

◎電氣爐用電極に就て

Le Génie civil ; Par J. Escard Samedi 4 Août 1917. より

Y. K. 生

凡そ電極の物理的及化學的性質、電氣爐内に於ける位置、其電氣的及機械的性質並に之か製造法は製造物の品位に大なる影響を與ふべきを以て、電氣冶金の頗る旺盛なる今日之か研究は極めて重大なる價值を有するものと云ふへし、而して一般に電極は次の諸性質を必要とす。

(一) 耐火性を有し電流及電弧の與ふべき熱的作用により容易に破損せられさること(約三〇〇〇度攝氏以下同し)此點に關し炭素は其耐火度甚た高く最も電極の製造に適するものとす(高溫度に於て熔融せず單に電弧中に於てのみ揮發す)。

(二) 各溫度に於て良導電性を保有すること。

(三) 電氣爐中に生すべき熱の多量を外部に放散せざるため其導熱性少なること。

(四) 爐内に於て希望する化學作用に對し有害なる反應を呈せざること。

上記性質より見れば炭素は電熱的製造工業の大部に對し極めて必要なる唯一の物質なることを知る、然れとも特種なるものに對しては他物質の使用を必要とすることあり。例へば或場合には電極として金屬又は合金を用ひ或は爐内生成物に對し炭素に比し良好なる結果を與ふるに適當なる混合物を以て電極を構成するか如し、之を以て電氣爐用電極は明瞭に次の如く二種類に區分するを得

(甲) 炭素製電極無定形炭素又は黒鉛炭素よりなるもの

(乙) 金屬製又は混合物製電極

第一章 炭素製電極

第一節 製造法

電氣冶金に使用せられし最初の電極は無煙炭、石炭及タールの混合物より成り之を某壓力下に成形したる後約一、〇〇〇度に焼上げしものにして不純にして堅實ならず、且つ其導電性も良好ならざりき次て成形作業の際其壓力を高め一部をして黒鉛に近き性質を與へ以て甚た硬く且つ稍々良導電性を有する電極を得たり、現今にありては是等合成電極を得るに當り或は無形炭素、黒鉛狀炭素を用ひ又は純黒鉛を用ふる等各種の方法を採用するに至れり。

第一款 無定形炭素を用ふる電極

此種の電極は電氣冶金工場自ら又は特別なる工場に於て製作せらる、是等工場には其需用額を供給し得るに必要な設備を有するものにして之か製作は概ね次の順序に依るものとす。

a、原料の精選、b、原料の焙焼尙ほ必要な場合には化學的處理、c、原料の混和、破碎及結合劑を加へての捏和及形成、d、最後に高溫度に於て製作電極の焼上、
今是等作業に就き記すること次の如し。

其一 原料

原料としてはレトルト炭素、無煙炭、タール骸炭 (Le Coke de goudron) 及石油骸炭 (Le coke de Pérole) 等を採用す則ち炭素に富み灰分及揮發分の少なき物質を基劑とし結合劑として之に無水タール、乾燥タール等を混するものとす、尙ほ數年以來結合劑として特に此目的に適する電解的タールと稱し常溫に

して半流體をなす上記二者の中間物を採用するに至れり。

レトルト炭素はアルミニウム製造を目的とする電極用として不適當なり、之れレトルトより混入し來る耐火物料の爲め其成分中に硅酸含有量を多からしむるを以てなり、之に反し此種の電極電氣製鐵工場に多く使用せらるるを見る、之れ此際にありては含有硅酸分は作業上何等の不利を與ふることなければなり、又化學的處理として先づ濃厚なる溫苛性液に浸し次て稀薄液を以て洗滌し以て含有灰分を減少せしむることあり、次表は此種の作業に對する實驗結果を示せるものなり。

成分	第一 試料		第二 試料	
	化學的處理前	化學的處理後	化學的處理前	化學的處理後
灰 ^{成分(%)}	○・九一	○・二〇	一・二三	○・一六
硅	○・六二	○・二六	○・八六	○・一九
酸 化 鐵	○・四一	○・〇八	○・六〇	○・三六
酸化アルミニウム	○・二七			
石 灰	二・二一	○・五四	二・五九	○・七一
計				

右表に依れば化學的處理の結果灰分は三・二一乃至二・五九%の多量より電極製造に使用し得べき○・五四乃至○・七一%に減少せしを知るなり。

無煙炭は鑛脈より非常に純粹なるものを得べく何等の處理を要することなく使用せらる、但し一般に其製品中の灰分をして二%以上に達せしめ従て硅酸含有量をして少くも○・三五%に至らしむ而して斯く多量の硅酸含有量はアルミニウム製造用電極として許容すべからざるものとす、然れども之に化學的處理を施さは無煙炭中の灰分をして次表の如く低下せしむるを得へし。

試料	第一試料		第二試料	
	化學的處理前	化學的處理後	化學的處理前	化學的處理後
成分の成分				
灰分(%)				
硅酸	五〇〇	〇・八五	〇・七八	〇・二〇
酸化鐵	一〇六	〇・二五	〇・三二	〇・一二
酸化アルミニウム	二〇二		〇・四三	〇・一二
石灰及苦土	一・一六	〇・二〇	〇・五三	〇・一三
計	九・二四	一・三〇	二・〇六	〇・五七

(備考)右試料中第一はスコットランド産無煙炭にして第二は英國ガール産のものなり。
不純物として許容すべき極限量は硅酸五%酸化鐵〇・二%なるを以て化學的處理は灰分の減少に對し大なる利益を與ふるを知るなり。

石油骸炭は最も多く用ゐらるゝものにして其灰分は產地により〇・五乃至二・〇%の間に變化するを見る、亞米利加産のものは殆んど灰分を有せず、羅馬尼産のもの之に次く、ローダン(Todine)氏の說に従へば灰分の含有は原油中に混する細砂の量に關係すと云ふ、尙ほ石油骸炭中には稍々多量の硫黄を含有し其量一二五乃至一五〇%に達することあり、尙ほ一二乃至一五%の揮發物を含有することあるを以て之か使用に當りては可及的之を除去するを要す、之か爲め煉瓦製方形爐中に焙焼す其法骸炭を頂上より裝入し焙焼を終らは下方より引出すものにして裝料は毎二時間一〇〇瓩にして毎時五〇瓩を引出すべきを以て、骸炭は長時間爐内に留まるべく從て其得率は約七〇%に過ぎず他は爐内に於て燃焼せらる、若し焙焼を水平レトルト中に行は、原料の損失約二〇%に過ぎざるべきも燃料の多費を要するを免れず。

右操作の後骸炭は尙ほ〇・五乃至〇・七%の灰分を有するものにして其主成分は硅酸約〇・五%、酸化

鐵及酸化鐵アルミニウム〇・一五%及可溶性曹達鹽類〇・〇五%なりとす。

タール骸炭は殆んど上記石油骸炭と同一性質を有し同一方法を以て處理せらる、然れとも其市場に存在するもの甚た少なし。

黒鉛は單に乾燥室内にて乾燥せらるゝものなり、而して天然黒鉛は電極原料として使用せらるゝこと稀にして多くは電極の黒鉛化法(graphitisation)に依りて生ずる人造黒鉛を採用するものとす。

其二 破碎及捏和

原料炭素の如何に拘らす其塊狀をなすものは破碎機ジロー(Shaw)法に依り卵大に碎かれ次にチュウブミル(Broyeur à boulets)中に移され電極製造に當り必要なる密度、多孔質、導電性及傳熱性等を與ふる如く適度の大きさに細碎せらる今其一〇〇粒に就き大小各種粒數の比例を示さは次の如し。

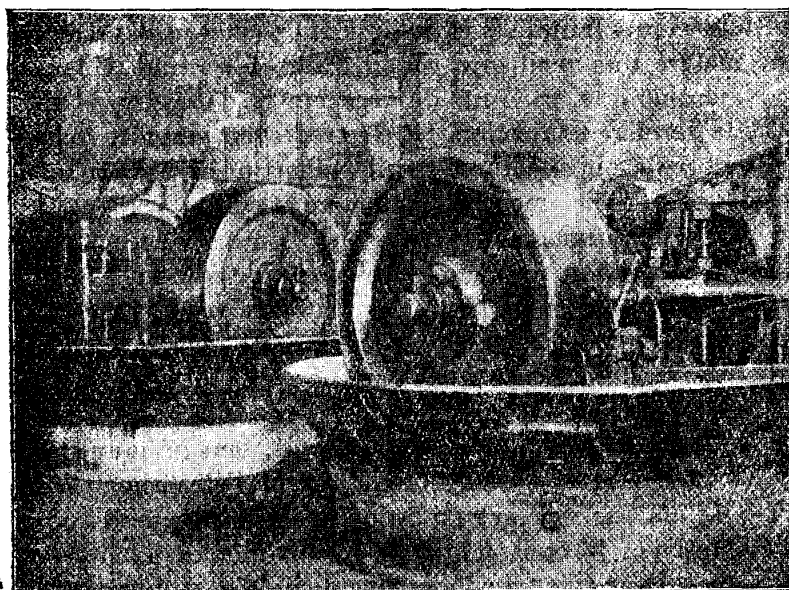
- | | | | |
|-----------------------|------|----------------------|-----|
| (イ)一〇〇番の篩を通過するもの…………… | 四〇粒、 | (ロ)六〇番の篩を通過するもの…………… | 一五粒 |
| (ハ)三〇番の篩…………… | 二〇粒、 | (ニ)一六番の篩…………… | 一五粒 |
| (ホ)八番の篩…………… | 一〇粒、 | | |

右の如く細碎せられたる炭素粒は之を袋に受け次に人力又は機械に依りタールを附加し捏和を行ふ、而して此結合劑たるタールは出來得る限り少量を可とす、往時は使用炭素量の約三〇%(重量)を用ひしも現今尙ほ此量を用ふる工場あり、又は一〇乃至一二%に過ぎざるものあり、要するに高壓を用ひ機械的に電極を製するか如き場合にありては少量にて足れりとし手力又は低壓に依り成形せんとする場合にありては可塑性に富ましむるため多量の結合劑を用ふるを可とす。

機械的に捏和を行ふには翼を有する裝置を用ひタールは豫め乾燥せられ尙ほ蛇管中に水蒸氣を通し之を加熱すへきものとす尙ほ捏和せられし材料は單に地上において之を冷却しチリアンミル(Broyeur à meules)を用ひ粉碎しつゝ其成分をして等齊ならしむ。

某工場にありては蒸氣を以て捏和筒を加熱し捏和物の抽出時機に筒内の溫度をして約九〇度に保たしめ螺旋の作用により捏和物を出さしむるものあり(是等捏和機は約二五〇瓩の内容積を有す)使用すべきタールは適度の流動性を有すべきものにして動電極にありては四〇乃至五〇%の揮

第一圖 粉砕捏和用リヤンミル



發分を許し固定電極例へば電氣爐の爐床の一部を成形するものにありては更に流動性大なるタールにして六〇%の揮發分を許すものとす、要するに是等性質は一一五度に於ける流動性を基準とす但し此性質は亦揮發分の多少に關係するものにして尙ほ流動性の測定には毛細管を應用し又は規定斷面を有するタール板の屈曲度を比較する等の方法に依る、而して其比重の多少は之に關し何等の指示を與へざるものとす。

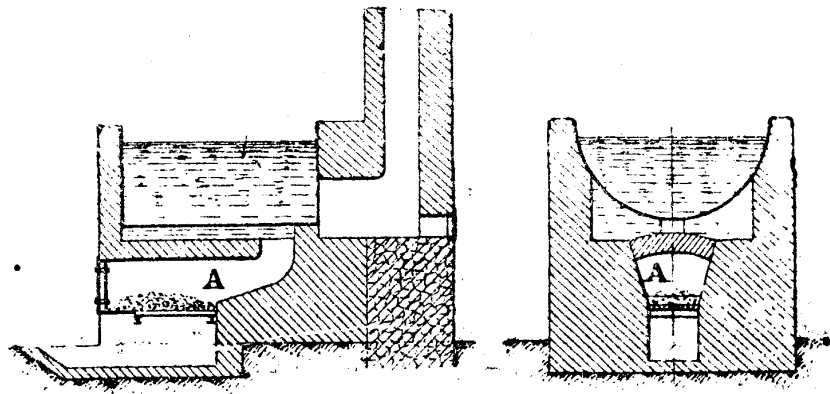
手力に依り捏和を行はんには附圖第二に示す如き設備を要す、之れ機力に依る時は捏和の摩擦熱により外部よりの加熱は之を省略し得へければなり、此際捏和物は圖中Aなる火床によるか又は蒸汽若くは電氣に依り加熱せらるゝものにして尙ほ電氣に依る方法は電極を自ら製作しつゝある電氣冶金工場に於けるか如く電力の安價なる場合に最も適當なる方法なりと

其三 成形及焼上

電極材料は其捏和を終らは之を形成作業に附す、之か爲め鉛管製造に用ふるものに酷似せる壓搾機を用ひ其作用は電氣的又は水壓的に依る(斷面一平方糎上約三〇〇瓩の壓力を加ふ尙ほ捏和材料

す。

附圖第二 電極材料を手力によりに攪拌するに要する設備



は加熱の儘此壓搾機的作用を受けしめ毎時三〇乃至四〇の電極を成形す(附圖第三、第四参照)斯の如き機械的成形は直接に方形又は圓形斷面にして稍々長き電極を成形し得るのみならず其搾型を變化せは同時に多數の電極をも製造し得へきなり然れとも是等成形は水壓機的作用に依り或は最も

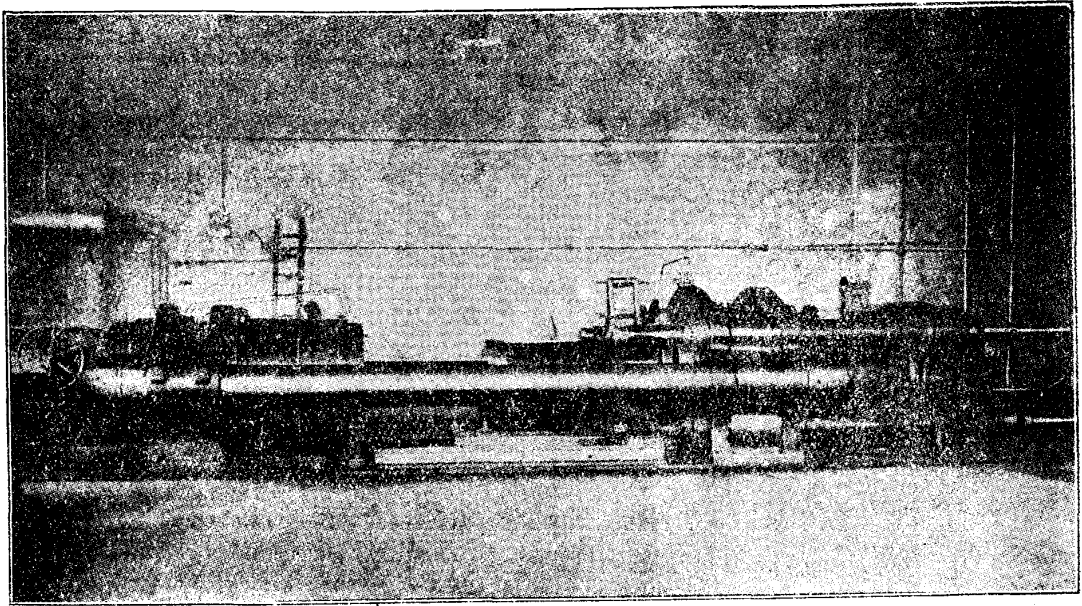
簡単に電氣鏈又は汽鏈を用ゐる又は手力に依り鑄鐵製型を用ひて行ふことあり此際結合劑の配合量は最も多量なるを要す(前掲其二參照)

斯の如く成形されたる電極は生(One)と呼ばれ規定の形狀を有するも使用に當りては尙ほ高溫度に焼上げ以て揮發分を除去し堅硬密實にして所望の導電性を有せしむへきなり、之か爲め一日二日間之を靜置し次て煉瓦燒窯の如き瓦斯爐中に焼上げ以て結合劑たるタールをして炭素分に化せしむへし、此際電極は每室約六個の割合を以て陶器製容器に收容せられ然る後漸次に爐の溫度を高め遂に一三〇〇度に達せしむ燒上爐は隣接せる二室よりなり其内に電極を收容しある陶器製圓筒數個を排列し尙ほ室内瓦斯の循環路を任意變化し得せしむる如く構造しあり。

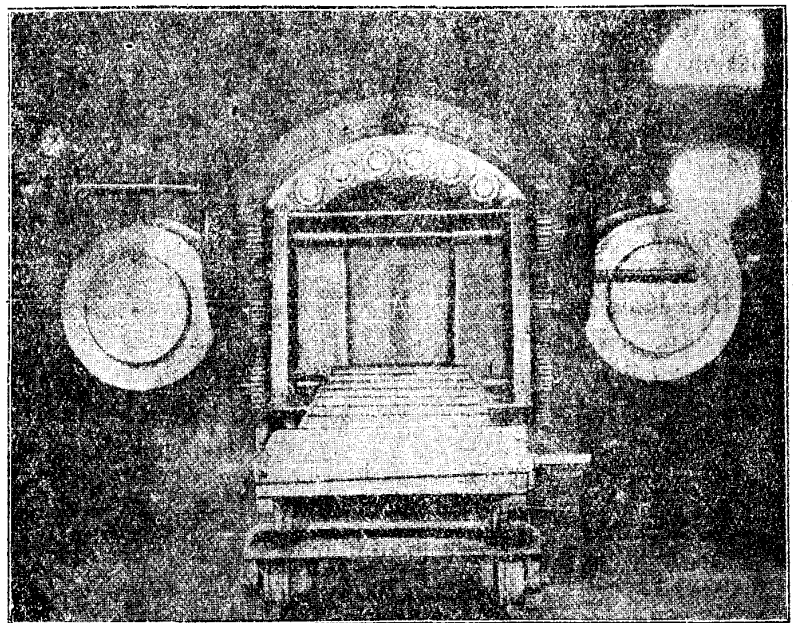
某工場にありては固定火床にして動床を有する燒上爐を使用することあるも前者に比し設備費に多額を要す、然れとも日々の製産量を以て比較せは反て經濟的なるを知るなり普通の目的にはマッフル爐又は冶金用反射爐を應用することあり、此際電極は爐床上に並列せられ覆ふに骸炭粉の一層を以てし更に數廻の砂粉層を以てし之に依り表面の燃焼を防くへきものとす。

電極は八日乃至十日間燒上爐内に保たれ適度と認むれば之を冷却す、此冷却は頗る緩徐に之を行

(圖視側) 機榨壓用形成極電 三第圖附



(圖面正) 機榨壓用形成極電 四第圖附



至高温度に於て無定形炭素をして黒鉛炭素に化せしむるものにして時として最初より之に右作用を助くべき混和物を附加し置くことあり而して此種電極は次に示す如き二種の異なりたる方法に依り製造せらるゝものとす。

其一 ジラール及ストリート法(Procédé Girard et Street)

此方法は佛國カルボース(Le Carbone)會社の創始せしものにして附圖第五に示す如き電氣爐を使用す此電氣爐の主部は炭素よりなる平行六面體を包有せる耐火爐材により成形せられ炭素體には

二九八

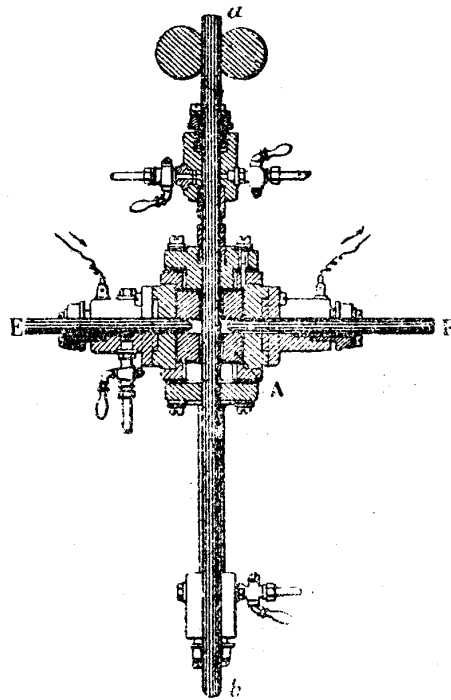
ひ以て電極使用の際破損することなからしむ而して冷却を終らは電極は之を倉庫に格納するか又は之を發送す

斯くして得たる電極の比重は焼上前約一五のもの一六乃至一六五に達し其多孔質は約一八乃至二〇%なりとす

第二款 黒鉛炭素を用ふる電極

本電極製造の要旨は

五第圖附 黑鉛炭素電極製造に用ふる
 ズラ及ストーリト



空部を設け加熱室に供す、爐の軸方向に圓筒形若くは柱狀の一溝を穿ち捏和せし炭素材料を同溝に装入し以てabなる黒鉛體に化せしむるものなり而して此捏和物は規定速度を以て規則正しく爐内を移動すべく尙ほ別に右溝と直交し加熱室に開口せる一溝あり、E'E'なる二電極を保持し以て前記材料を黒鉛に化し且つ之と共に二重の電弧を形成す之を以てabの絶へず移動するに拘らず電弧は常に一定にして其接觸せる部分をして常に至高溫度に保持し且つ加熱室の狹少なるに因り各部の溫度をして同一ならしむるを得へし。

前記abの移動は電動機的作用に依り同筒又は誘導轉子に依り行はれ尙ほ其操業は連續的にして從て黒鉛棒も亦連續的に之を製造し得へきものとす。

其二 アーチリン法(Procédé Acheson)

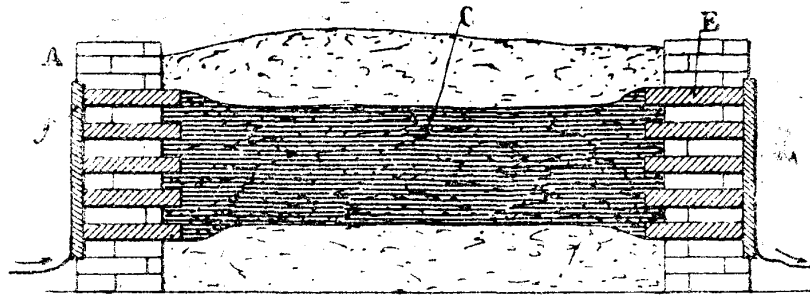
此方法は北米ナイヤガラ瀑布に於て利用せらるゝものにして其要領次の如し。

今電氣爐内に於て無定形炭素(骸炭無煙炭)と酸化物(酸化アルミニウム、硅酸、酸化鐵)との混和物を至高溫度に加熱せは解離し易き炭素は結晶炭素、則ち黒鉛に化しアルミニウム、硅素を遊離せしめ是等原素は再ひ他の無定形炭素に作用し之をして黒鉛炭素に化せしむるを得へし。

實驗に依れば酸化アルミニウムは此種作業に最も有效なるものにして酸化鐵、酸化滿俺及硅酸(砂)等之に次く、實際に於ては是等物質は主要なる成分として已に無定形炭素中に存在すへきを以て是等原料を壓熱的作用を受けしむべく適當なる位置に配置するを以て足れりとす、而して無定形炭素は豫め細碎せられ加熱に對し、抵抗物たるの任務を果し以て電極の形狀を與ふべきものとす而して

此際其斷面一平方糎に就き三〇乃至四〇アムペアの電流密度を以て最も適當なる電力なりとす。
 此際使用する爐は附圖第六に示す如き長さ四乃至六米、幅約一米五〇、高さ約一米二〇を有する大電氣爐にして兩小端面Aは毎回改築せらるゝものにして厚さ約五〇糎を有する耐火煉瓦壁よりなり、尙ほ其中央に鐵板fを有し之れより電極Eを出すこと圖の如く尙ほ各電極は相離隔しあるものとす又電流は鐵板fに連絡せる大電線に依り爐中に供給せらる。

附圖第六、黒鉛炭素電極製造に用ふるチーレン



電極の製造を行はんには無定形炭素電極の場合に於けると同様に先づ原料たる骸炭を細碎し之と酸化物(酸化鐵等)とを混するか、又は單に灰分多き無煙炭を用ひ之を電氣爐内C部に裝置し(其他の部分には粉狀黒鉛を填實す)之に電流を通せは酸化物若くは灰中の酸化物は還元せられ原料中の炭素は解離により黒鉛炭素に比し充分なる時間を與へは全原料をして全部黒鉛化するを得へく、且つ原料中の不純物は製品中に存在することなし何となれば是等不純物は觸媒作用に使用せられ次て揮發し去るを以てなり。

アーチソン氏は六%の灰分を含有する無煙炭を用ひ灰分〇〇三三%に過ぎざる電極を製造せしことを主張せり而して此種電極の佛國電氣冶金工場特にアルミニウム工場に適せざる所以のものは其販賣價格(佛國に於て毎噸約七八〇圓)に因るものにして尙ほ此電極は良導電性を有するに拘らず上記工場に於けるか如く其製造間陽極より酸素を發散する場合にありては無定形炭素電極に比し其保存性頗る大なりとは云ひ難ければなり、之に反し鐵電氣冶金に於けるか如く接觸面の少にして電極の酸化に對し大なる懸念なき場合にありては本電極の價格無定形炭素電極のものと同一なりと看做さは其消費額約四〇

%にて足るべきなり。

黒鉛炭素製電極は概して有利なるべきを以て電氣冶金業の發展と共に佛國にありても自ら此種電極を製造するに至るへし、但し之か製造をして經濟的ならしむるには之に要するエネルギーの大部分を水力により供給せは可ならん。

第二節 性質及用途

電極の物理的性質は之れか使用に當り其取扱に大なる影響を與ふるものにして就中比重、機械的抗力、音響、硬度、密度及電氣竝熱の傳導率は重要な交感を呈す、又工業上の價值は電極原料の純否、原料粉碎の景況、結合劑配合の多少、捏和成形の際に於ける壓力の大小、焼上の方法竝に其化學成分殊に灰分及揮發分の多少に關係すべきものとす。

第一款 密度硬度及表面の景況

電極の密度は一・四五乃至一・六にして之か測定は甚た容易なるものなり殊に大寸度のものに於て然りとす、則ち其全重量を測定し已知寸度に依り其體積を計算すれば可なり勿論此際に於ける密度は假密度則ち結合されたる炭素粒子間の空積は之を考定以外に置きたるものなり、此密度は捏和及成形の際用ひられたる方法に關係す尙ほ密度は電極の機械的抗力に關係し且つ使用せられたる炭素粒の大小に關し稍々正確なる判定を與ふるものとす。

右密度は又電極の一部の重量を已知し測定管(試料の形狀略々圓筒形をなす時)又は密度體積計(*densivolumètre*)試料の形狀不定又は不規則なる時に用ふ)尙ほ *densivolumètre* に就きては *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 一九一二年號一二四二頁參照)を用ひ其體積を正確に知らは極めて正しく其値を定むるを得へし、

眞密度則ち空部を除きたる電極の密度は大に參考となるべきものにして就中之に依りて電極成

分の純否を知るを得へし其測定には試料を比重壘に入れ次に壘中の空氣を除くため水銀柱五耗の眞空を與へ普通の方法に依り約二〇〇分の一の誤差を以て之を算出し得へし。

良好なる電極は甚た硬さを通常とす故に特別なる形狀を電極に與へんとする時其は燒上以前に於て之を行ひ以て工具に依り測定するの困難を避くべきなり、又其表面は可及的等齊にして以て使用の際電氣的接觸を良好ならしむ尙ほ此目的に對し電極を電極保持具中に裝する場合には其表面に附着せる塊粉等を除去するを要す。

第二欸 機械的性質

溫度の急激なる變化に對し電極の破損することあり、此種の脆性は製造の際に於ける缺點に歸すべきものにして往時此種の破損は頻々として生起し操業の遲延を來せしも其損所を正確に知ることは困難なりき、現時にありては例令操業中と雖とも電極の破損せしや否やを定め得へしと云ふ、則ち之か爲め覗視孔を通し鐵棒を爐内に裝入し鐵鎚を以て電極の各部を打撃し因て發する音響に注意し打撃の際良好なる音響を聞かは其部分に缺點なきを知るべく從て此方法に依り正確に破損の箇所を測知し以て修理を行ひ得へし。

黒鉛炭素製電極は無定形炭素製電極に比し牽引抗力少なれとも破損すること少なし、其原因は主として製造間の高溫度に歸すべきものにして尙ほ此際行ふ緩徐なる冷却作業は電極を軟過すると同一効果を與へ以て使用の際に於ける急激なる寒熱變化より生ずる熱的衝擊に對し抗耐するの性質を與ふるものとす、尙ほ此軟過なるものは黒鉛の熱的傳導性を良好にし且つ其性質をして等齊ならしむ、則ち斯の如くすれば電極をして迅速に電極の内部迄溫度を等一ならしめ膨脹及收縮をして規則的に且つ齊一ならしむるを得べく以て電極の消費頗る少にして爐の能力をも増大し得るものなり。

第三款 化學的性質成分及不純物

炭素は還元劑なるを以て熔融狀態に於ける金屬酸化物又は是等酸化物の熔融を開始する際之と作用し不測の反應を生起し尙ほ製品の含炭量をして増大せしむることあり、是等性質は或種の製品に對し炭素電極の避くへからざる缺點と看做さるゝ處なり、之を以て往々精鍊を目的とする電氣爐に於て精良なる金屬よりなる電極を使用することあり、此際若し炭素電極を用ひは一は多少熔銑に與炭するの傾向あり、他は酸化劑たる熔滓の作用を減少し其脫炭作業をして若干複雑ならしむるの恐あり、然れども實驗の示すところに依れば熔滓の熔湯に對する酸化力は電極の熔湯に對する與炭作用に優れるを通常とし從て所望程度に脫炭し得べきものとす。

電極中の不純物は時として非常なる惡影響を呈することあり、殊に硫黃にありては銑の性質を害すへし、而して鐵電氣冶金に於ては電極の消費と共に電極中の硫黃は殆んど全部熔銑中に移り之をして〇・〇〇五乃至〇・〇〇六％の硫黃を含有せしむるに至る尙ほ市中の電極中品位の良好なるものに時として硫黃の含有量一％を過ぐるものあり、次に示せる表は電極の化學成分を示すものにして其第一試料は瑞典 Högaväls Jernstaden 會社の製品より採取し第二試料は獨逸 Phönix 會社の製品より採取せしものとす。

尙ほ右表に示せる灰の化學成分を示せは次の如し。

成分(%)	灰分	全硫黃分	全磷分
第一試料	三九六	一・〇六	〇・〇〇六
第二試料	二八〇	〇・七九	〇・〇〇八

成分(%)	無水硫酸(SO_3)	磷酸(P_{205})	硅酸(SiO_2)	アルカリ	石灰(CaO)	苦土(MgO)
第一試料	〇・九七	〇・三七	四二・〇〇	〇・四五	一〇・二〇	一一・一六

第二試料 〇・四四 〇・六三 三七・八〇 一二・二 六・〇八 二・六二

試料 成分(%) 酸化鐵(Fe_2O_3) アルミナ(Al_2O_3) 酸化滿俺(ZnO) 合計

第一試料 二一・七〇 一九・八〇 〇・三八 九八・〇三

第二試料 二八・〇四 二一・二二 〇・五二 九八・五六

電極は最後に長時間の焼上を行ふに拘らす冷却の際に濕氣として吸收せる以外尙ほ〇・二五乃至〇・四〇%の水素を含有す、而して此濕氣は通常〇・二五乃至〇・三五%の間に變化す次にアルミニウム製造に供する無定形炭素電極分析成分の一例を示さん。

成分	百分數	灰分				濕氣	水素	揮發分	合計
		固定炭素	硫黃	矽酸	酸化鐵其他				
固定炭素	九七・一一	〇・四九	〇・五五	〇・四四	〇・四一	〇・三五	〇・二三	〇・四二	一〇〇・〇〇

尙ほ次表はルイ氏(Ch. Louis)の示せる電極原料として適當なるもの、模範的成分なりとす。

品目	成分(%)	固定炭素	灰分	揮發分
無煙炭	九五・〇		二・五	一・八
石油骸炭	九八・〇		〇・二	〇・八
レトルト炭素	九四・六		三・八	〇・八

第四款 熱及電氣に對する傳導性

炭素電極は金屬電極に比し熱に對する傳導性少なく從て長さ五十糎の電極に於て何等の裝置を設くることなく其兩端に於ける溫度の差をして約一五〇〇度に保たしむることを得へし、多數の實驗者殊にヘーリング(Hering)氏の說に従へは黑鉛製電極の熱傳導性は溫度の上昇に従ひ減少するも無定形炭素のものにありては之を増大すへしと云ふ、尙ほ流水に依り其端末を冷却し爐内に於ける溫度をして一四〇〇度に保たしめたる電極に對し各種電極の比較を數字的に示さんに銅電極を單

44 は一は電極の導電性を増加し尙機械的抗力を増大し得へし。

第五款 電流密度

電流密度としては斷面一平方糎に對し平均三乃至四アンペアを通し得、若し電極に冷却法を設けは特別なる場合には一〇アンペアに迄達せしむるを得へし、然れども此の如き値は通常の無定形炭素電極にして連續使用する場合には許し難き最大値なりとす、然れども黒鉛電極にありては二〇アンペア迄耐ゆるを得へく從て此種電極は至高溫度を要する場合に必要にして殊に小容量の電気爐にして大能力を要求せんとするか如き場合に必要なり。

電極の耐へ得へき電流密度の極限值は其製造の際使用せらるゝ壓力に關係し炭素の分子を緊縮せしむると否とに従ひ上記抵抗の兩極限值間に於て其値を種々に變化し得へきものとす。

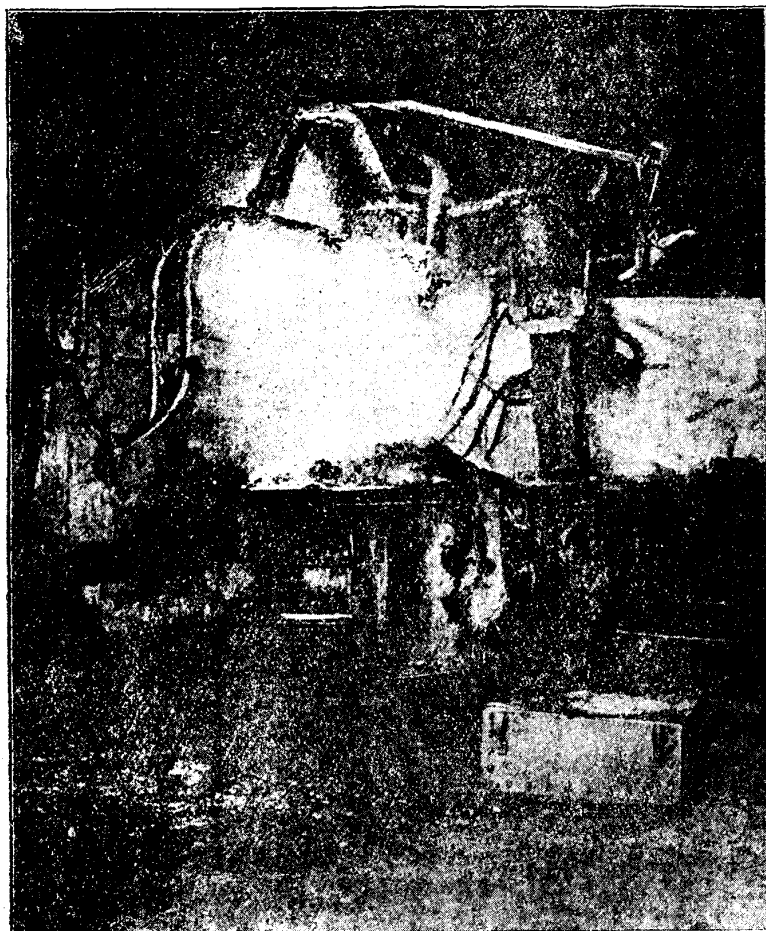
第六款 形狀、寸度數及爐内に於ける位置

電極の斷面には圓形、方形又は矩形等種々なる形を與ふるも其形狀及長さは用途に依り異なるを通常とし、*Ugine* 工場に於ては二八乃至三五糎の中徑を有する圓形電極又は各邊二五乃至三三糎を有する方形電極を採用し其長さ一米六〇八乃至一米八〇なりとす。

上記電極の斷面は爐の構造及操業法に依り異なり大なる斷面を有する電極は以て其數を減し操業をして容易ならしめ得へきも機械的強度を減少し且つ各電極の重量過大となるの恐あり、又電極破損の際熔湯中より其破片を引出す際、熔湯をして冷却せしめ或は製鋼の際にありては熔鋼の炭素量を増大し製品をして損失に歸せしむることあり、之に反し數多の小電極を用ひは各電極に對する電流密度を増大し得るの利益あるも各電極間に某空隙を存置せざるへからず、從て爐の全斷面積を減少し從て日々の製産額を減少せしむ、此際各電極斷面の中徑又は各邊の長さは八乃至一〇糎を超過せしめず尙ほ電極を數列に配置することあり、假令アルミニウム製造の際電極をして各列八乃至

九第圖附

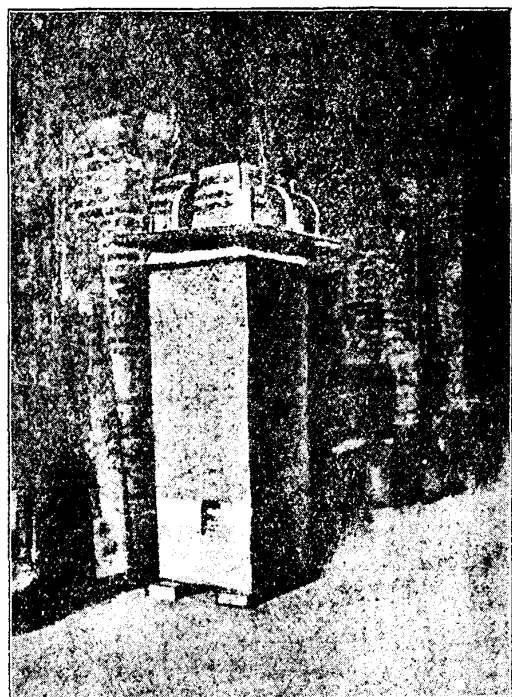
極電形方るふ用に之と爐氣電造製金合鐵



拔
萃
電
氣
爐
用
電
極
に
就
て

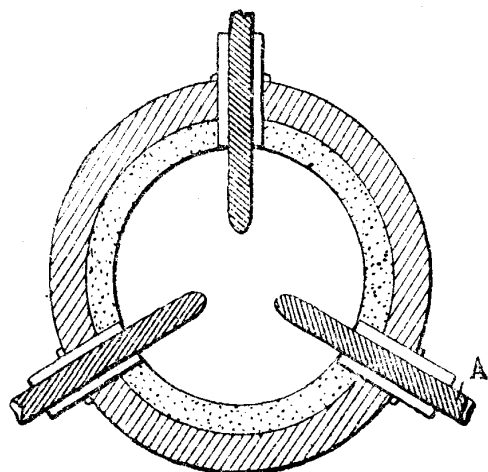
七第圖附

極電形方るらゐ用に場工鐵製氣電



八第圖附

極電形圓形小用爐氣電流交相三



個の二列に配列せるものあり。

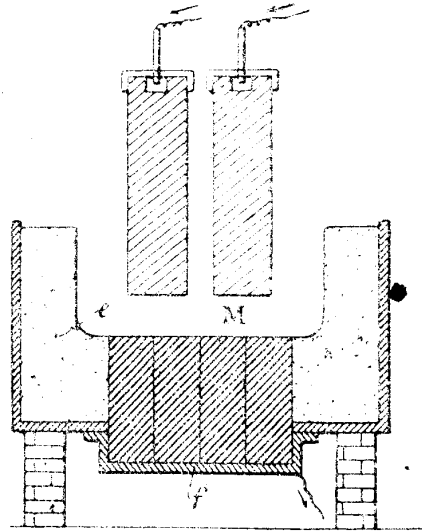
瑞典 Trollhattan に於ける直接鐵鑛の還元
に使用しつゝある電氣爐にありては
二相交流を使用し四極を採用す、附圖第
七は同爐に使用せる電極を示すものなり、
此電極は各邊六六糎よりなるも實は
三三糎方形の四小電極の合成よりなる
ものにして使用の際水平面に對し約六
五度の傾角を之に附與す、尚ほ各電極の
重量は約一三〇〇珎を有し其長さ二米
にして内二五糎は導電部と確實なる電
氣的接觸を與ふるために使用せらる。

九電極よりなる四列
に配置せしめ爐内全
表面積〇・二五六乃至
〇・二八八平方米に對
し三二若くは三六電
極を採用するか如し
又各邊に五糎よりな
る方形電極を各列五

Furn 及び Borm に於て使用せらるゝスタサノ (Stassano) 式電氣爐は三相交流を採用し其電極には附圖第八に示す如く (A は電極) 爐の能力 (五〇〇乃至一〇〇〇馬力) に従ひ同電極三乃至六個を用ひ各電極

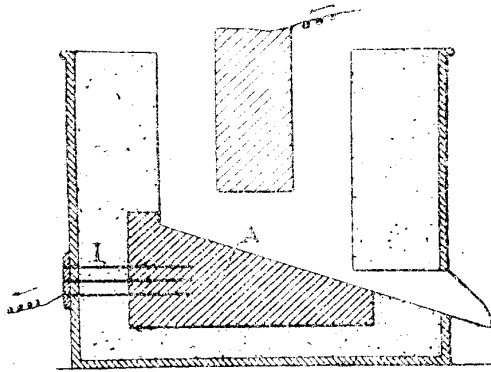
十第圖附

ゝるらひ用に場工ムニミルア
爐極電定固



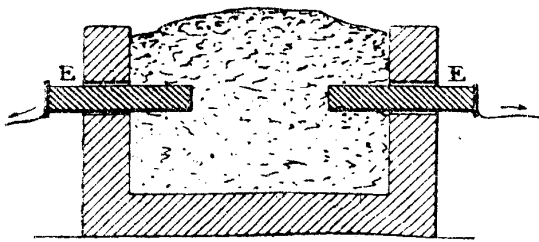
一十第圖附

爐極電定固ゝるらせ用に場工鐵氣電



二十第圖附

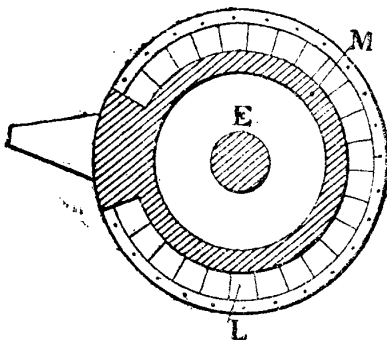
爐抗抵氣電るす有を極電平水



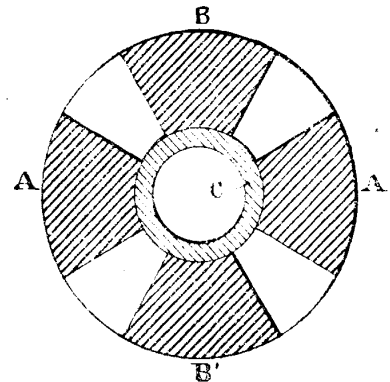
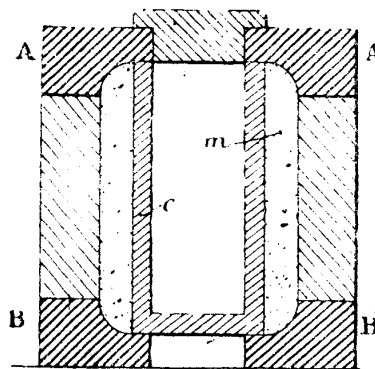
の断面は圓形にして其中徑八糎なり、又使用に際し電極をして水平面に對し約一五度の傾角を有せしむるものとす、鐵合金 (Ferro-alloy) 製造の場合にありては中等断面の電極を賞用す、此際同電極は使用時間の長さに拘らず大電極に比し抵抗の増大少なるの利あり、尙ほ使用間四又は八電極中の一か破損せりとするも同電極のみを交換すれば可なり、然るに大電極にありては此事困難にして且つ多時を

要すへし、則ち上記利益は中位電極の良導電性と相俟つて各所に於て各邊約二五糎の電極四、八乃至一二を採用する所以なり、又電流密度は断面平方糎上四アンペアを用ふること多く電極の長さは從て一七五乃至一九〇米を採用す、固定電極則ち電極を以て爐床を形成するものにおいて附圖第十に示すか如く數個の柱狀電極 M を相互に密接し導電線に結合しある、なる強き鐵板上に位置せしむ尙電極の上部は直ちに爐底を形成せしめ熔湯の通過する其周圍は炭素末 e にて搗固し以て熔湯に對し堅實なる爐底を與ふるものにして斯の如き電氣爐はアルミニウム工場に於て多く採用せられつゝあり。

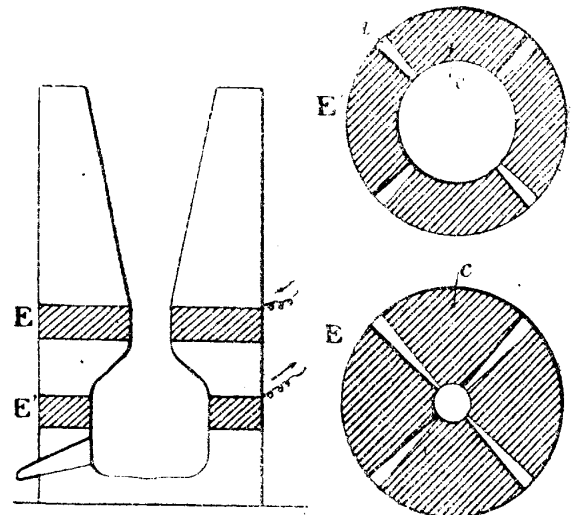
五十第圖附
併をと極電直垂と極電狀環
爐氣電るす用



爐氣電式ーロヂるふ用を極電狀環 三十第圖附



四十第圖附
爐氣電式ーレンコるふ用を極電狀環



ては其電極は之を水平に排置せる一對若く數對の電極よりなること附圖第十二に示せるか如し。

環狀電極は熔融又は合金の製造を目的とする若干の電氣爐に應用せらる、附圖第十三に示せるはチロー (Girod) 式電氣爐にして此種電極を採用するものゝ一例なり、則ち抵抗爐の一種にして電極 A、B、C は炭素より成り二個宛平行に相對し電流をして熔融坩堝 C を圍繞せる半電導體 m に導き以て内容物を加熱熔融す、而して此爐は特にヴァナヂウムと鐵とを混熔しヴァナヂウム鐵を製造する場合に使用せらる。

コンレー (Conley) 式電氣爐にありては附圖第十四に示すか如く電極 EE' は爐壁内に挿入せられ各々四個の部分 C よりなり耐火物にして、且つ導

往々にして右電極は附圖第十一 A に示す如く一塊よりなることあり、此場合にありては同電極を成形せる爐床全部は之を焼上爐内に移し其初期に於てタール蒸汽の發散せざる如く之を焼上くへく又右電極中には通常工字を以て示す如き導電桿を挿入し置くものとす。

電氣抵抗爐假令ばカーボランダム等の製造に用ふる電氣爐にあり

48 電體(黑鉛末よりなる)により組立らるゝものとす。

鐵鑛石の還元用ゐらるゝエルー(Héroult)式爐の一種に附圖第十五に示す如くMなる全く環狀をなせる電極を用ひ、其外部を耐火物料を以て保護せるものあり、此電極は同時に爐底を形成す然も其高さは爐内に裝入せる原料を通して行ふ電流の通過をして充分確實ならしむるため適度に之を制限しあり、又他の電極Eは圓形にして垂直に裝備せらるゝものとす。

最後に吾人は製鐵電氣爐に於て燃料自身か電極の用をなすものに就き述べんとす、則ち此爐は二個の固定電極を有し其一は爐底に設け他は爐底上適度の高さに位置せしめ還元劑たる炭素をして處理すへき鑛石に電流を傳へしむるものとす。

第七款 長さの算定

電極たる炭素の長さを増加するに従ひ電極の過短排棄に附すへき量を減し得へきもヂュール(Joule)の法則に基く熱量の損失大となるへきを以て各々用途に應じ適當なる電極の長さを決定せざるへからず、而して適當に選定せられたる此長さを稱して經濟的電極長と呼ぶ、而して其長さは次に示す如くルイ(Louis)氏公式に依り容易に求め得るものとす。

$$\text{經濟的電極の長さ } l = l_0 + \sqrt{\frac{2000 S^2 d l_0}{a r I^2}}$$

但し l = 過短となり交換を要する時の電極の平均長

S = 電極の斷面積

d = 電極の密度

l_0 = 毎時消費さるゝ電極の平均長

l = 毎坩に對する電極の値と過短電極の價との差

a = 使用電力 1 K. W. H. の價

r = 電極の抵抗

I = 電流の強さ

(算例) 今 $l=50$ 吋, $S=400$ 平方吋 及 $I=2000$ アンペアなる時の經濟的電極の長さを求めんに

$a=0.01$ フラン, $r=0.0006$, $k=0.5$ 吋(各製造所の實驗値を用ふ), $d=1.5$ 及 $b=0.004$ フランとすれば

$$l = 50 + \sqrt{\frac{2000 \times 400^2 \times 50 \times 1.5 \times 0.5 \times 0.004}{0.01 \times 0.006 \times 2000^2}} = 1.91*$$

(未完)

◎ ニッケル鋼に就て

By Denison K. Bullens

ニッケル鋼 ニッケルは現今製鋼上合金として使用せらるゝ普通の金屬中、最初に用ゐられし元素なりとの稱あるは敢て過言にあらず。元來此の金屬を合金すれば、普通壓延せる構造用鋼に優る強度及靱性を鋼に附與するのみならず、之か調質法の如何に據りては鋼の特性を大に發揮せしめ其の價値を昂上し得るを以て、ニッケル鋼は冶金界に於て各種の合金鋼中首位を占むるなり。

然れども實際ニッケル鋼の使用に伴ひ發生する主なる困難は、往々薄片狀の組織を増長し割裂を生し易き傾向あること之なり。而も其の製造及壓延に留意し、過大なる熱體即ち地金を製することなく、地金の底部より三分の二に當る部分迄を完成品と見做し制限するときは、管狀の瑕疵竝に組織の分離は當然防遏することを得て、幾多の用途に適する優良品を生ず。

ニッケル鋼を適當に調質するときは、著しく良好の機械的性質を求むることを得、特に合金鋼中之に匹敵するものなく、亦表面健淬を施すに適せり。