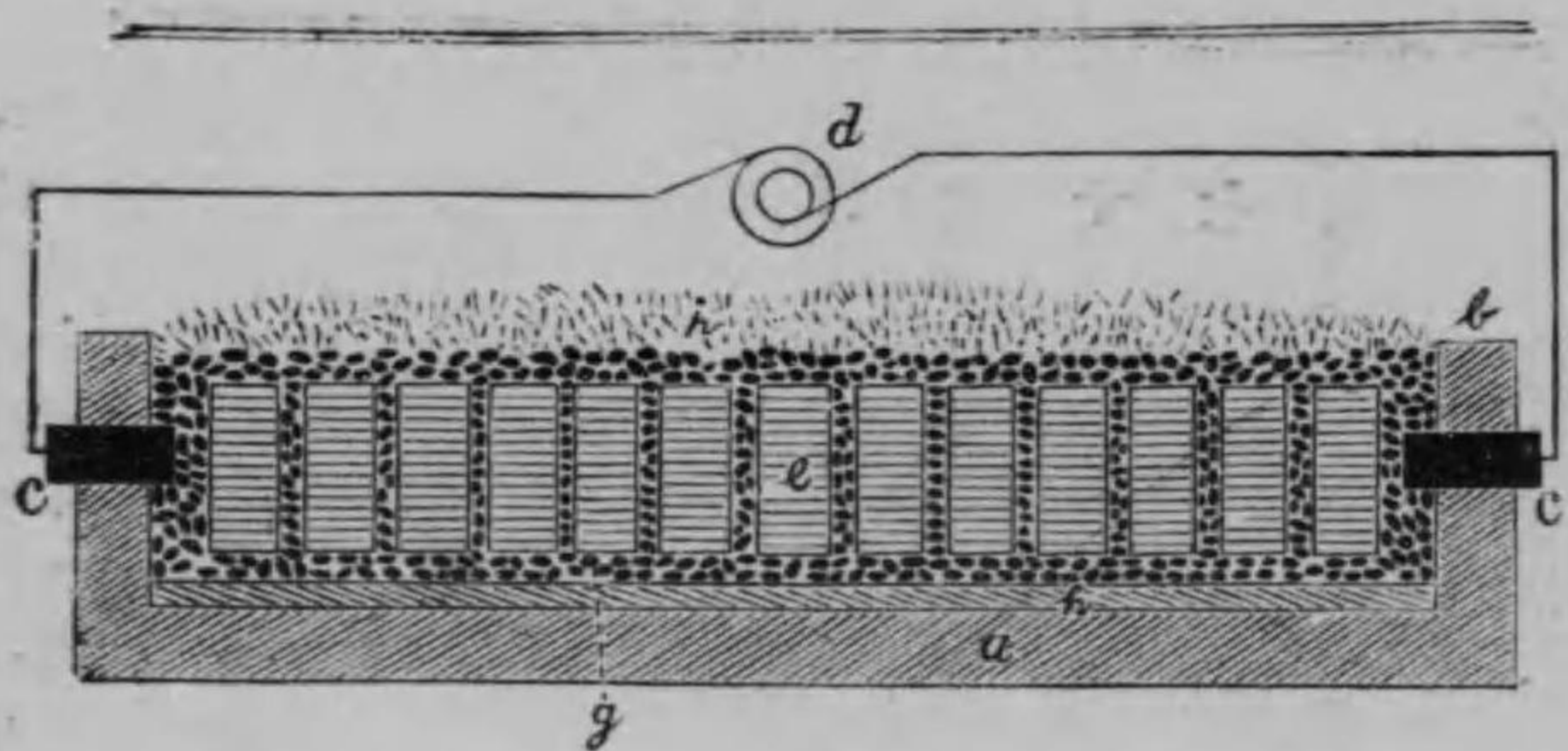
然れども斯の如き器物にありては之を電熱するに前者の如く炭心を設くる

黒鉛電極の製造

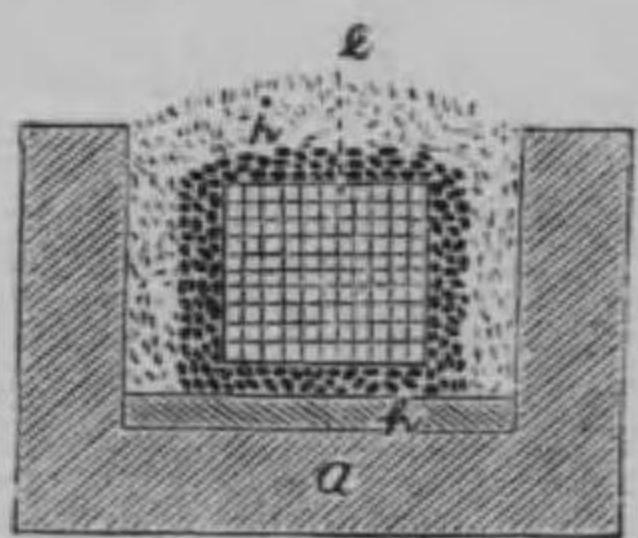
こと能はざるが故に電極と同質なる黒鉛の粒狀に破碎したるものを以て器物を包圍し第百七十三乃至第百七十六圖に示せるが如く此包圍せる粒狀炭素の抵抗熱により之を熱するなり其熱灼温度は其全部を黒鉛化することなく幾分の炭素をして未變化の儘殘留せしむる程度に於て止むものとす之れ斯の如き程度にある器物は其全部黒鉛化したる器物よりも其形狀を維持するの力大なればなり

然れども電極製造の場合に於ては其製品をして如何なる温度に於ても空氣又は其他の酸化劑に對し充分なる抵抗力を有せしめざるべからざるのみならず又其電氣傳達力の良好なるを望むが故に完全に黒鉛化せしめざるべからず去れば其製法は全く前記器物と同一なるも炭化物を作るべき物體の量を可成一定量に使用すべし其炭素原料は石油骸炭を最宜しとす之をピッチと共に混和し圓筒中に入れピストンを以て之を壓し所望の口徑を有する圓孔又は角孔より之を壓出せしむるなり第百七十三及第百七十四圖は角形電極を作る爐にして第百七十五及び第百七十六圖は圓形電極を作るの爐なり

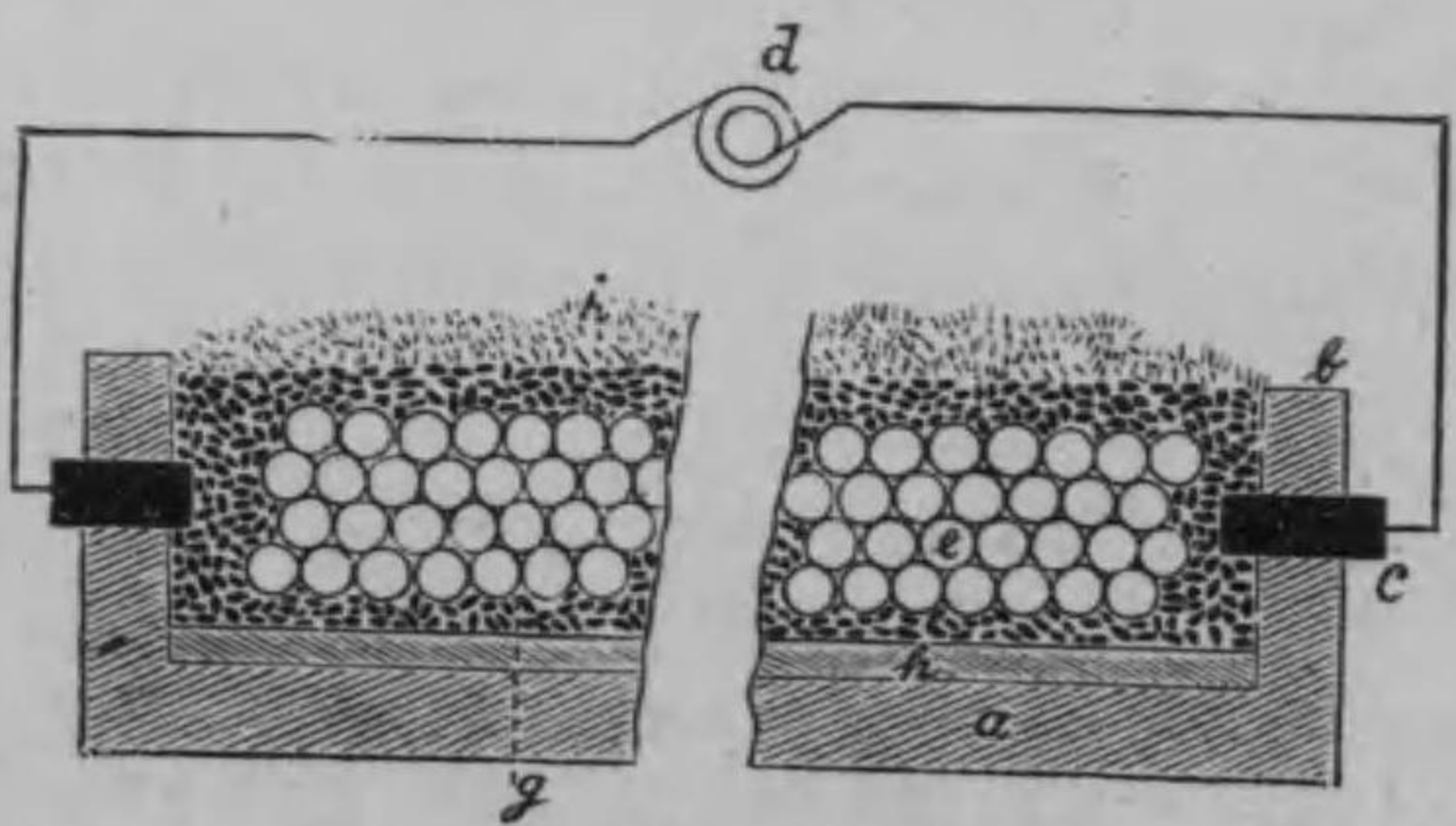
第百七十三圖



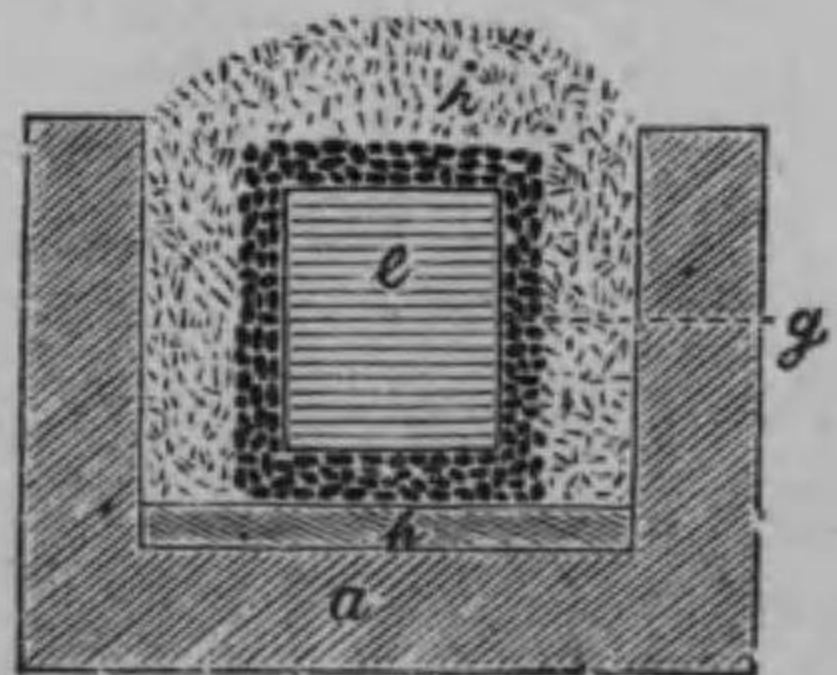
第百七十四圖



第百七十五圖



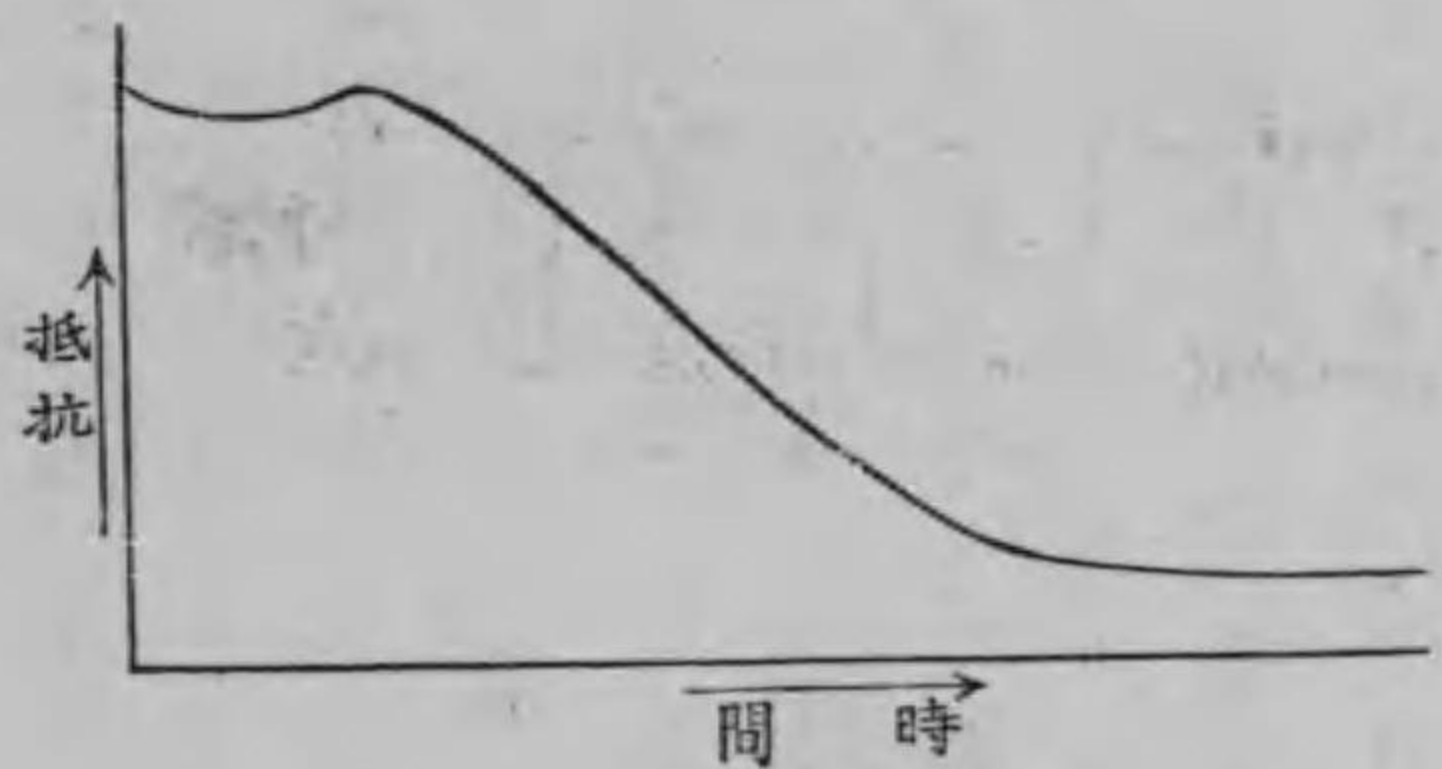
第百七十六圖



aは耐火煉瓦の爐床、bは電極を保持せる兩端壁、cは電流を通ずる電極、dは發電機、eは黒鉛化せらるべき製品、gは粒狀炭素、hは炭化硅素の如き耐熱材料にしてiは放散熱を防止すべき被覆材料即ち炭末と砂の混合物なり

此爐の抵抗も作業の當初に於ては甚だ大なるも作業漸次進行せば小となるなり故に炭化硅素製造の際に使用したる誘導調節器を備へ付くること必要なり其抵抗量經過表は第七十七圖に示すが如し特に角形の電極を製造する場合に於て其黒鉛化せらるべき電極を爐内一杯に堆積するときは作業進行したるときは殆んど其抵抗なき者となるべし故に其積み方は第七十三圖に示すが如く各堆積物の一群毎に多少の間隙を設け抵抗を増さしむるなり圓形電極にありては爐内一杯に堆積するも其接觸點少なければ譬ひ黒鉛

第七十七圖



化するも抵抗の減じ方少なきなり

斯くの如く作られたる人造黒鉛電極は其質非常に純粹にして酸化劑に抵抗するの力強く普通の人造炭素極に比し其質硬に電氣導度大なり其食鹽溶液電解に於ける行爲を他の炭素極に比すれば實に上巻第三編第二二一頁に示せる表の如し

第六節 製鐵

鐵鹽類の溶液を電解に處して金屬鐵を分離せしむるは電鍍術に於て多少其應用を認むと雖ども製鐵工業に到りては其電解質の水溶液なると又熔融體なるを問はず未だ之あるを聞かず之れ他なし電解によりて製鐵工業を起すは經濟上不廉なるが爲なり今試みに之れが計算をなして之を明にせんに第二鐵鹽類を電解に處し其鐵を分離せしめんと欲せば一時間七三六アムペヤの電流によりて理論上僅に五一四グラムの鐵を得るのみ其電解槽の電壓落差を假に五ボルトとせば一時間一馬力の電力は一〇三グラムの鐵を分離すべきの理にして一噸即ち一〇〇〇キログラムの鐵を製するには大約一時間

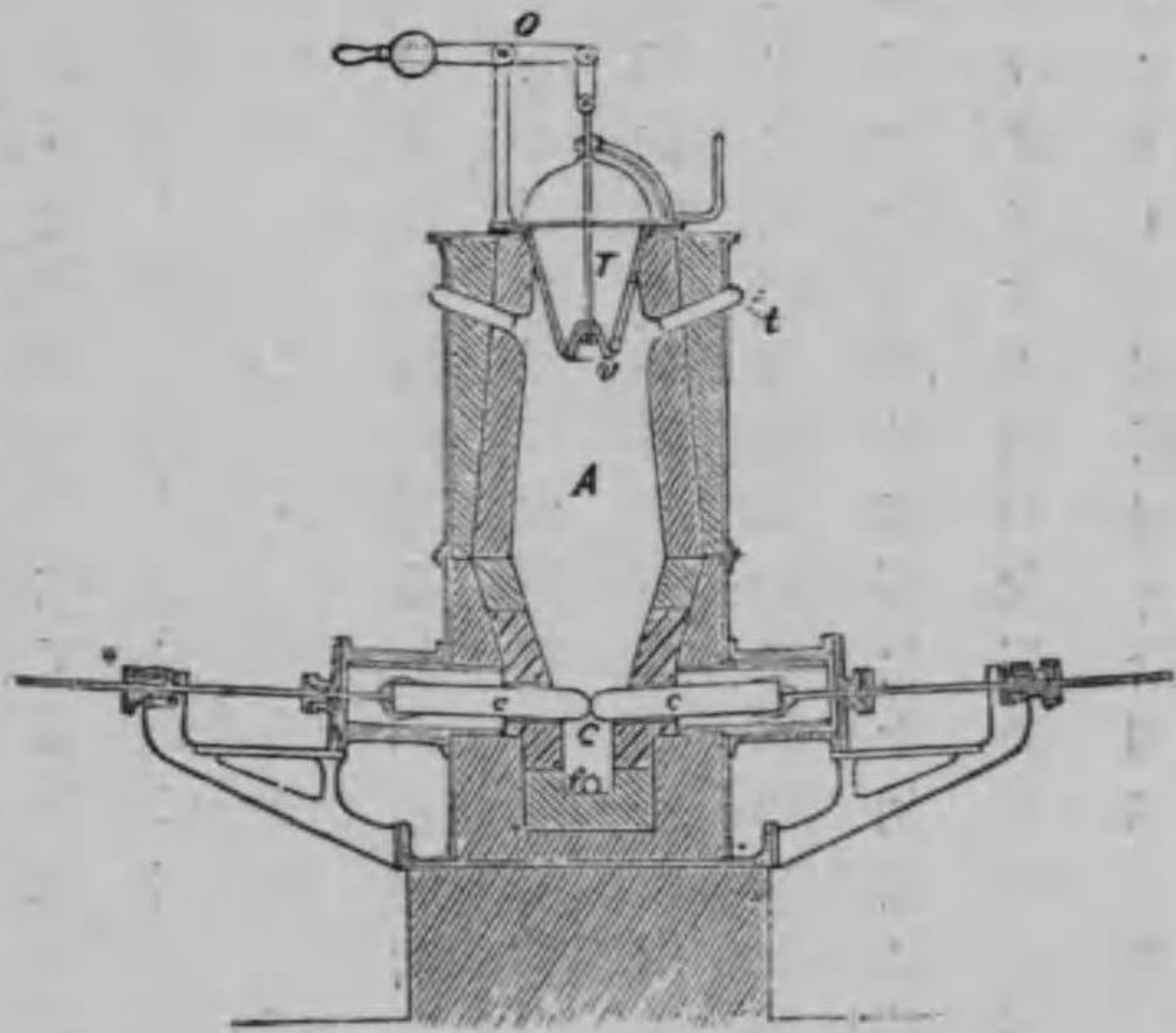
一〇〇〇〇馬力の電力を要するなり加之其電流作業能率は決して斯くの如く理論的ならざるが故に實際に於ける所要電力は遙に之より大なるものなりと云ふべし然るに教授ノイマン氏の計算によれば一噸の鐵を鑛石より還元するに要する熱量は約二三〇〇〇〇カロリーにして此熱を電力によりて供給せば電爐の能率を假りに七五%とするも其所要電力は一時間三八〇〇キロワット即ち一時間五〇〇〇馬力にて足り前記電解法に要する電力の約二分の一弱に過ぎず是を以て電解製鐵業は何人も之を試むるものなかりしが電熱製鐵業は輒近數年間多數の人によりて研究せられ能く其目的を達し電爐に於て鑛石より直ちに銑鐵又は鋼鐵を製し或は銑鐵より鋼鐵を製することを得て純良なる製品を出すに到れり然れども其經濟の點に至りては今俄に之れが成否を卜すること能はざるも其事業の可能的なるは從來石炭産出地に限られたる製鐵業の所在地を廣く各地に擴張せしめ水力のある所は譬ひ石炭の産出に乏しきも亦能く製鐵工業を起し得るに至らしめたり此電熱製鐵に屬する方法甚だ多し故に今左に其重なるものを略述すべし

スタサノ
氏電熱製
鐵法

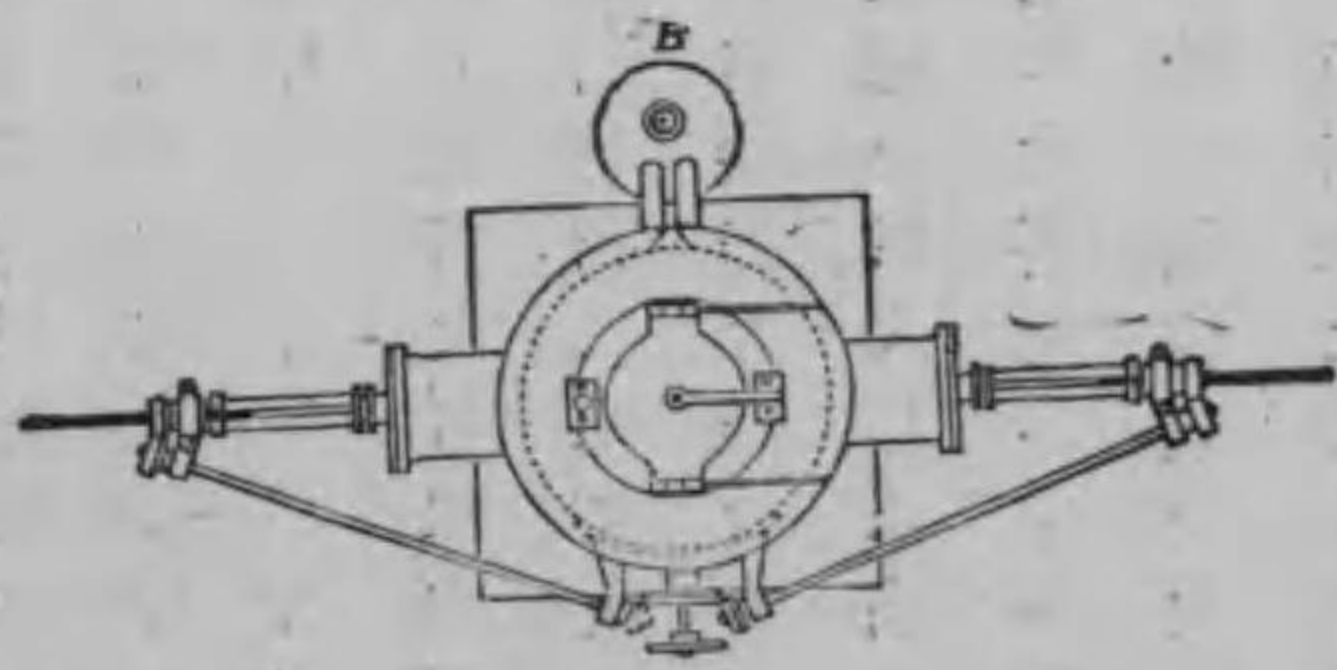
第一、スタサノ氏の電熱製鐵法

氏は伊太利亞の人にして普通冶金術の製鐵法に於ては多量の石炭を要し併も其一僅少部分のみ有効に使用せられ其殘部の熱の損失に歸するは全く此石炭を燃燒せしむるに空氣を使用せるが故にして其酸素に伴隨せる四倍量の窒素が多量の熱を吸収すると且つ之れが爲に其熱を發生せしむる場所即ち爐の内容大なるを要し従つて其發生せし熱を放散せしむる爐壁大なるが爲めなることを考へ伊太利亞の如く石炭欠乏國にありては到底此法の經濟を維持すること能はざるを知り同國に於ける豊富なる水力電氣を熱力に化し之を以て石炭熱に代用して以て前記の缺點を補はんことを企て一千八百九十八年伊、英、葡、澳、獨米等諸政府に出願して其特許を得たり其電爐は全く普通の圓錐狀鐵熔鑛爐にして其腰部に炭素電極を挿入し弧焰を發して之を熱せり第百七十八並に第百七十九圖は其構造の主要を示すものなり即ちAは圓錐狀の直立せる爐の内部にして其下部に於て圓筒狀をなせる室Cを其熔融所とす。Dは調節器と冷却器を具へたる炭素極にしてFは熔融物を抜き

圖八十七百第



圖九十七百第



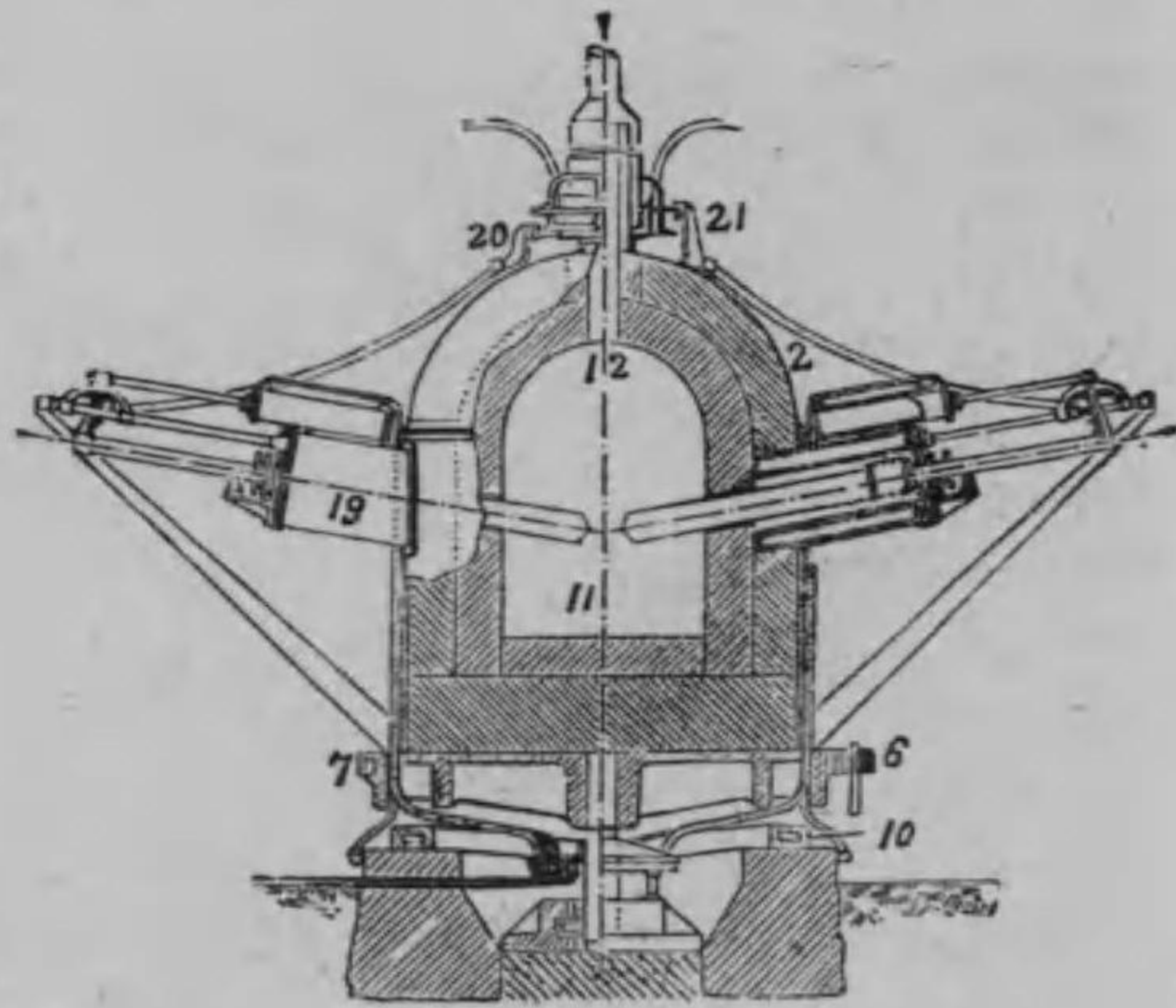
せりともは此瓦斯誘導孔にして爐側にあるBなる装置は抜き出したる熔融物の受器なりとす
氏は試験の當初此爐を使用したりしが其生成品は多量の炭素を含有し且つ爐の電氣に對する抵抗多きにより種々研究の結果遂に回轉爐を按出し一千

一四四

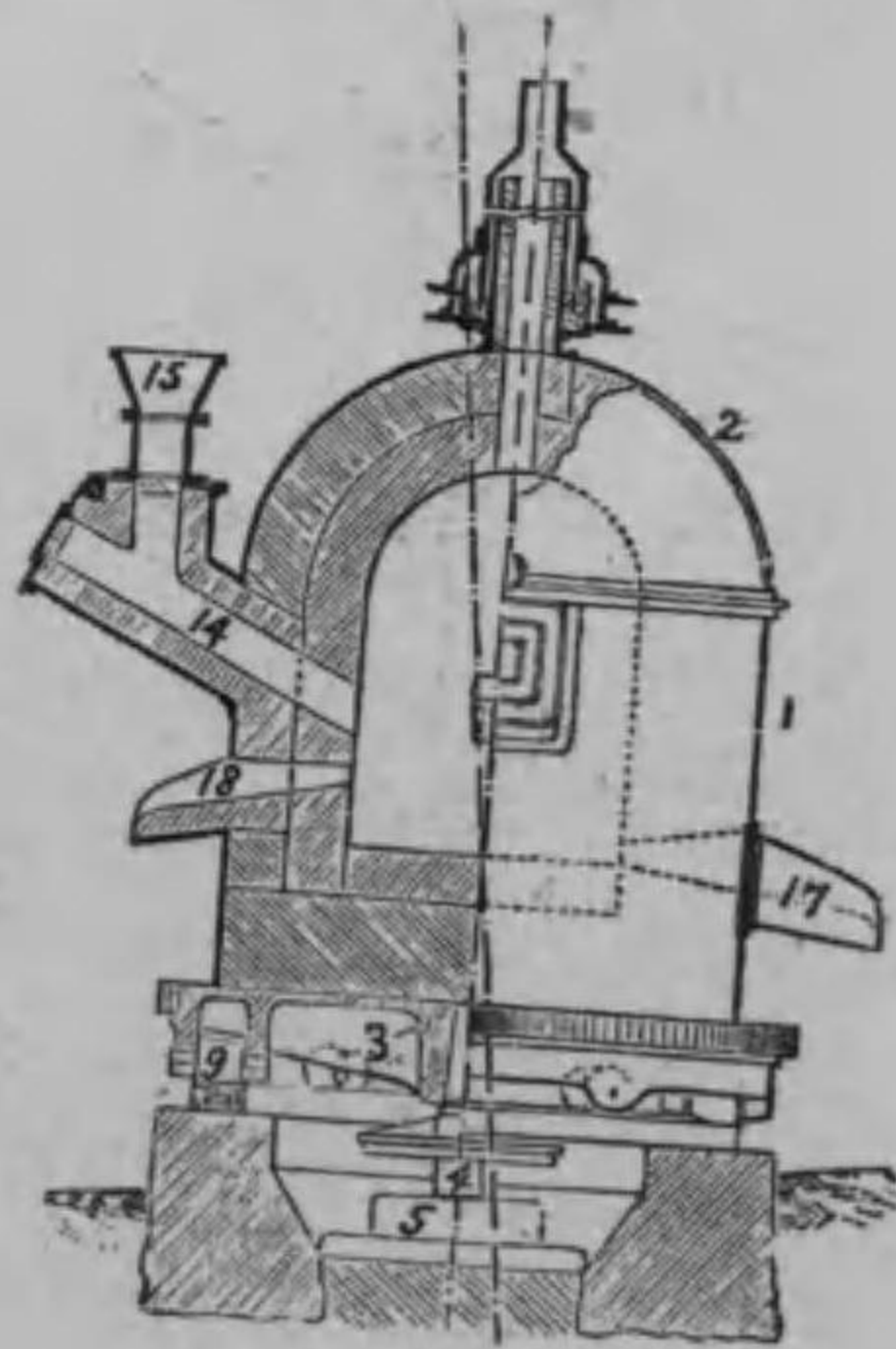
出す口なりTは原料裝填孔にして漏斗状をなし爐内に於て生成せる酸化炭素をして裝填の際之より洩れ出てざらしむる爲め二重に閉塞

のチ
製造兵
鍊煉廠

圖十八百第



圖一十八百第

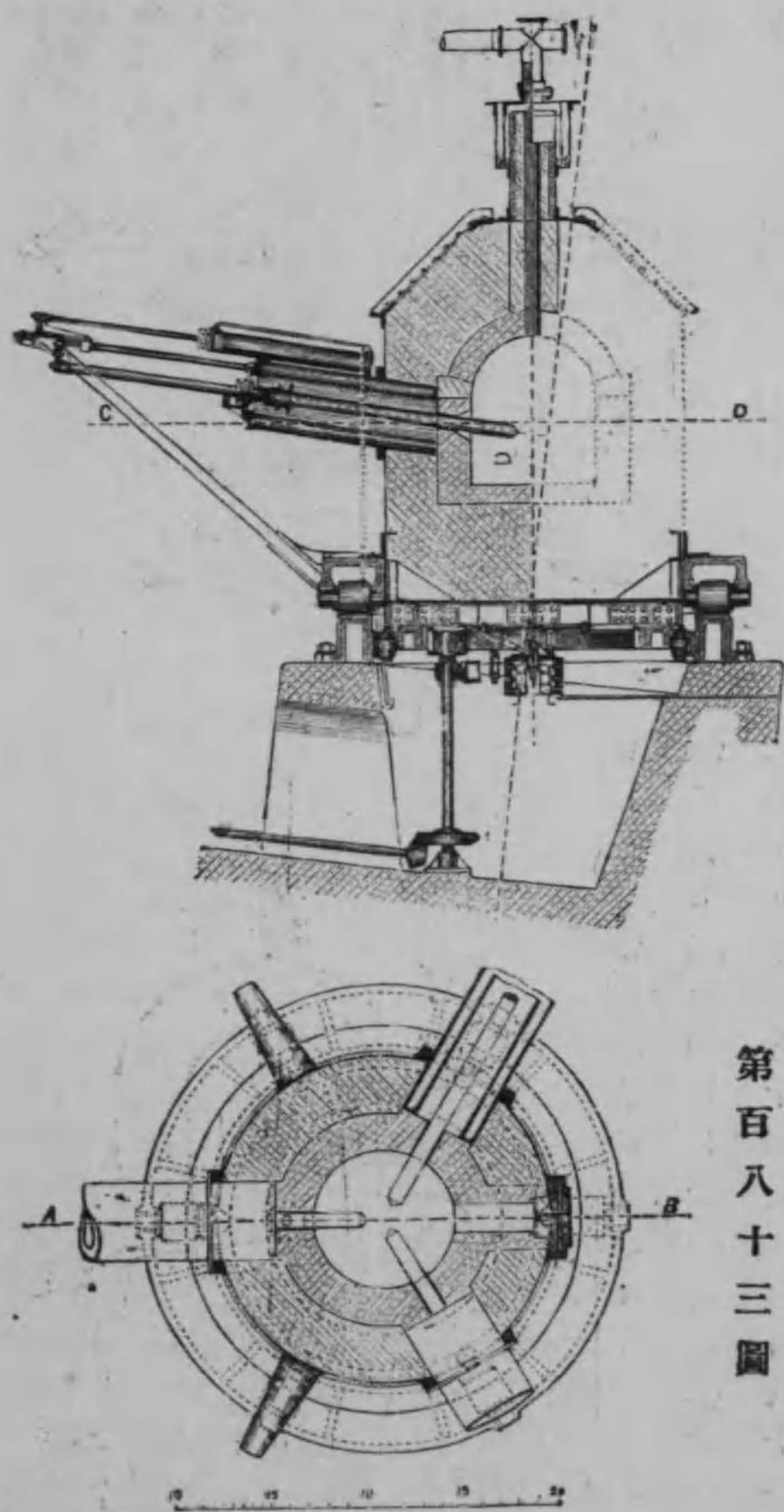


板圓筒は其上部に於て鐵板製の空虛なる半球を以て覆はれて3なる平圓盤上に安置せり此平圓盤は6及び7なる齒車の作用により4なる車軸を中心として回轉することを得るものにして9なる滑車並に10なる軌條は此回

九百三年伊國政府のチユーリン造兵廠に於て之を築造し大仕掛に作業を始めたなり第百八十圖並に第百八十一圖は其構造を示す者にして1なる鐵

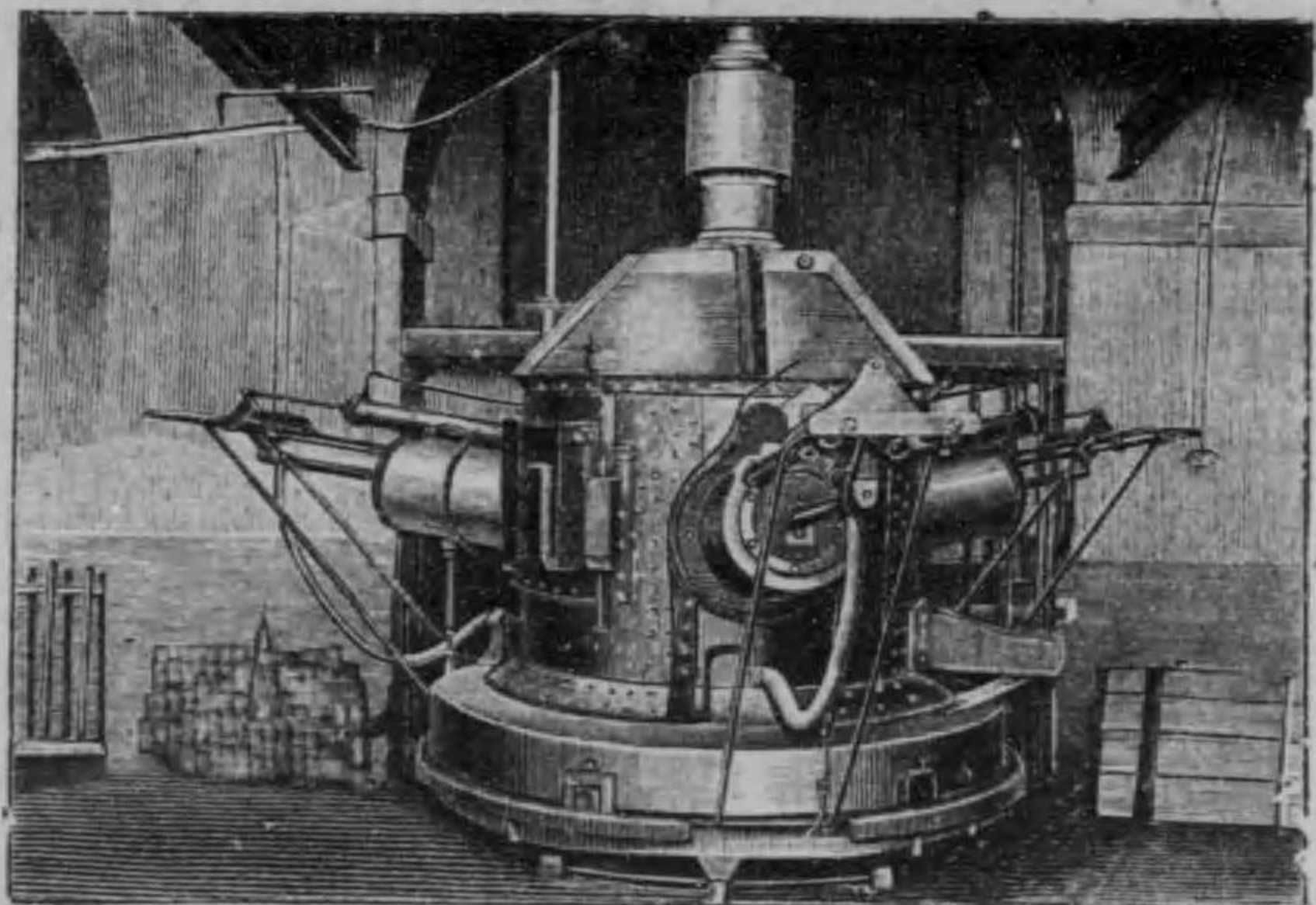
轉を補佐するものなり此爐の回轉軸は垂直より稍傾斜せるものにして軌條の表面は此軸に直角をなせるなり従つて爐底は常に傾斜せるものにして熔融物は常に爐底の高き所より低き處に向ひ流動するなり此爐の内面は耐火性煉瓦を以て被覆せるものにして其中央に生じたる空處11は爐の熔融室と

圖 二 十 八 百 第



第 百 八 十 三 圖

圖 四 十 八 百 第



八十三圖は交流三雙式の電流を使用する爲め稍前者を改良せるものにして第百八十四圖は其全景を示し作業中の有様を示すものなりとす

なり其天井にある孔12は反應により生じたる瓦斯の逃竄口とす側部にある孔14は原料裝填孔にして15なる漏斗を具へ二重戸によりて之を閉せり17は熔融せる金屬の抜き出し口にして18は其熔滓を抜き出す所とす其電極は側部に相對して存在せる13なる二個の孔より挿入せらるゝ者にして作業中其過熱せらるゝを拒くが爲め水を以て循環冷却せられたる環狀の圓筒19を以て之を圍繞せり之に電流を通ずるには21及び22なる刷子に依るなり第百八十二及び第百

スタサノ
氏の報告

此爐に於ては鑛石より直ちに銑鐵又は鋼鐵を得るものにして爐内に裝填したる原料は炭素電極に觸るゝことなく且つ其化學變化は全く放射熱によりて起るものなれば作業中他より不純物を誘導することなく其製品の銑鐵たるや鋼鐵たるやは全く原料調合の如何によりて定まるものなり故に今氏の作業方法を説明せんが爲め氏の報告の一節を左に拔萃すべし
原料なる鑛石は上部伊太利産にして先づ之を粉碎し電磁作用によりて精選して左に示せる成分の選鑛を使用せり

酸化鎂	(Fe ₂ O ₃)	九三〇二〇%
酸化滿俺	(MnO)	〇六一九
石灰及苦土		〇五〇〇
硅酸		三七九〇
硫黃		〇〇五八
磷		〇〇五六
水分		一七二〇

熔滓材料は石灰石にして其成分次の如し

石灰	五一、五二〇%
苦土	三、一一〇
礬土及酸化鎂	〇、五〇〇
硅酸	〇、九〇〇
炭酸	四、三四三

又還元用木炭の成分次の如し

炭素	九〇、四二〇
灰分	三、八八〇
水分	五、七〇〇

此等原料を適度に調合して鎂を還元し其他の不純物を熔滓とし取り去るものにして其調合率は定むる計算は左の方法によるものとす

$$\frac{930.2}{100} = 5.81$$

原料調合法

瓦分子の酸化鉄を含めり而して一瓦分子の酸化鉄を還元するには



の反應式により三瓦原子の炭素を要するが故に其全量を還元するには

$$5.81 \times 3 \times 12 = 209.16$$

瓦の炭素を要するなり然るに使用木炭の成分は僅に九〇、四二%の炭素を含有するものなれば所要木炭の量は

$$\frac{209.16}{90.42} \times 100 = 231.4$$

瓦なりとす

次に又一〇〇〇瓦の鑛石は三七、九瓦即ち

$$\frac{37.9}{60} = 0.63$$

瓦分子の硅酸を含有す此者を熔滓として除去せんには一分子の硅酸に對し二分子の鹽基成分を要する者にして此場合に要する鹽基の量は實に一、二六瓦分子なりとす而して鑛石一〇〇〇瓦中に含有せらるゝ鹽基成分を見るに六一九瓦の酸化滿俺と五瓦の石灰及び苦土なり故に之を分子數に換算せば

$$\frac{6.19}{71} = 0.087 \quad \text{MnO}$$

$$\frac{5.00}{48} = 0.104 \quad \text{CaO} + \text{MgO} \text{ (但し此兩者の分子量平均數を採用せり)}$$

にして合計〇、一九一瓦分子となり前記一、二六に充たざること一、〇六九瓦分子なりとす

更に亦一〇〇瓦の石灰石より得る處の鹽基及び酸根の分子數を計算せん

$$\frac{51.21}{56} = 0.914 \quad \text{CaO}$$

$$\frac{3.11}{40} = 0.078 \quad \text{MgO}$$

$$\frac{0.5}{131} = 0.004 \quad \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$$

$$\frac{0.9}{60} = 0.015 \quad \text{SiO}_2$$

となり合計〇、九九六瓦分子の鹽基と〇、〇一五瓦分子の硅酸を得此硅酸も亦之に對する鹽基を要するものにして其量〇、〇三瓦分子なれば結局一〇〇瓦の石灰より得る處の鹽基の瓦分子數は僅に〇、九六六にして前記鑛石中にあ

る硅酸を熔滓として除去る爲め加ふべき石灰石の量は

$$\frac{1.069}{0.996} \times 100 = 111.0$$

なり

去れば前記原料の調合比は

鑛石	一〇〇〇
木炭	二三一
石灰石	一一一

なりとす回轉爐を使用するときは其調合せる原料の混淆自然に行はるゝを以て此儘使用せらるゝも若し其爐回轉せざるときは爐内に於て混淆せる原料が自然に分離するの虞あるを以て之を石灰テールにて粘り練塊となさるべからず然るときは石灰テール中にも炭素を含有するにより木炭の量を加減するの必要あるものとす今其一例を掲ぐれば石灰テールの成分

炭素	五九、二%
炭化水素	四〇、五〇

灰分 〇、二七

なるものを使用せるとき其調合比例左の如し

鑛石	一〇〇〇
石灰石	一二五
木炭	一六〇
石灰テール	一二〇

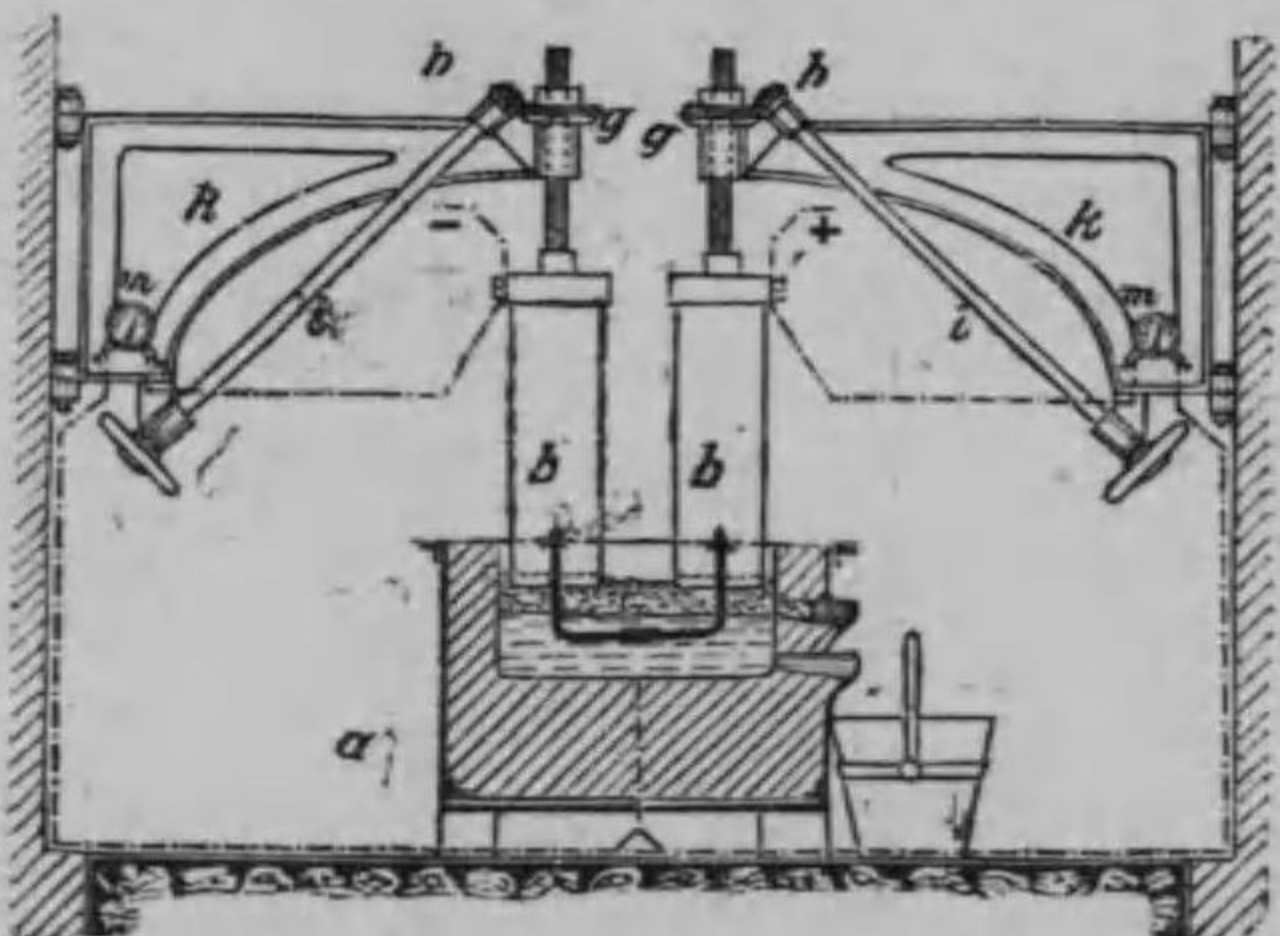
にして能く之を捏混し練塊となして使用するなり之を電爐に於て還元したるものゝ成分は

鐵	九九、六八四
滿俺	〇、〇九四
硅素	〇、〇二九
磷	〇、〇一七
硫黄	〇、〇六一
炭素	〇、一〇二

ヘルール
氏電熱製
鋼法

なり然れども其製品の成分は素より原料調合の如何により變ずるものにして
 練鐵を作るも又鋼鐵を製造するも一に其調合法に基くものなり
 氏かチユーリン造兵廠に於て使用せし電爐は八〇ボルトの電壓と一四〇キ
 ロワットの電力を要せし者にして一晝夜に二四〇〇キログラムの鐵を製出
 せり即ち一キログラムに對し所要電力は一、四キログラム時の割合なりとす
 第二 ヘルール氏電熱製鐵法
 氏は粗製の鐵を精製して鋼鐵となすに電爐を以てせんとしたるも電極の炭
 素を生成鋼中に誘導せんことを恐れ抵抗爐を使用し其炭心に代ゆるに原料
 に熔滓となるべき材料を加へたる者を以てせり然れども其電極は直立併行
 せるものを使用したりしかば一旦熔融し始むれば鐵は爐底に集まりて熔滓
 は其上部に浮遊し鐵は中間電極となり其作用は弧焰爐の作用となりて電流
 は一炭極と鐵の間に熔滓を通して弧焰を作り更に此熔鐵と他炭極の間に又
 熔滓を通して弧焰を作りて以て熔融作用を起すことゝなれり其構造は第百
 八十五圖に示せる如し即ちaは耐火性粘土を以て其内部を被覆せる坩堝に

第百八十五圖

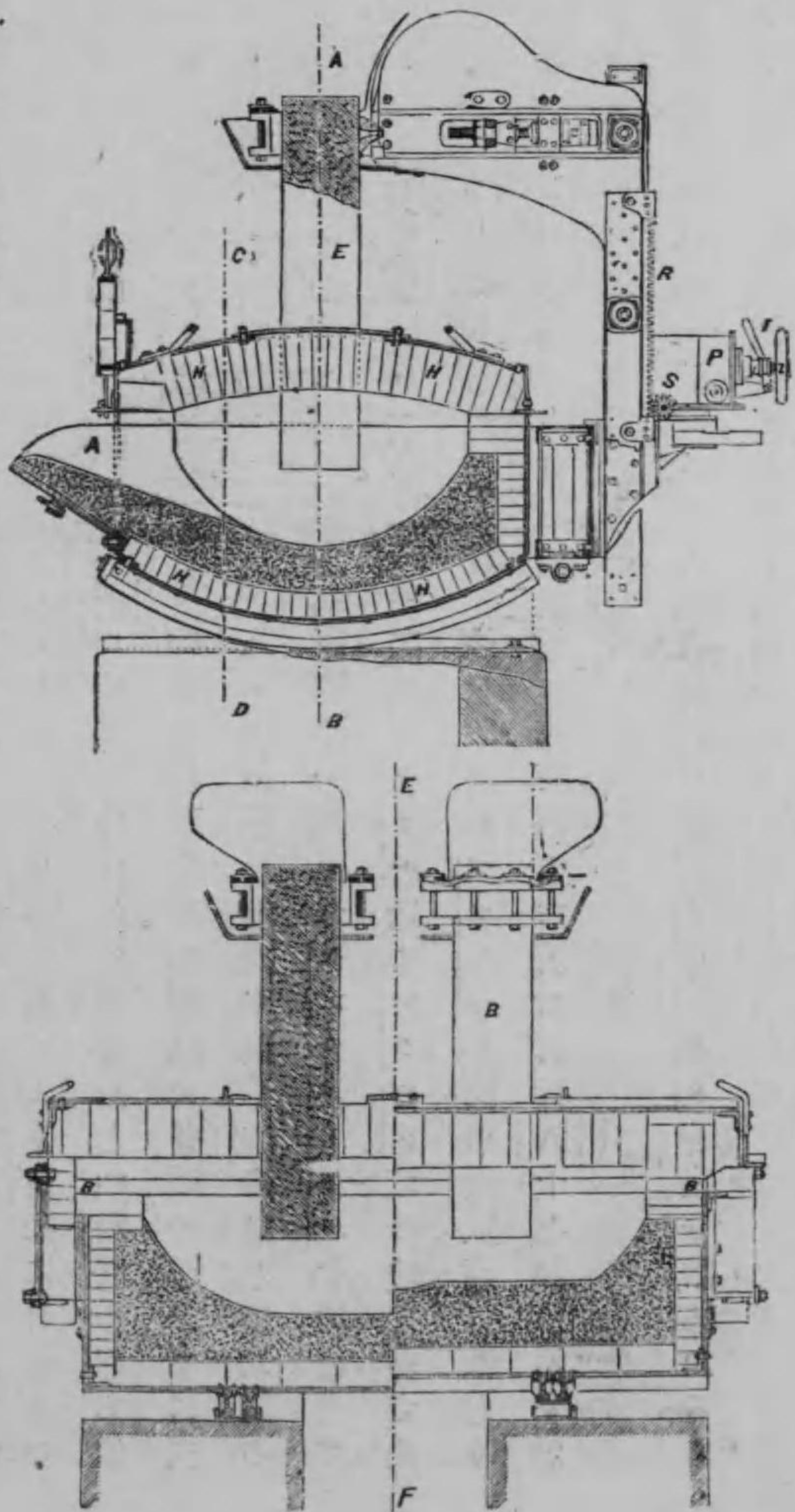


して熔融せる鐵及び其熔滓を容るゝ處なり
 b bは此熔滓中に挿入せられたる電極にし
 てi h及びgの方便により自在に昇降す
 mは電壓計にして各炭極と中間電極即ち熔
 鐵間の電壓を測定し以て各極の熔滓中に侵
 入する距離を加減す蓋し其椽端と熔鐵間の
 距離は四乃至五センチメートルを適度とす
 其後ヘルール氏はサラデン氏の助を得て此
 爐を改良しベッセマー氏の梨狀爐に像どり
 遂に第百八十六及び第百八十七圖に示すが

如き電爐を構成せり

即ち鐵製の外圍にHなる耐火性煉瓦とKなるドロマイトを張り詰めたるも
 のにして其蓋を通してEなる電極を爐内に懸垂せり此電極はPなる電動機
 とR及びSなる齒鐵條並に小齒輪の作用によりて自由なる上下動をなすも

第百八十六圖

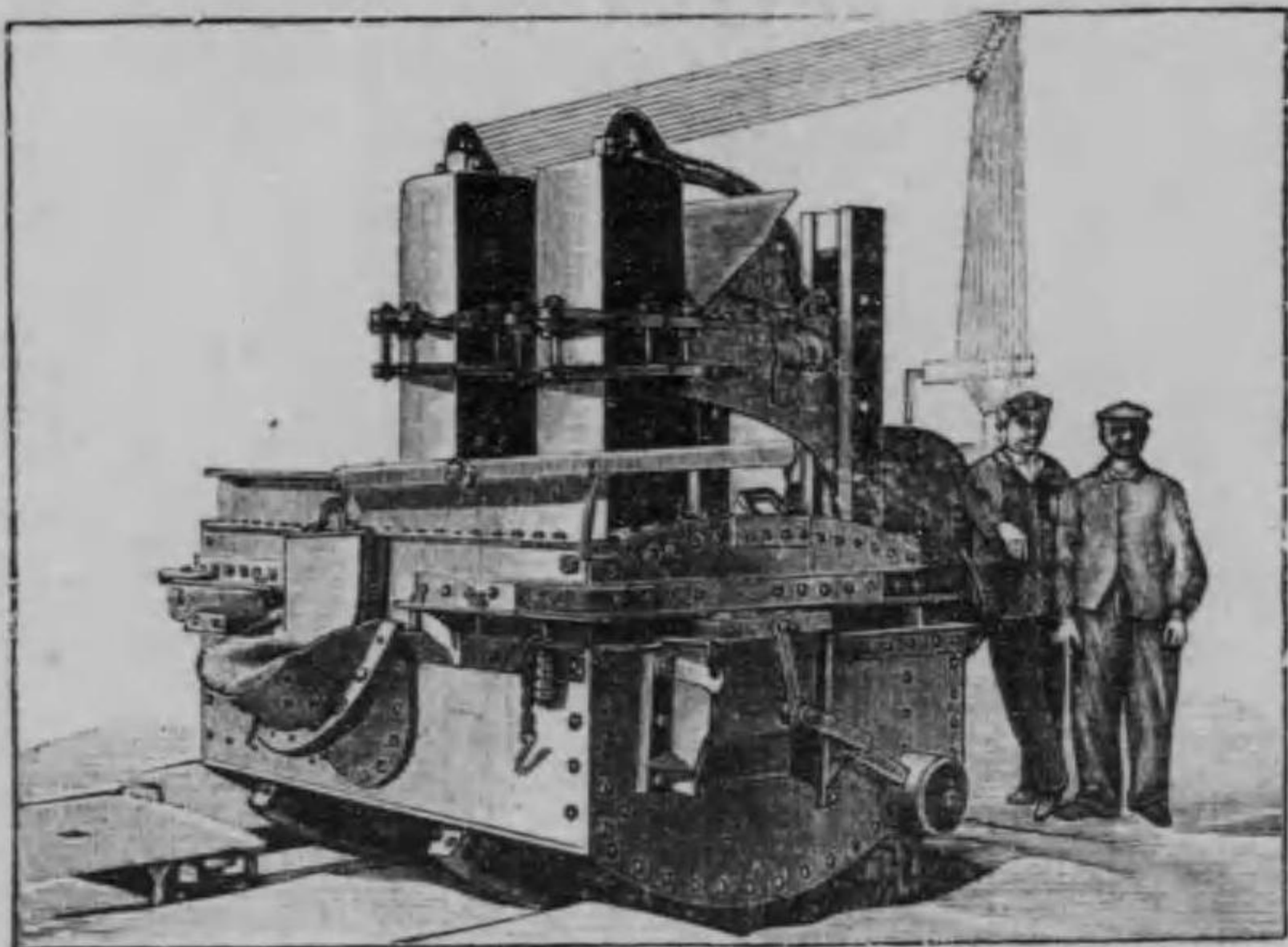


第百八十七圖

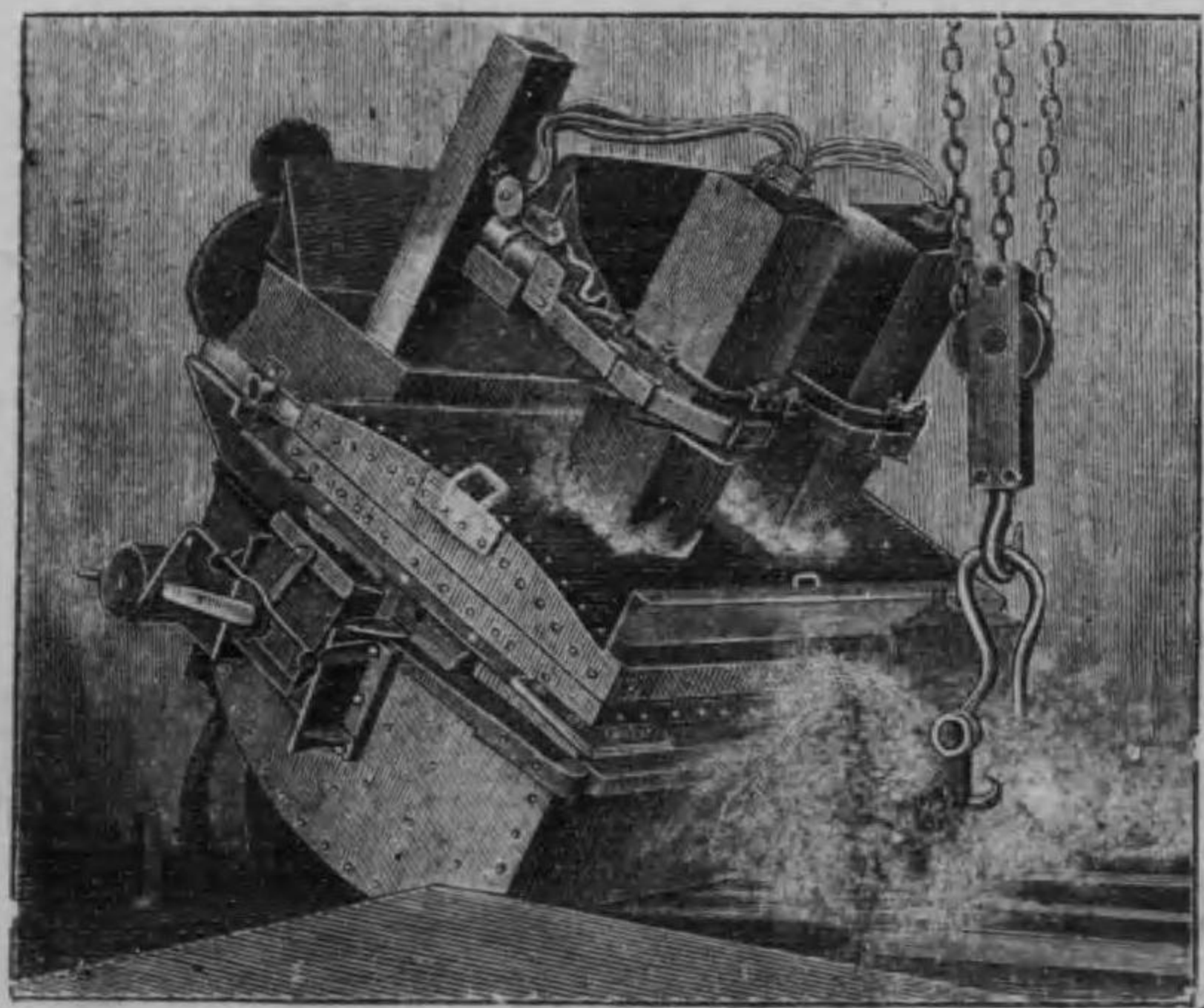
のにして電動機の運轉は自動調節器によりて司配せられ爐内に通ずる電流の強弱によりて其回轉方向を自然に變ぜしむ此電極と熔鐵の距離は四乃至

五センチメートルを適度とするなり

第百八十八圖



第百八十九圖



第百八十八圖は此爐の全景を示せるものにして第百八十九圖は熔融作業終

了し今や其熔鐵を瀉出せる圖なり

此電爐は其温度の調節自在なるが故に鋼鐵製造には適するものにして普通製鋼爐の如く其温度を上昇せしむる爲め殊に硅素鐵を使用するの必要を認めざるなり

ヘルツ
氏作業法

精鍊すべき材料はマルチン氏の爐にて熔融せられたる不純の鐵にして之に多少酸化力を有せる熔滓材料を加へ凡半時乃至四分の三時間電流を通して之を熱し然る後此熔滓を取り去りて更に之に炭素の計算量と酸化物を有せざる熔滓材料を加へて之を熔融せしめば炭化物を生じて其含有酸化物を還元すべし其還元程度は餘程完全なるものにして其際殘留すべき酸化鐵は實に痕跡となるべく更に中性の熔滓と滿俺を加へば悉く之を還元するとを得るなり其熔滓が白熾熱となりたるの頃は即ち作業終了の時機にして爰處に始めて其試料を取出し冷却し其裂痕を検し以て之に加ふべき炭素量を定むるなり此炭素はカービュライト(鐵と炭素の熔融混合物にして其比重熔滓よりも遙に重きものなり)の形によりて加へらるゝものにして熔滓を通じて沈

降し鐵中に溶解す其他滿俺及び硅素の量を一定に含有せしむる爲め計算量の滿俺硅素鐵及びアルミニウム等を加ふるものなり其生成せる鋼は甚だ良好なるものにして其一例を掲ぐれば次の如し

炭素	〇、〇七九%
硅素	〇、〇三四
硫黄	〇、〇二二
磷	〇、〇〇九
滿俺	〇、二三〇
砒素	〇、〇九六
銅	痕跡
鐵	殘餘

ヘルツ
氏電爐の
作業力

佛國ラブラーに於ひて作業せるヘルツ氏の方法にては一〇ボルトの單相交流電氣を使用し一二〇〇アマペヤを通ぜり之に従事せる職工は僅に三名にして冷却せる原料を使用せるときは更に二名を要すと云へり其生産額

ヘル
ルの
製鉄
法

は一回に五噸の鋼にして四、五乃至五時間にして之を終るなり

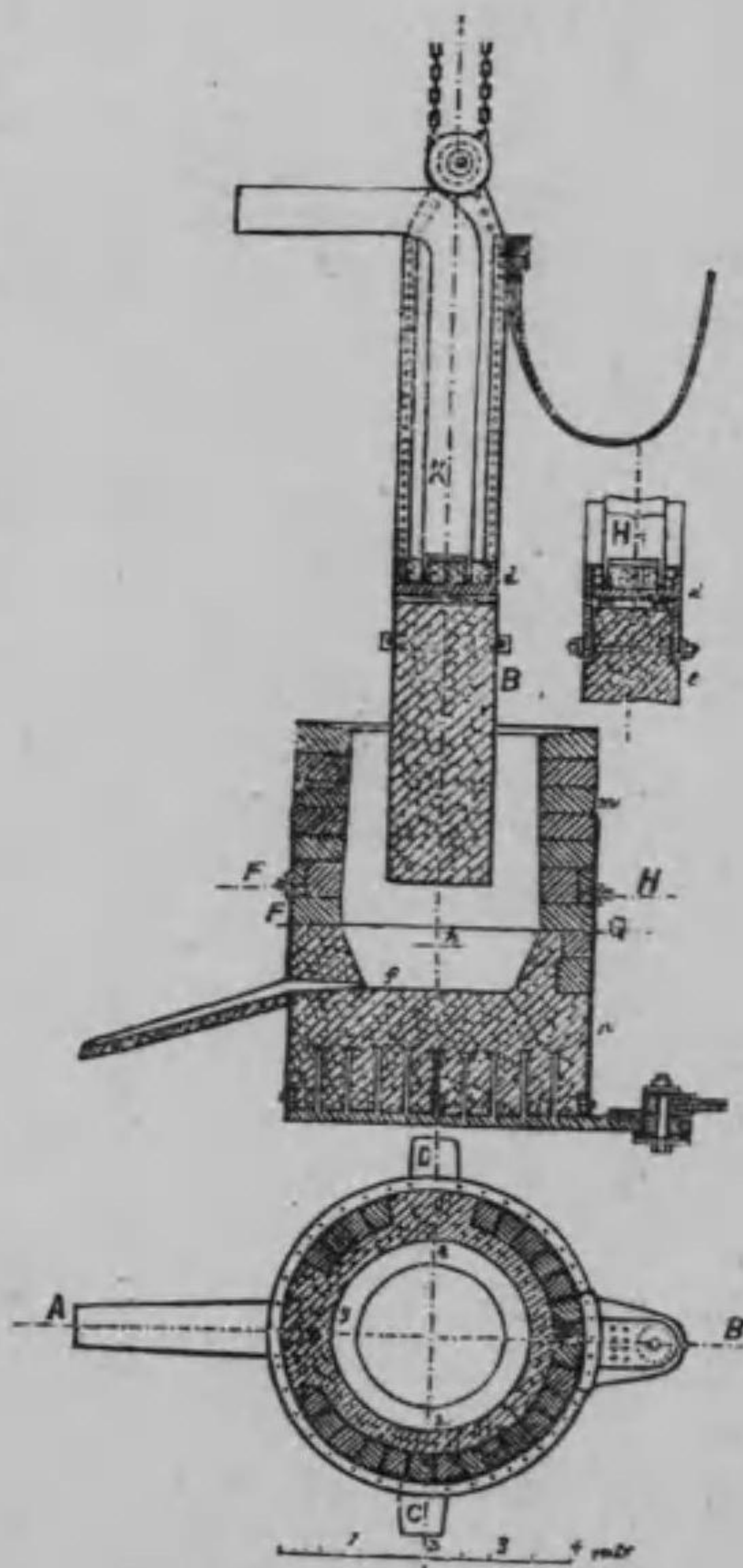
ヘルル氏の電爐は獨り粗製の鐵を精製して鋼鐵となすのみならず又能く鑛石より直ちに銑鐵を製造し得るものなり故に加奈陀政府は一千九百〇五年電氣製鐵調査會を組織し委員を歐洲に派遣して加奈陀産鑛石を以てヘルル氏指揮の下に製鐵試驗を實行せしめたり蓋し同政府の目的とする處は次の三箇條を試みんとするにありしなり

第一、加奈陀に多量に産出する磁鐵鑛を以て電氣爐により能く銑鐵を製造し得るや否や

第二、硫黄に富み滿俺に乏しき鑛石も能く電爐製鐵の原料として使用し得らるゝや否や

第三、電爐を以て製鐵するに能く木炭を以て石炭に代用し得るや否や蓋し加奈陀に於ては石炭を産出せざるも木炭は稍豊富にして水力甚だ低廉なるが爲め斯る問題を起せしなり故にヘルル氏は此問題を解決せんが爲め其爐を多少變造して第百九十及び第百九十一圖に示せるものを使用せり

第百九十圖



第百九十一圖

此爐は鐵板を以て作れる圓筒形の外壁を有し其底部は直徑四八吋の鑄鐵板に取り附けたり此外壁圓筒は可成

的誘電インダクタンスを減ぜんが爲め凡一〇吋の幅を有せる銅板を以て其一部分を作れり其内壁は耐火煉瓦を以て疊まれ其内底は炭素粘塊を以て數吋の厚さに敷けり其大さは内徑三三吋尤廣き所にて深さ四四吋にして二二五キロワットの電力を使用し其電壓は五五ボルトを示せり七週間に凡そ一五〇回作業して五五噸の鐵を得たりしが其毎回到ける原料を多少變更し

遂に其原料は磁鐵礦なるも亦普通の酸化鐵なるも或は亦含硫鐵なるも其結果に異動を來すことなく又鑛石中にチタン又はニツケルを含有するも常に良好なる結果を得ることを證せり其使用電力は一日一〇〇〇馬力に對し一

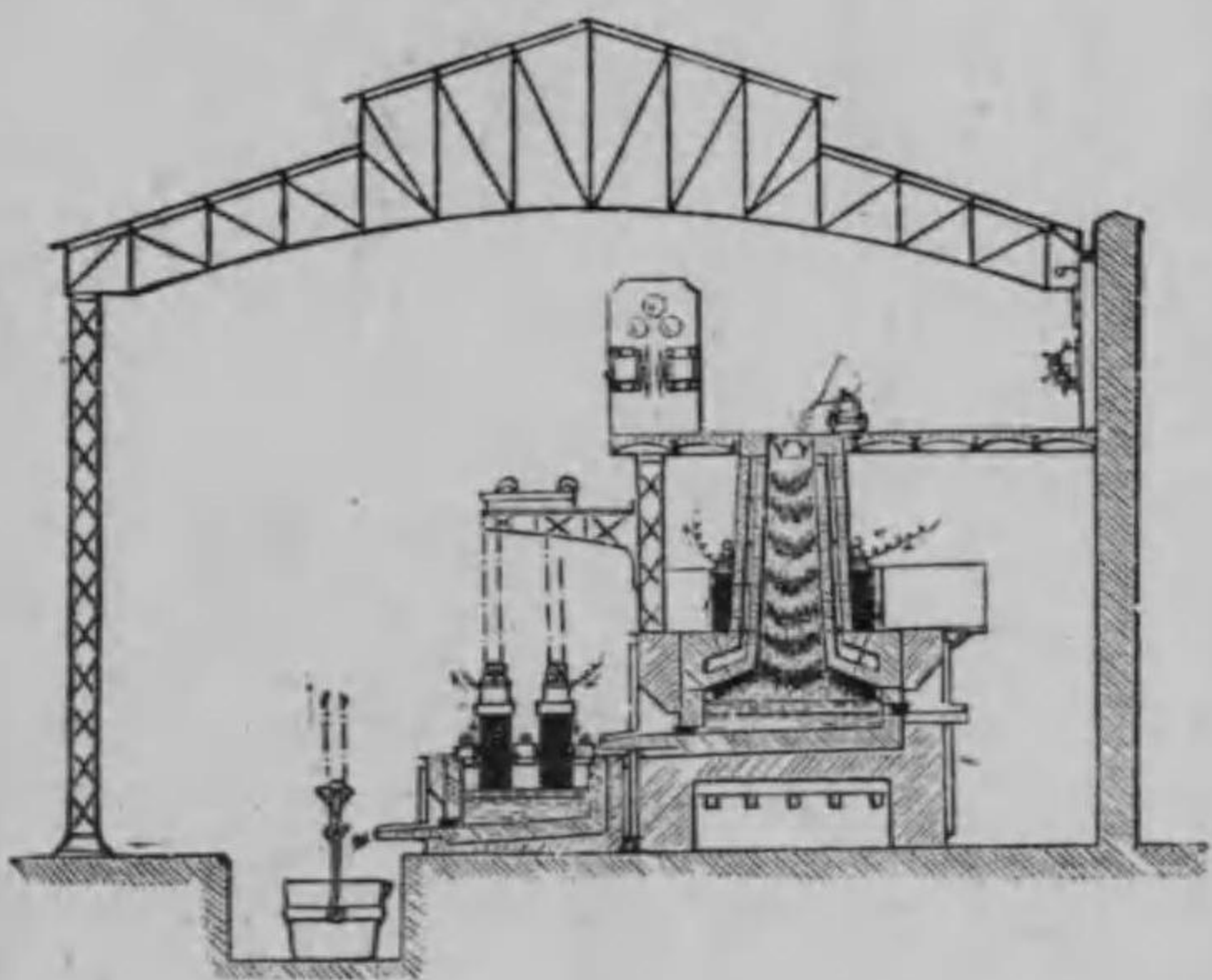
〇四噸の銑鐵を得たるなり

第三、ケルレル氏電熱製鐵法

此方法の特徴とする處は二個の電爐を併用するにありて一は鑛石を熔融還元するに供し他は之を精製するに用ゆるなり第百九十二圖は其全配置を示せるものにして第一爐は直立圓錐狀をなして高く位置せり其内壁は耐火煉瓦を以て圓錐形に疊まれたるものにして其底部に至りて急に擴がれり此處は即ち熔融還元の場所にし

ケルレル氏の電熱製鐵法

第百九十二圖



て其側部より電極挿入せられ弧焰を作りて熔融をなさしむ此爐床は稍一方に傾斜して二個の拔出孔を相反對せる處に設く之れ一は熔滓を抜き出すに供し他は生じたる銑鐵を抜き出す所なり原料は爐頭より裝填せらるゝものにして作業中生したる第一酸化炭素は或る一室に吸收せられ燃燒して原料を乾燥するに使用せらる

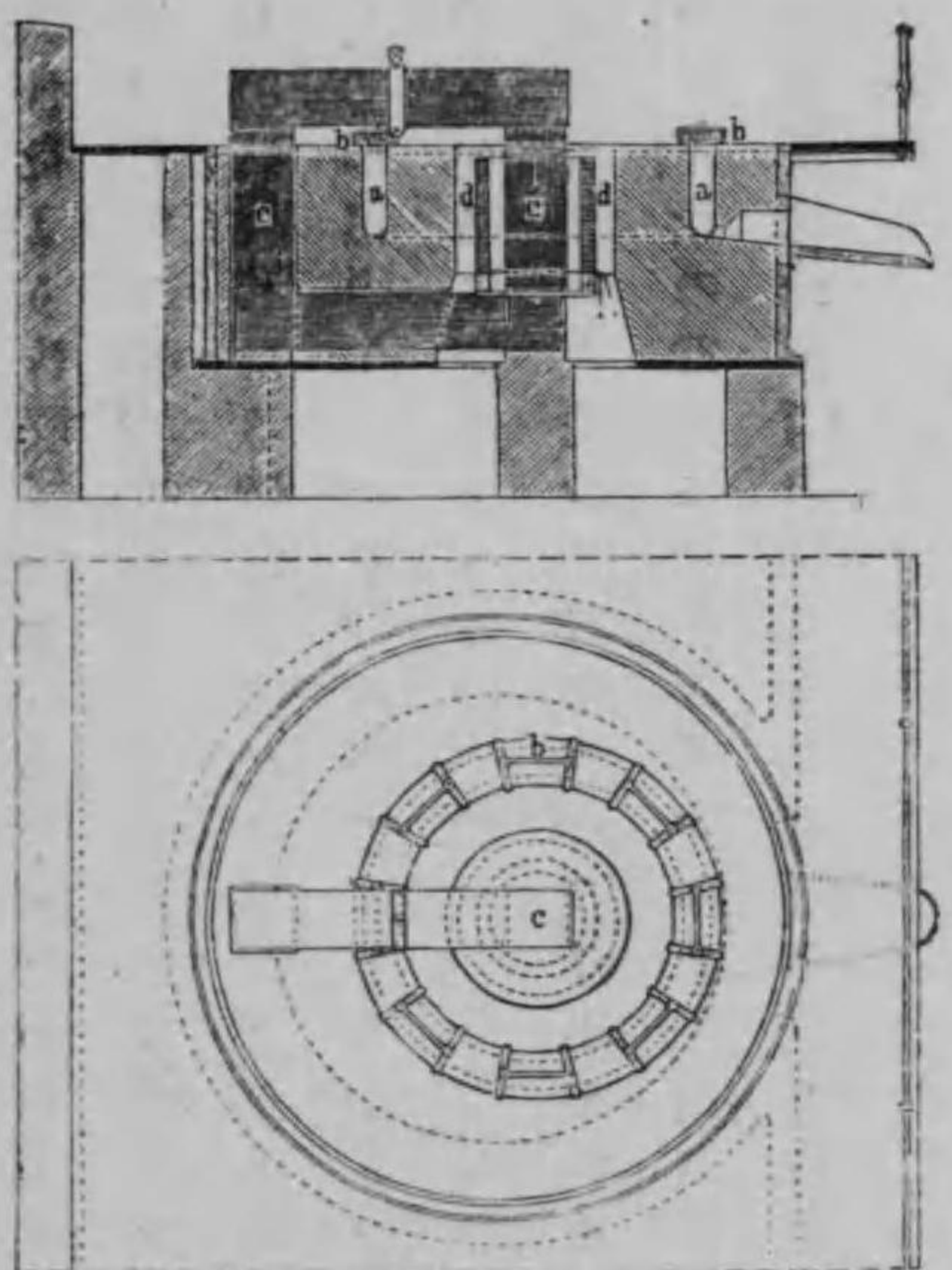
抜き出されたる銑鐵は第二精鍊爐に流入するものにして其爐の形狀は全くヘルツ氏の電爐に異ならず然れども其作業方法は少しく異なるものにして電極端は熔滓面上にありて弧焰を作るなり故に此精鍊爐を以て作業するには銑鐵を之に充し熔滓材料炭素及び少量の原鑛を加へ四個の直立せる電極を殆んど銑鐵面迄下降せしめ電流を通じ極と鐵面間に弧焰を發せしめ漸次此電極を引き揚げて其熔融還元を完全ならしめ其精鍊の目的を達するものなり此爐は一回に約一五乃至二〇噸の鋼を製するものにして其所要電力はケルレル氏の報告によれば一噸の鋼鐵に對し二八〇〇キロワット時なりと云へり

ケリー氏
電熱製鐵
法

第四 ケーリン氏電熱製鐵法

此電爐の構造に前記三種の者と全く其趣きを異にし電極を使用せざるものなり即ち其構造は變壓器の原理を應用せるものにして其第二次の圍繞圈に代ゆるに環狀の溝渠中に存在する單一なる熔融鐵圈を以せるなり第百九十

第百九十三圖 第百九十四圖



三及第百九十L圖は其装置の構造を示せるものにしてaaなる環狀の溝渠は熔融作用を起すべき爐にしてbbなる耐火性の板を以て之を覆へり此環狀溝渠の中心にcなる核あり〇五ミリメートル厚さの鐵板を重ねたる者にして其各板間は薄葉紙を以て相互に絶縁せり此

ギンゲン
に於ける
作樂法

鐵板は石綿を以て絶縁せる銅螺線圈bによりて圍繞せらるゝ者にして第一次圈を構成し其兩端は交流發電機の兩極に接続す此鐵板核は爐外に突出して直角に曲がり恰も第一次圈と鎖の相連る如き形状をなして完結せり今第一次圈に電流を通せば鐵核は磁力を得第二次圈たる環狀溝内にある鐵に電流を誘導し其強さは第一次電流の強さに第一次圈の圍繞數を乗したる積に殆んど等しきなり故に發電機の起電力を任意に選定せば任意の電氣を之に通ずることを得るなり此爐の利便とせらるゝ處は第一次電流は高壓の者を直ちに使用し得るが故に其導線は細くして足り電極を使用せざるが故に電力の損失少なきにあるなり

瑞西國ギンゲンに於ては此爐を以て作業し第一次圍繞數を二九五となし三〇〇ボルトの電流を使用せり故に第二次電流は約一〇ボルトの電壓を有せるなり而して第一次圈内にある磁鐵核は+なる形状を有せしめ空氣の疏通を善くして冷却に便ならしむ又環狀溝渠の断面は最初は「」字形なりしも新式の者においてはその形を三角形になし石英又は苦土を以て其内部を疊め

り其作業方法は熔融したる製品の半を抜き出したるとき蓋を去りて銑鐵又は他の鐵屑を挿入し之を熱し充分なるとき滿掩鐵を加へ再び半時間計り過熱して然る處之を抜き出すなり故に此爐は單に鋼鐵製造のみに使用せらるゝものにして得たる鋼は甚だ良質の者たり

此電爐は一千九百年二月始めて試験的に作業せられ其當時僅に八〇キログラムの原料を容るゝに足るものなりしが同年十一月更に擴張せられて一八〇キログラムの容積となり五八キログラムの電機を以て作業し爰處に試験を終へて瑞典國及び獨逸國クルツプ會社に於て採用せられ當今一六五キログラムの電爐を以て一晝夜に五〇〇キログラムの鋼を製造せり

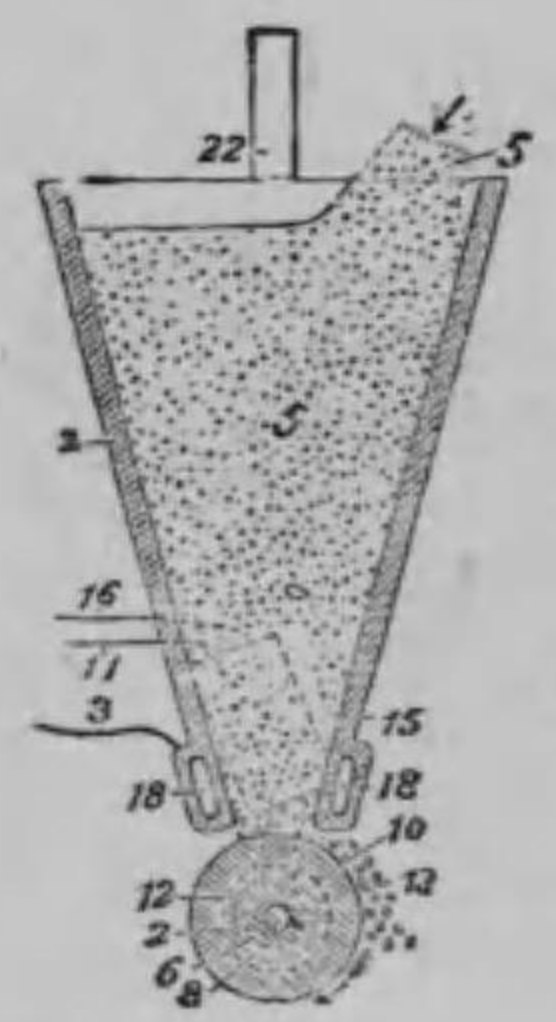
ルーテンベルグ氏の方法

第五 ルーテンベルグ氏電熱製鐵法

普通製鐵原料として使用せらるゝものは酸化鐵礦なりと雖も天然には又多量の磁鐵礦を産出するものなりヘルツル氏の試験の結果によれば其電爐は能く此磁鐵礦を原料となすを得たりと雖とも當今の程度に於ては電爐は未だ地球上何處に於ても使用することを得ざるなり然るに此磁鐵礦は其質甚

だ脆弱にして之を打てば粉碎するが故に之を普通の鐵熔鑪にて作業せば空氣の流通を杜絶し之を熔融せしむること能はずして鐵原料として常に除外せらるゝなり去れば此鑛石にして適當なる方法により粉碎することを拒ぐを得ば製鐵原料として甚だ有望に使用せられ得るものにしてルーテンベルグ氏の方法は此粉碎するを防止せんとするに外ならざるなり蓋し磁鐵礦は其名の示すが如く磁性あるものなれば磁力によりて選鑛し得るものにして氏の方法は此選鑛の後鑛石をして爾余の作業に便利なる形状を取らしめんとするに外ならず従つて此法は純粹なる電熱製鐵にあらずして磁鐵礦より製鐵するの豫備作業たるものなり

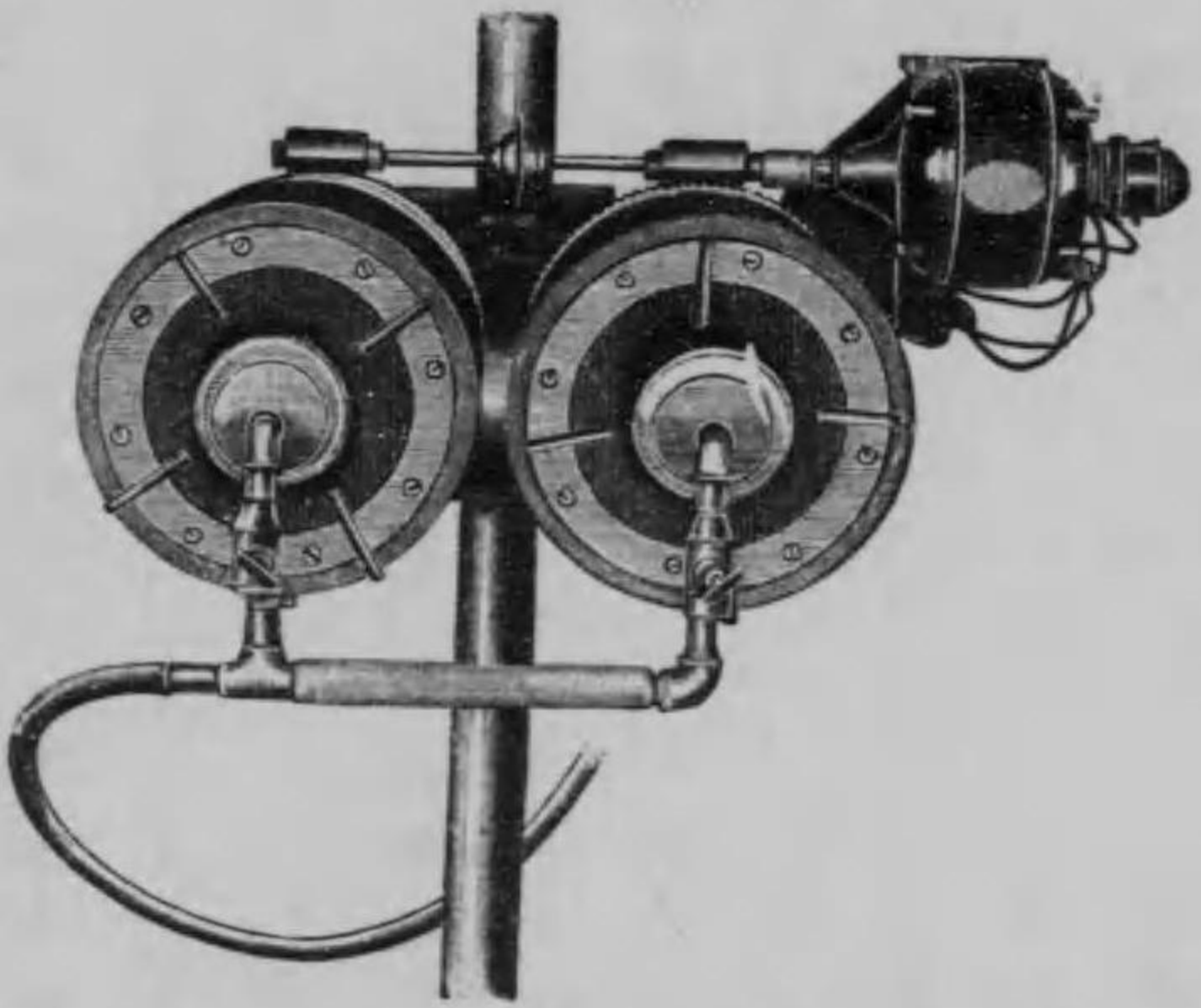
第百九十五圖



第七編 第二章 電氣熱を應用せる製造工業

第百九十五圖は其装置の原理を示せるものにして大なる漏斗に粉碎選鑛を充たし下部の孔より二個の輾輪(ロール)の間隙に落下せしむ但し本圖に於ては複雑を避くるが爲めに一個の輾輪の断面を示せるのみ此輾輪は強馬蹄磁鐵

第百九十六圖



少の磁性を有するが故に之に附着して兩輾輪間に橋梁を形成し誘導電氣は此橋を通して流るべし従つて此鑛石は熱せられて熔融し鑛石中に附加せられたる物體と共に混じて豆大の滴粒となりて落下すべし之を稱してルーテ豆ベルグ氏の豆と云ふ此豆は最早之を打つも粉碎せざるものにして普通の

ルーテ
豆
ベルグ氏

の兩極を圍繞せるものにして圖中6は其一極を示せるものなり而して作業中之を冷却せんが爲め眞鍮製の環狀圓筒となし冷水を循環せしむ其外面は黒鉛を張り付けたり此輾輪は共に一箇の電氣發動機によりて回轉せらるゝものにして其回轉方向は互に相反せり今此馬蹄磁鐵に一〇〇ボルト五〇〇アマペヤの電流を通して強電磁を誘導し輾輪上に鑛石を落下せしめば此者は素より多

鐵熔鑛爐に裝填するも空氣の流通を杜塞することなく通常の酸化鐵鑛と同様に作業することを得るなり
今此變成作業の經過を知らんが爲め加奈陀製鐵調査委員の報告の一節を左に拔萃すべし
其原鑛及選鑛の成分は

	原 鑛	選 鑛
硅 酸	八、四六%	一、二一%
鐵	五六、二二	六八、八八
酸 素	一九、六六	二五、三四
酸化チタン	一四、九三	三、〇一
酸化滿俺	〇、四一	〇、二七
磷	〇、〇〇八	〇、〇〇四
硫 黄	〇、〇〇五	痕 跡

にして此選鑛八〇と骸炭二〇及び鋸屑五を調合しルーテ豆ベルグ氏の爐に

掛くれば其成分次の如く變化するなり

調合物の成分	水中にて急に冷却したる豆		爐底にて徐々に冷却したる豆	
	重量%	重量%	重量%	重量%
硅酸	〇、九三%	一、七一	一、七六	
酸化磁鐵 (Fe ₂ O ₃)	六九、九八	七七、四三	七〇、六五	
鐵 (遊離)	一、九八	三、九〇	一〇、三九	
酸化チタン	二、二九	二、二四	二、五六	
炭素	一九、一六	一四、七二	一四、六四	

故に此爐に於ける還元作用は甚だ僅少なるものにして一噸の鑛石に對し三四五、九キロワット時の電力を使用すと云ふ

電熱製鐵法の經濟

第六、電熱製鐵法の經濟

今此等諸法に於て銑鐵又は鋼鐵を作るに要する電量を見るに素より爐の構造及び其大小によりて異なるを以て一概に之を比較するは穩當ならずと雖とも加奈陀製鐵調査委員の報告によれば一噸の銑鐵を作り或は一噸の鋼鐵を銑鐵より作るに要する電力は次の如し

銑鐵	鋼鐵	報告者
スタサノ氏小爐	三一五五 キロワット	
同氏大爐	二九一四	スタサノ氏
ヘルール氏爐	三三八〇	
ケルレル氏爐	三四二〇	
ケイリン氏爐	八三二乃至一〇四〇	調査委員

電熱製鐵と普通製鐵との比較

斯かる電力の消費を以てせば電熱製鐵業は其經濟果して如何と云ふに是れ素より土地の状況によりて判定すべき者にして石炭價格低廉なる處にありては未だ此法を以て經濟なりと云ふこと能はずと雖ども石炭を産出せず電力低廉なる處にありては能く其經濟を維持し得るものなり故に伊太利、瑞典及び加奈陀の如き石炭の産出に乏しき國にありては今や電氣製鐵の事業勃興せんとするの氣運に向へり

今此作業費の經濟を第二段とし此等電熱製鐵爐と普通の製鐵爐を比較せんに前者は其形狀小にして足り作業力の擴張と共に其爐數を増加せば可なる

が故に製鐵業を創始するに當り其創業資本小にして足り大に便利なるものなり特に同一製産額に對しては此法に於ては後者よりも爐數多きが故に其修繕を要する場合に於ては一爐を休止するも全作業を休止するの必要なく亦種々の異なりたる製品を製造するの必要あるときは爐毎に其原料の調合を變ずることを得るにより同時に異種類の製品を得るの便あるものなり

第七節 鐵合金の製造

鐵は種々の金屬と能く合金するものにしてフェロ、シリコン、フェロ、マンガ、フェロ、クロム、フェロ、ウラル、フラム等は製鋼上緊要の合金なりとす此等の者は往時は普通の鐵熔鑛爐を以て製造せられたりしが電爐の創設以來其多くは電爐を以て製造せらるゝに至れり

此目的に向ひ使用すべき電爐は特別の構造を有するものなく炭化物製造に供したる爐は何れも皆之に適するものなり然れども鐵の合金は鐵と同じく能く炭素と結合するの性あり而して炭化物製造爐に於ては炭素極と合金の接觸を避くること能はざるが故に其製品の炭素量を増すを恐れ當時は多く

鐵の合金

滿俺鐵

製鐵爐を使用するに至れり之れ後者に於ては合金一度生ぜば直ちに炭極と相遠かり熔滓を以て隔離して炭素の入り來る機會なければなり其合金製造に要する溫度は通常攝氏一二〇〇乃至一八〇〇度とす

第一、滿俺鐵(フェロ、マンガ)

此者は製鐵工業に必要缺くべからざるものにして其作甲二種あり一は此者を熔鐵中に附加せば其溫度を高め熔融物を淡くし鑄込み易からしむるものにして他は熔融物中にある不純物を熔滓として除去し易からしむるなり此者は通常二〇乃至八〇%の滿俺を含有するものにして昔日より鐵の熔鑛爐に於て製造せられたりしが電爐の創始以來一時多く此に依りて製造せられたり然れども電爐の熱は此者を作るに寧ろ高きに過ぎ滿俺の燒失多きを以て當時は亦却つて舊式の爐を使用せらるゝに至れり其成分は次の如し

	第一種	第二種	第三種
滿 俺	八一、九二	八五、三七	七六、〇〇
鐵	九、六三	六、〇〇	一四、三〇

硅素鐵

第二、硅素鐵(フェロシリコン)

此者は電爐によりて始めて製造せられたるものにして其後普通の鐵熔鑛爐によりて其製造を試みられたりしも其熱度不充分にして良好なる結果を得ること能はざりき即ち其製品を以て電爐の製品に比すれば硅素の少きこと次表に示すが如し

	普通の鐵熔鑛爐	電氣爐
磷	〇、二八	〇、二五
炭素	六、一一	七、一〇
硅素	一、一九	一、四〇
鐵	一〇、五五	五、一八〇
炭素	八三、一六	四六、一三
滿俺	二、三六	〇、一五
硫黃	三、八六	〇、〇八
	〇、〇三	〇、〇三

磷

〇、〇四

〇、〇五七

アルミニウム

一、六一

今電氣爐によりて之を作るには其原料として或は鐵鑛を使用することを得べく或は亦鐵屑を使用するを得べし教授ハーバー氏の報告によれば米國カナワ瀑布に於けるウイルソン、アルミニウム會社にては六二%の鐵を含める鑛石を河砂及び骸炭と混じ電爐によりて熔融還元して二八%余の硅素と六九%の鐵を含有せる合金を得たりと然れども鑛石を使用する時は其還元の高き溫度を要し爲めに多量の硅素は焼失して硅素の含量大なる合金を得ると能はず故に當時は主として鐵屑を使用するものにして炭素によりて還元せしめたる硅素を熔融せる鐵によりて吸收せしむ、硅素の原料としては普通石英を使用し豆粒大に破碎し之に木炭或は骸炭及び鐵屑を混和し電爐によりて之を熔融せしむ其爐の電壓は約三五乃至四〇ボルトにして五〇〇アマペヤを通し一晝夜に二五%の硅素鐵一〇〇〇乃至一五〇〇キログラムを得若し其製品にして五〇%の硅素を含ましめば一晝夜の製産高は約五〇〇

キログラムに減ずべし

クロム
鐵

第三、クロム鐵(フェロクロム)

此者も亦普通の鐵熔鑄爐にて製造し得られざるにあらざるも其クロム含有量は最高三〇乃至四〇%に止まり電氣爐にありては容易に六〇%以上のクロムを含有せるものを得るを以て當今専ら電爐によりて製造せらる者なり然れども其製法の詳細に至りては世上に公にせられたるもの甚だ少なく僅に教授ハーバー氏の視察報告あるのみ氏の報告によればウキルソン、アルミニウム會社は土耳其及びキューバ産鑛石を使用し之より七〇%のクロムを含有せるものを作れりと其電爐に要する電壓は一〇〇ボルトにして製品一キログラムに就き要する電力は一〇六馬力時間なりと云ふ

ウラル
フラム
鐵

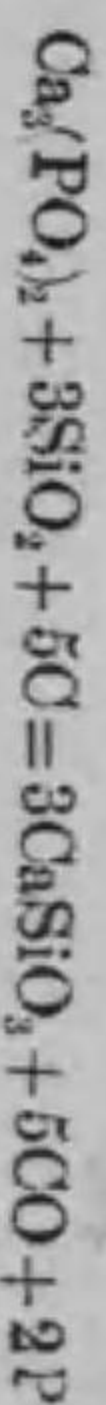
第四、ウラルフラム鐵(フェロウラルフラム)

此者は電爐の特産品にして普通の爐に於ては其熱度低きが爲め之を製すること能はず之を製するにはウラルフラム鑛を粉碎し之に炭素と鐵とを加へ還元するものにして其合金中ウラルフラム含有量は能く八五%に達す此者

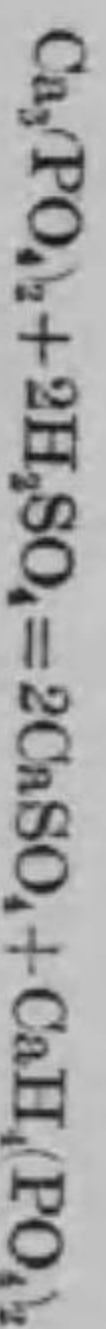
は製鋼業に必要なものにして其誘導せるウラルフラムの量により鋼質を種々に變ずるものなり蓋し此目的に向ひ金屬ウラルフラムを代用し得れども純粹なる金屬は空氣の酸化作用を受くること大なるを以て焼失損耗多し故に此合金は同工業に悦び使用せらるゝものなり

第八節 磷の製造

磷を磷礦より製造するの原理はウエーレル氏の反應

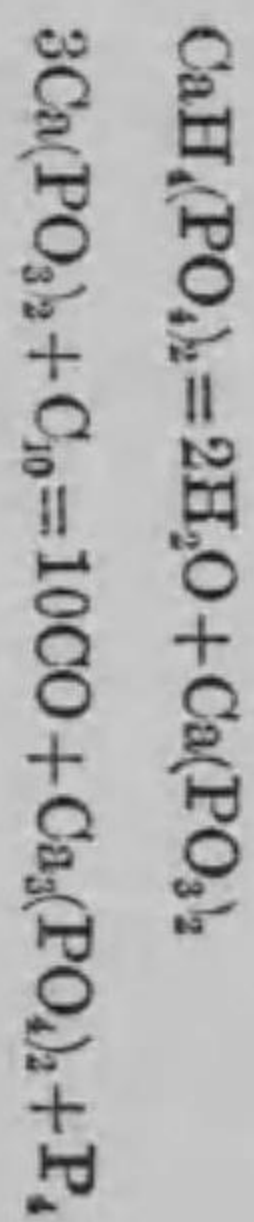


に基づき磷礦を砂及び骸炭と混じ電爐によりて之を分解蒸溜に處するにあるなり蓋し此反應は古くより知られたりしが之を實行するには非常に高き温度を要し普通石炭の燃燒熱にては到底此反應をして完全ならしむること能はざるを以て曩日は止むことを得ず此礦を硫酸にて處理して



なる反應を起さしめ水に溶解性の酸性磷酸石灰となし水に溶解して瀘過し其瀘液に炭素末を混じ蒸發して其殘渣を耐火性の蒸溜器に容れ外部より熱

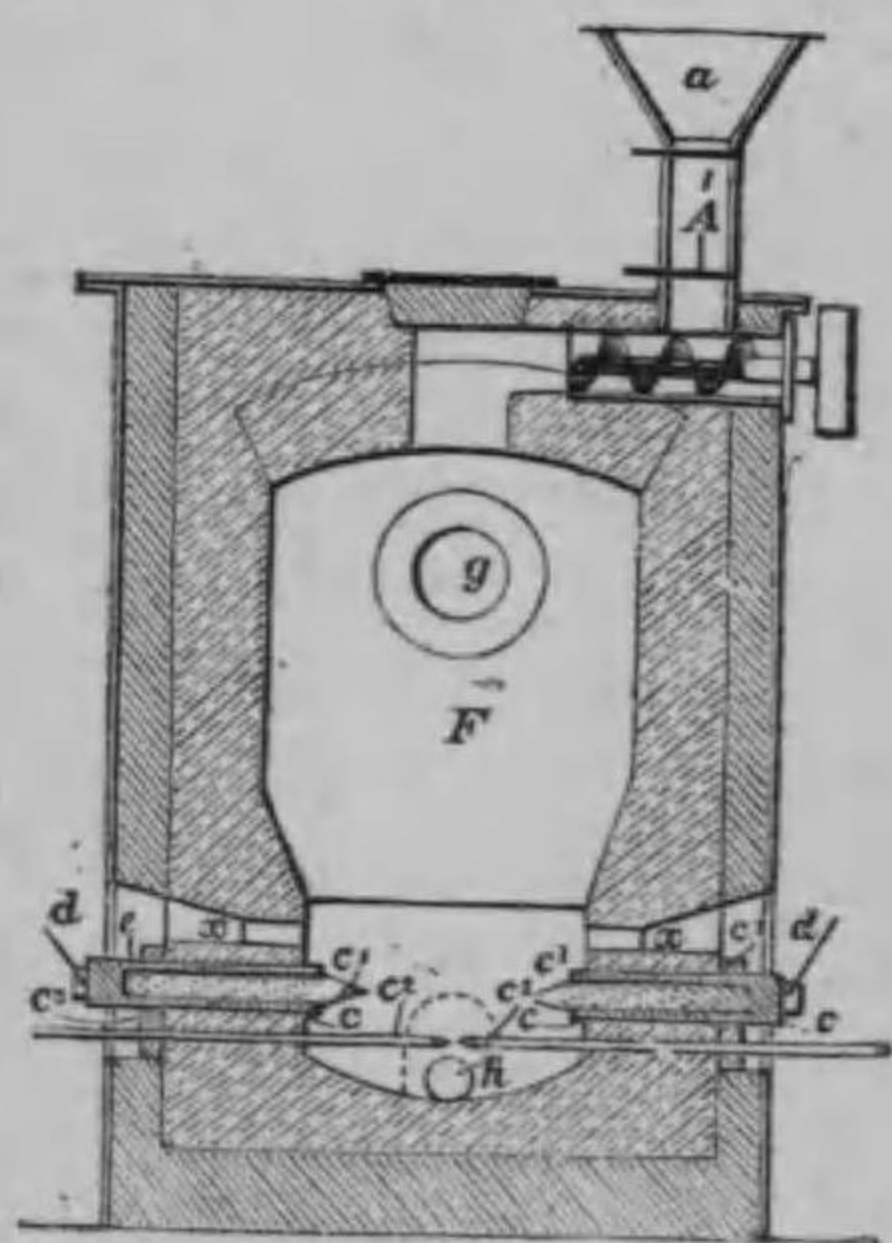
して分解蒸溜せしめ其蒸汽を水冷却器にて受け之を凝縮せしめたりしなり
其反應次の如し



即ち此法に於ては方程式によりて一見明瞭なるが如く燐礦中に含有せらる
燐の僅に三分の二のみ採取し得らるゝのみにて實際の作業に於ては、其收
穫尙之より少くなく最良好なる場合に於てする僅に五〇%にして普通は僅に
四〇%位を以て満足せるなり之れ此酸性鹽を炭素にて還元するに於ても亦
高熱を要する者にして蒸溜器の外部より加熱する場合にありては其反應
を完全ならしむる爲には勢ひ其壁を薄くせざるべからず従つて其損傷甚だ
多く爲めに充分なる熱度を加ふること能はざるに起因するなり然るに電氣
爐にありては其熱爐の内部に起り之を以て直ちに蒸溜器に代用することを
得るにより其側壁は任意に之を厚くすることを得べく且つ其熱は非常に高
きを以てヴェーレル氏の反應も容易に起して燐礦中の全部の燐を採取し得

リ
ー
ヂ
マ
ン
氏
製
燐
爐

第百九十七圖



第七編 第二章 電氣熱を應用せる製造工業

べければ電爐の發見ありししや否やリーヂマン氏は直ちに之を利用して製
燐工業を起さんことを企て英國カウル會社に於て試験をなして良好なる結
果を得同國ウエドネスフィールドに於て一大製造工場を起し五〇〇キロワ
ットの電爐を使用し能く礦石中に含有せる燐量の八六%強を採聚すること
を得たり故に今左に氏の使用せる爐の概要を示さん
第百九十七圖は其直立斷面を示せるものにして一見明瞭なるが如く鐵板製
の箱の内部を耐火煉化又はマグネシヤ煉瓦にて張り詰め其側壁の底部に近
き處に於て相對して電極C₁を挿入せし
む此電極は其大部分鐵筒C₂中にあるも
のにして依りて以て其燒失を少なくし
併せて電流傳達に便ならしむ然れども
其位地固定し且つ相對せる兩端間の距
離遠きが故に最初作業を始むるに當り
直ちに此電極間に弧焰を發せしむるこ

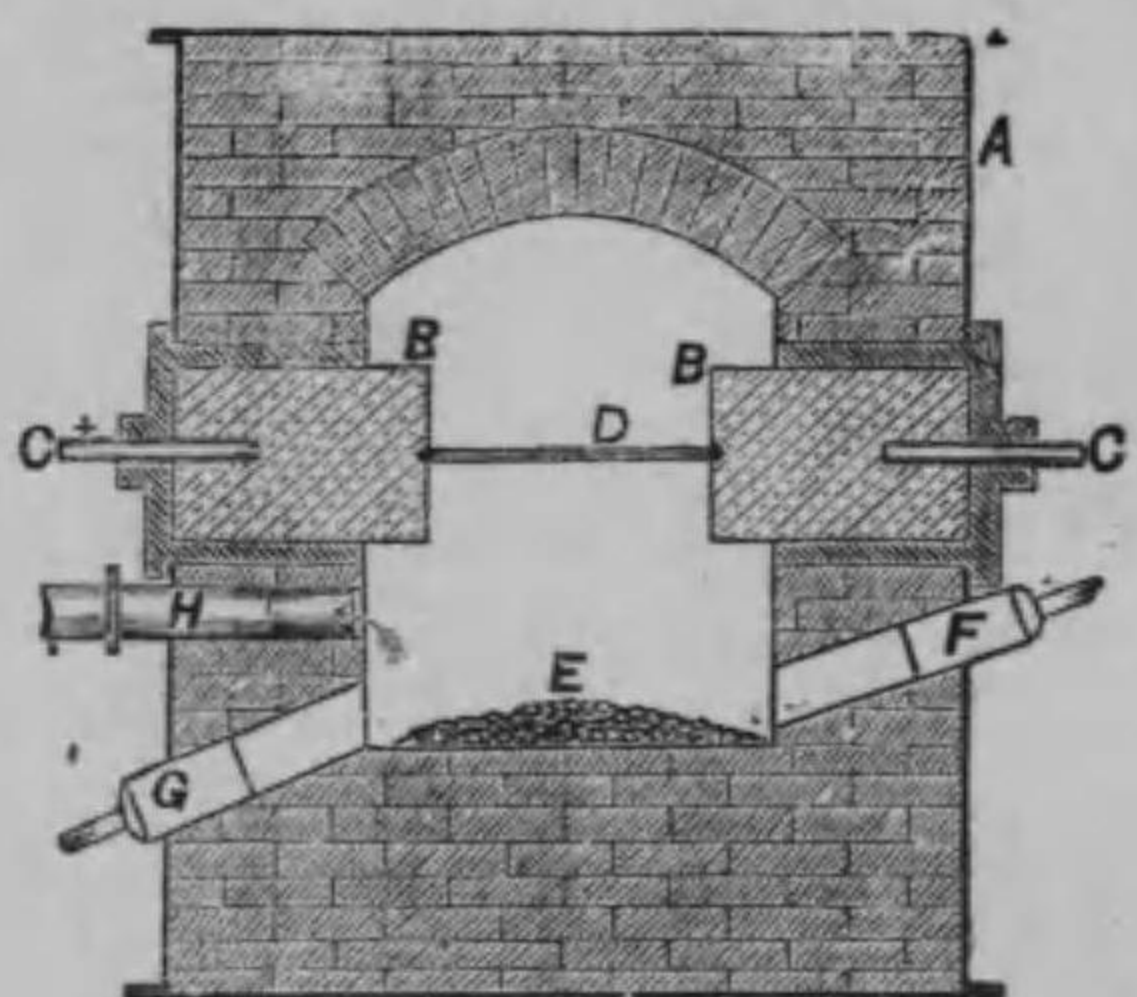
と困難なるを以てCなる副電極を使用し之れによりて其作業を開始せしむ
 aは原料装填用漏斗にしてBは其の推進器なり其回轉によりて原料の混合
 を密にし兼ねて原料の装填を調節せしむAは爐内蒸気の濾出を拒ぐ爲め
 に設けられたる二重の閉鎖扉なりGは瓦斯及び蒸気の逃竄孔にしてhは熔
 滓を抜出すの孔なり又xは作業口にして平素は耐火粘土を以て之を塞ぎ所
 要に應じて之を開き作業する處とす

リーヂマン氏の此法は普通の化學的磷製造法に比して良好の成績を擧げたり
 しかば磷の電熱製造法は直ちに工業界に喧傳せられ米國ナイヤガラ瀑布
 巴里其他の諸國に於ても同一の工場勃興し今や磷の製造工業は全く電熱作
 業に變ずるに至れり

然れどもリーヂマン氏の電爐の不便をする處は其熱源弧焰なるが故に装填
 せられたる原料は其刺焰の爲めに吹き飛ばされて折角混合混淆したる者も
 往々にして分離し且つ其還元せられたる磷の蒸気は吹き飛ばされたる原料
 と混じ不純なる儘凝縮器に集まり加ふるに其熱度各部一樣ならざるが故に

エレクト
 リック
 ショ
 ック
 社の
 製造
 電爐

第百九十八圖



原料の一部還元を受けざる處ありて其儘熔滓と混して排泄せらるゝ處あり
 是を以て倫敦なるエレクトリックレダクシヨン會社は電氣抵抗を使用し
 此困難を避けんことを欲し第百九十八圖に示すが如き電爐を構成せり

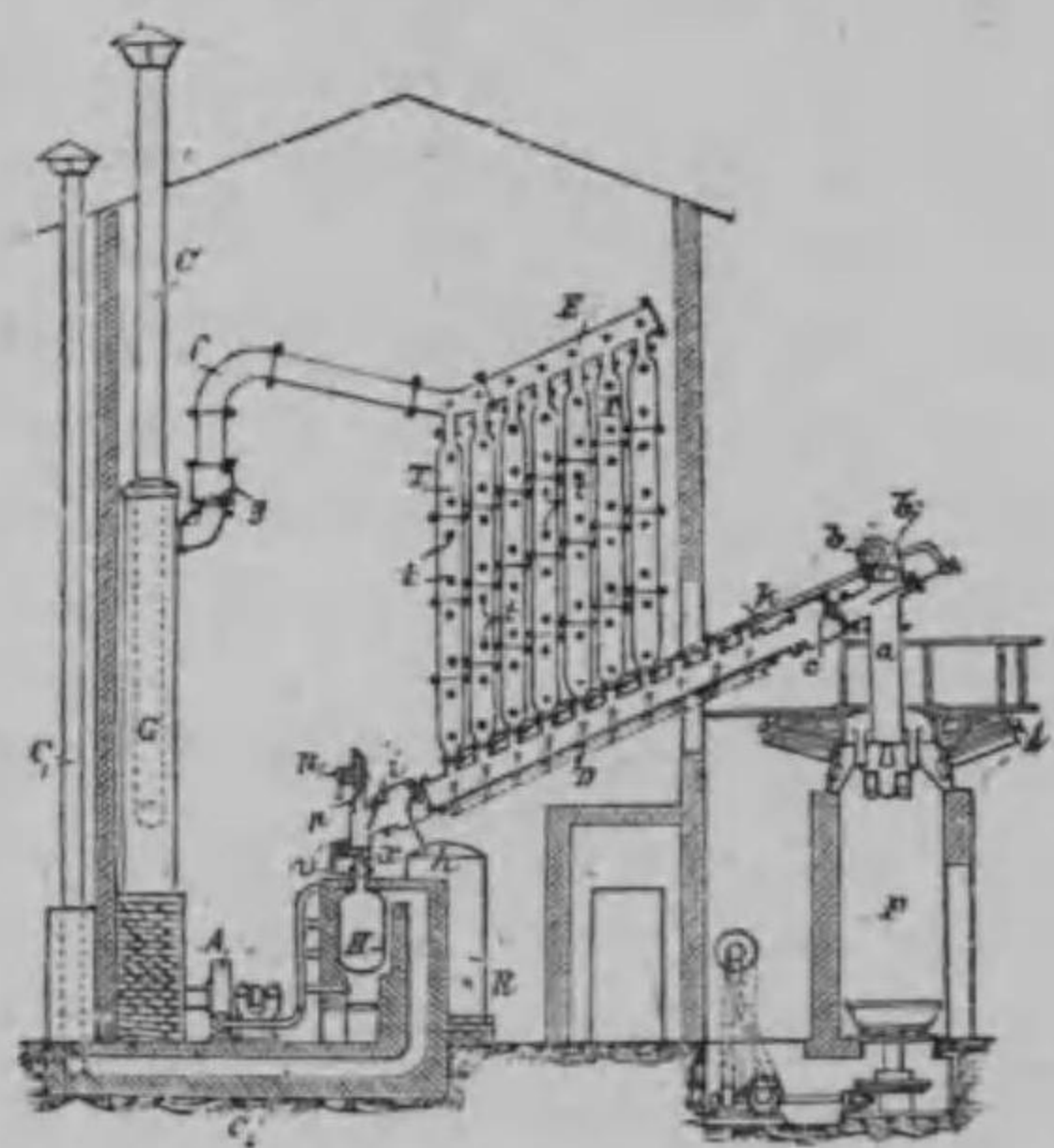
此爐はAなる密閉せる一室の相對せる側
 壁中にBBなる大なる炭素塊を疊みDな
 る細き炭素棒によりて相連絡せるもの
 してCCなる電氣導線を以て發電機の電
 極に接続す今此に電流を通ぜばDなる炭
 素棒は白熾熱となり其熱を放散し爐壁及
 び其天井より反射せらるゝにより爐底に
 ある原料Eは此直接及び間接熱の作用を
 受けて分解還元し其生成せる瓦斯並に磷
 の蒸気はHより逃れ出て凝縮器に至るなりFは其原料装填孔にしてGは其
 熔滓を抜き出す所とす

此爐は其各部に於ける熱度の一樣なると其刺焔なき點に於ては遙に前者に卓越すと雖も爰處に亦其不便を感ずるは其炭素塊間に架せる細き炭素棒が速に焼滅して之を入れ替ゆる爲め屢其業を休止せざるべからざるとなり是を以て此兩電爐の得失は未だ俄に之を判定することを得ざるものにして現今工業上兩者並び使用せらるゝ者の如し故に今暫く之れが利害得失を措き其生成したる燐の凝縮に就きて陳ぶる處あるべし

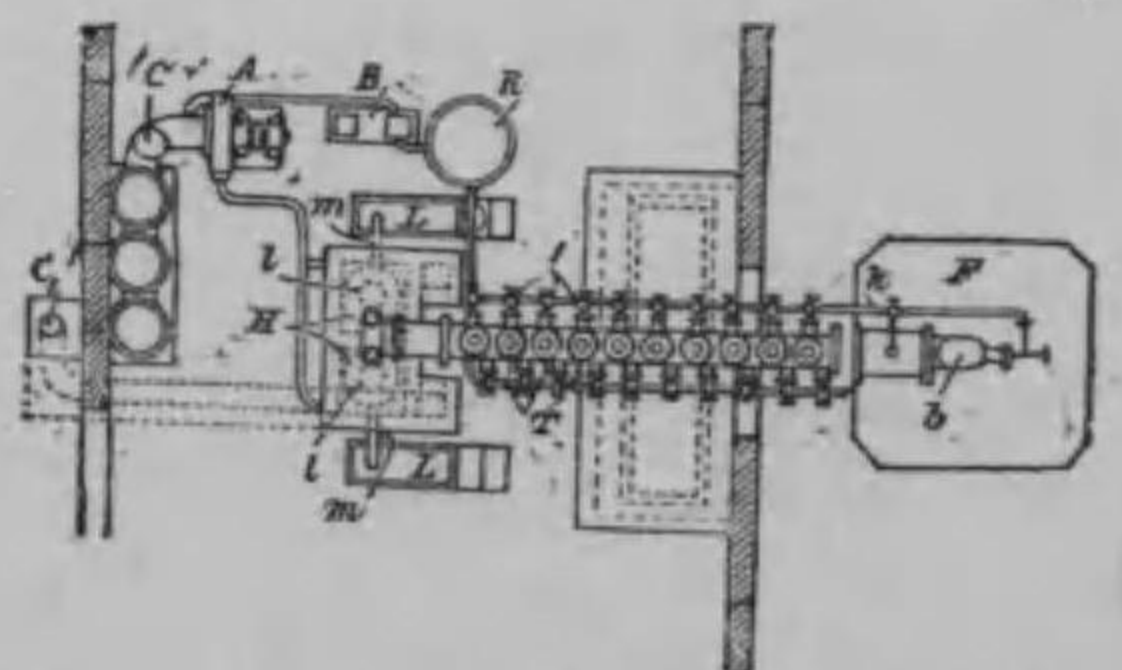
元來燐は殆んど水に溶解せざるものなれば普通の製燐工業に於ては蒸溜器より出て来る處の蒸汽を直ちに水上に導びき爰處に之を凝縮せしむるものなり然るに電氣爐を以て之を製するときは爐内にある蒸汽は殆んど白熾熱にあり斯る高温度の蒸汽を直ちに普通の冷縮器に導き水に觸れしむれば此者は烈しく水と作用して燐化水素其他の化合物を作り爲めに其損失甚だ多く特に凝縮せし燐にして此等不純物を混有するときは其品質甚だ悪しく價格亦大に低下するを以て佛國ピロロド會社に於ては電爐より出て来る燐の蒸汽を水に觸れしめずして其乾燥せる儘之を凝縮せんことを欲し第百九十

ピロロド會社の燐凝縮装置

第百九十九圖



第百二圖

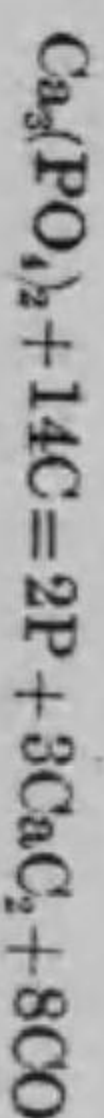


九並に第貳百圖に示せる乾燥凝縮装置を作れり電爐Fより出て来る瓦斯並に蒸汽は刺焔の爲めに吹き飛ばされたる

塵埃と共にaなる管を通して凝縮器Dに來るものにして大部分の塵埃はa管内及びD管の入り口に於て沈降するを以てbなる煽風器にhなる掃除器を備へて以て之を排除することせりc, g並にhは凝縮器の閉鎖装置にして常には之を開放せるも作業休止の時は之を閉鎖して此凝縮器内に外氣の侵入するを防がしむ爐より出て來りたる瓦斯並に蒸汽は此D管により分れ

て數本の直立せる鏡管Tに入り爰處に其蒸汽の殆ど全部を凝縮せしむ蓋し
 磷の熔融溫度は四四五度にして空氣を以て冷却せられたる凝縮器は少なく
 も五〇度以上の溫度を有するが故に其凝縮されたる磷は流動形をなして管
 壁より滴下しD管に集まるなり然れども固形不純物の混合せる爲め流動し
 難くD管の傾斜せるに拘はらず其内部に停滯するを以て之をして受器iに
 流出せしむる爲めとなる管より時々壓搾せる第一酸化炭素を吹き込みなり
 受器に集まりたる不純の磷はxなる分配装置によりて交互に二個の精製蒸
 溜器Hに送り之を蒸溜して其純粹なるものをLなる温水冷縮器に集め必要
 に應じて之を瀘過し型に鑄込み一定の形狀を與へて以て市場に供給するな
 り凝縮器にて凝縮せざりし瓦斯は殆んど全部第一酸化炭素より成るも尙多
 少の磷の蒸汽を含有し最早之を凝縮せしむると困難なるを以てGなる塔に
 導びき銅の化合物の溶液を以て濕せる海綿物質に觸れしめ磷化銅に化し之
 を採取するものにして此塔を通過したる瓦斯即ち第一酸化炭素は或は之を
 煙突に導びき或はAなる吸氣機によりて之を引きて各燃燒室に分配して燃

燒せしめ或は又瓦斯壓入機によりて之をRなる瓦斯溜に貯藏せしむ凝縮器
 内不純の磷を壓出するに使用せる瓦斯は即ち之なり
 其他磷の電爐作業には砂を使用せずして單に磷礦と炭素のみを使用し左式
 の反應により



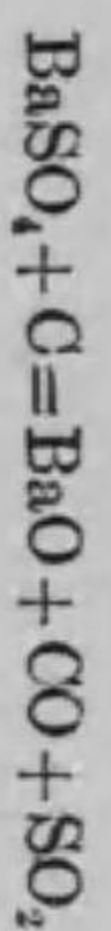
炭化石灰と磷を同時に製造せんとの計畫を立てたるものあり此法は決して
 不可能にはあらざるも其作業甚だ困難にして未だ工業上應用せられたるも
 のなきが如し

第九節 酸化バリウムの製造

バリウムの化合物は學術上並に工業上必要なるものなれども其天然に産す
 るものは主として**バライト**(硫酸バリウム)なる礦石となり水に溶けざるのみ
 ならず又如何なる酸類の作用をも受けざるが故に従來之に手を下すと能は
 ざりしが電爐の創設ありて以來米國ナイアガラ瀑布に**ユリナイテット**、**バリ
 ユム**會社起り電熱を利用して此天然產物より酸化バリウムを製造するに至

ユリナイ
 テット
 ユム
 會社

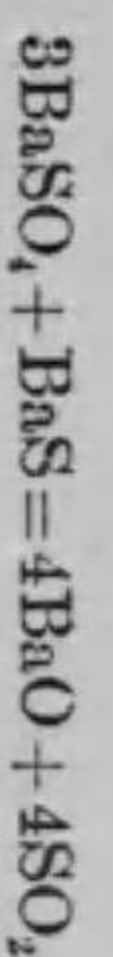
れり其原理は左式の反應に基くものにして



高熱作用により炭素をして一部還元を行はしむる者なり然れども此反應は二段に進行する者にして其第一段の變化は左式に示すが如く硫化バリウムを生ずるなり



斯くの如く生じたる硫化バリウムは未だ變化を受けざる礦石と作用し第二段の變化を起して酸化バリウムとなるなり



此第一段の反應は完全に進行すと雖とも第二段の反應は甚だ不完全なり故に其生産物は常に此酸化物の外に尙硫化物を混ざるものにして之を水にて處理せば兩者共に溶解すべし之を結晶せしめば水酸化バリウム $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ は先づ結晶して出て母液に硫化バリウムを残すを以て之に炭酸瓦斯を通し炭酸バリウムとなして結晶せしむるなり

今同社の作業状態を見るに其電爐は徑一、五深一、〇メートルの坩堝爐にして其側部並に底部は炭素を以て張り詰め之に數對の炭素電極を上部より懸垂せり此の各電極は長さ一、〇断面〇、一メートル角の炭素棒數本を一束となしたるものにして四〇〇〇乃至四五〇〇アムペヤを通ずるとを得其兩極間に一〇ボルトの壓差を有す其一晝夜間の生産高は約八噸にして之を水中に抜き出し直ちに溶解せしむ然るときは其酸化物並に硫化物は溶解するも未變化の礦石は其儘残渣となり赤褐色を呈す之れ少量の鐵酸バリウムの爲めに着色せらるゝなり之を傾瀉法又は瀘過法によりて分離し其瀘液を結晶せしむれば水酸化バリウムを生ずるなり此者は純粹なる生産品にして之を再結晶に附したるものは九九、六乃至九九、九%の純度を有せり其母液は亦炭酸鹽として結晶せしむるものにして其生産比は水酸化物の約四〇%に當れり教授ハーバー氏の報告によれば此法に於ては原礦中に含有せるバリウムの九〇%を採取することを得るものにして其電力使用高は一キログラムの酸化バリウムに對し二、二キロワット時なりと云へり