

鐵及鋼水素分析裝置 (第1報)

ガス分析裝置

宗宮 尚行*

APPARATUS FOR THE DETERMINATION OF HYDROGEN IN
STEEL & IRON BY THE VACUUM HEATING METHOD, (I).
MICRO-ANALYSIS APPARATUS.

Takayuki Somiya

SYNOPSIS:—The present report is a part of the research on the apparatus which has been used for the determination of hydrogen in steel and iron by the vacuum heating method (K. Tawara, Journal, Iron and Steel Institute, Japan, XXV, 413, 1939). In the present report, the apparatus for micro-analysis of the gas sample was described. It was especially designed for analyzing 0.01 ml hydrogen and consists of the 10.1 ml burette graduated in 0.05 ml, three absorption pipettes, an explosion pipette and an oxygen generator. The upper part of the burette is a capillary of 1.5–2 mm bore and had a capacity of 0.1 ml, graduated in 0.01 or 0.02 ml.

序

鋼が水素を吸蔵すると脆くなる事は 60 年も前から認められ研究せられて來たが特殊鋼が盛に使用せられるに及び水素が色々の缺陷を與へる事が知れ白點の水素説まで唱へられるに至り茲に著しく注目せられる様になった。鐵は常に水素を含み其の量は 0.0001~0.003% で大體原子状態で存すると云はれ或る種特殊鋼に於ては化合物を形成して居るとも云はれて居る。

日本學術振興會第 19 小委員會では昭和 11 年 11 月 28 日水素分析を簡單なる裝置にて容易に實行しうべき方法を研究する事となり種々審議をした。その結果本邦の現状では真空加熱法が用ひられ易く適當な方法であると云ふ結論になり著者がこれに使用する工業分析裝置を研究製作する事になった。本報告は水素分析裝置の一部であるガス分析裝置に關するものである。

真空加熱法と真空熔融法

水素の定量は鋼中の全ガス成分の定量と關聯し古くから研究せられて來たが満足な結果が得られて居らぬ。これは水素が極めて微量であり又極めて逸出し易い爲であると思はれる。

鐵及鋼ガス分析法に關する文獻は日本學術振興會第 19 小委員會各報告に詳細に記載せられ水素分析法に就いても

論ぜられて居る。各種水素分析法のうちまづ考慮すべきものは真空熔融法と真空加熱法である。真空熔融法は高真空に於て黒鉛るつばに試料を入れ 1,500°C 以上の温度で直接熔融し發生する酸化炭素、窒素、水素を抽出分析するので主として酸素分の定量を目的としたものである。水素をも同時に定量し得ると云ふ報告があるが未だ定性の程度である。真空加熱法は高真空に於て試料を 1,000°C 或はそれ以下の温度で加熱し放出ガス(大部分水素)を抽出捕集し分析裝置に送り分析する方法である。これは從來研究の程度で使用せられ未だ一般の工業分析法として確定して居らぬ状況である。次に高温高真空分析法に用ひられて居る裝置各部分の方式を分類して纏めれば下記の如くなる。

試料加熱…… (1). 金屬線抵抗爐(真空加熱法)
(2). 炭素抵抗螺旋抵抗爐(真空熔融法)
(3). 高周波爐 (")

ガス抽出……水銀擴散ポンプ

ガス捕集…… (1). 開放式水銀滴下ポンプ
(2). 密閉式水銀滴下ポンプ
(3). テツペラーポンプ
(4). ポンプを使用せざる場合(容量法に依り恒容の下で壓の變化を測定しガス分析を行ふ場合と重量法に依りガス分析を行ふ場合とある)。

ガス分析…… (1). 容量法 { (イ). 恒壓法
(ロ). 恒容法 }
(2). 重量法

最近の參考裝置 H. Strauch u. P. Oberhoffer;
W. Hessenbruch u. P. Oberhoffer; H. Diergarten,

* 東京帝國大學工學部工業分析化學研究室

R. Castro u. A. Portvin; F. Williams, G. Thauheiser u. H. Ploun (Stahl u. Eisen, 1925, 45, 1559; Archiv. Eisenhüttenw., 1, 1927/28, 583; 2, 1928/29, 813; 6, 1932/33, 189; 9, 1935/36, 555; 10, 1936/37, 193, 11, 1937/38, 81, 257). 等の装置が本研究の参考となるのであるがいづれも微量ガス分析用としては大型に過ぎ微量ガスの取扱に不便であり誤差を生じ易い構造の個處も多く研究すべき幾多の問題が存するのである。本邦に於ては日本學術振興會第 19 小委員會の矢島, 小林, 依, 荒木, 二階堂, 川上, 柴田其他(日本學術振興會第 19 小委員會各報告)の報告がある。

水素の工業分析装置

著者はまづ水素分析装置全體としての方式並に各部分の方式を決定し次に之等を組立てるに當り従來行はれて居る前記各方式の装置を比較研究し各委員の意見を取り入れ之に種々新しい工夫を施し更に最近長足の進歩をなしつつある高真空及高温度に関する高級技術を高度に應用し茲に真空加熱抽出法に依る學振型工業分析装置を確定したのである。

加熱爐 試料を 800°C 邊で加熱すれば水素は全部放出せられるから試料を石英管に入れニクロム線抵抗爐で加熱する事にした。

抽出ポンプ 試料から早く且つ完全にガスを抽出するにはガスの分壓を出来る限り低くする事が必要である。水銀擴散ポンプは低壓で排氣速度が大であるから本研究に都合がよい。

捕集ポンプ オールザット式の水素分析装置を使用し一氣壓下に於ける容積變化を測定しガス分析を行ふのであるから抽出ガスを一氣壓にする必要がある。この目的に水銀滴下ポンプ又はテッペラーポンプを使用して居る。水銀滴下ポンプを用ひる時はガスが完全に捕集せられたか否かが直ちに指示せられるから大變便利である。これに開放式と密閉式とあり開放式は下方の水銀槽の表面が大氣に接して居る。何れも自動的に水銀を下方にある水銀槽から上方にある水銀槽に吸ひ上げ次に落下管を落下させる。その際抽出ポンプより來たガスは水銀滴の間に挟まれて落下し下方の水銀上に集まる(開放式ではガス捕集管は下方の水銀槽中に立て置く)。落下した水銀は再び上方の水銀溜にポンプで吸ひ上げられ常に循環してゐる。開放式は構造が簡單で修理も容易で又操作も樂である。然し一氣壓の下にガ

スを集める爲落下管の長さを 76 cm 以上にする必要がある。従て装置の高さが長くなる。これに反し密閉式は巧妙に出來てゐる装置が外氣と絶縁し減壓の下に働きの一氣壓より小さい壓のガスを捕集する。従て装置は低くなる。然し装置の各部分が融着せられ構造が複雑で一部分の取換へが不可能で修繕が難かしい。又操作も容易でない。以上の諸點から著者は開放式の水銀滴下ポンプを採用するがよいと考へた。

ガス分析装置 オールザット式の水素分析法は化學者に親みのある工業分析方法であるからまづ之の方式を採用する事にしその構造や精度をよくする研究を行ふ事にした。

其他 上記の外真空油ポンプ, マクレオッド真空計, 爆發ピペット發火用ハンド・マグネット, 電氣爐温度調節装置, 温度計其他の附屬器具を必要とす。市販マクレオッド真空計は不正確なるを以て特に研究室にて製作した。

配列 以上各部分の装置を適當に配列し組立て、水素分析装置を完成した。

ガス分析装置

ガスビュレット, 炭酸ガス吸収ピペット, 酸素吸収ピペット, 爆發ピペット, 酸素發生器, を適當に配列して氣密に連結する。操作が容易で正確に分析し得られ又取外し組立てが容易で掃除が簡単に出來なければならぬ。微量ガスを分析するのであるからビュレット, ピペット, の構造やコック, 接手, の構造磨合せ等細部に亘て特別に注意を要し又コック, 接手, の數が出来る限り少きを望むのである。

之等の配列は色々考へられるが, 其の十數種に就き比較研究し結局第 6 圖 (A-5) の配列とし之を木板上に取付けた。分析すべきガスは乾燥状態で捕集装置に集められて居るのであるからまづ之を爆發ピペット r に導き水にて飽和させてガスビュレット u に移し其の容積を測定し次に吸収ピペット s を使用し CO_2 , O_2 を吸収定量し(之等を含ませる時は直ちに酸素を混じ)たる後酸素を混じて爆發せしめ常法に従ひ水素, 一酸化炭素, メタン, 窒素を求むるのである。酸素發生器の位置は後記の如く色々あるが研究の結果第 6 圖 (A-5) の q の位置が良い様である。本装置に於ては微量ガス分析装置としてオールザット式を採用せるも之が將して適當であるか否かは將來更に研究する必要がある。

毛管の太さと内徑 内徑は最初 1.5 mm のものを使用した。内徑はなるべく小さい方が良いが餘り細くするとコック

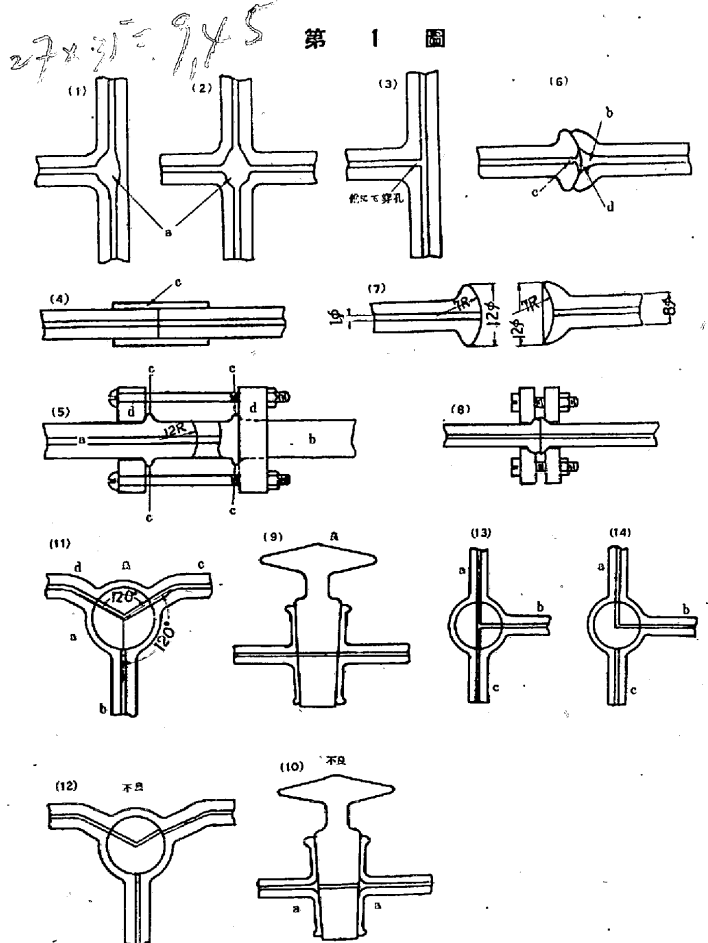
クの製作が著しく困難となり又水銀やガスの通るのに抵抗を受けるので1.0mmを採用した。これならばコツクの隅等にガスが残ても極めて少量で実験上無視し得る程度であらう。外徑は接手の関係上最初12mmと10mmを採用して居たが太過ぎてコツクの製作上不便であった。然るに接手の構造を改良したので外徑の大なる必要がなくなり従て手頃な約8mm毛管を使用する事が出来る様になった。

丁字形及十字形毛管 之等の形状の毛管を使用すると装置が便利になるが熔接個所が第1圖(1)及(2)のaの如く脹らみ水銀でガスを送る際この處にガスが残る誤差の原因をなすのである。これはガラス細工上止むをえない事であったが種々工夫の結果毛管を棒の如く考へ丁字或は十字形に融着したる後錐で穿孔する事によりこの缺點を除く事が出来第1圖3に示せる如き良好のものを得た。

球面磨合せ接手 微量ガス分析装置各部分の接続部の構造は取外しや組立てに便利であると同時に第1圖(6)のaに示せる如き空間が出来てガスが溜る事は工合がわるい。従てまづ毛管を切断しよく磨合せて接触せしむる案が考へられる。これに平面接觸と球面接觸との場合がある。いづれにしても接続部が關節の如く多少屈曲しうると装置を組立てる際便利である、然るに平面接觸に於ては管孔を一致させる爲に第1圖(4)に示せる様に管cを其の外側に嵌めなければならぬ。之は甚だ工合が悪い。之に反して第1圖(5)に示せる如き球面接觸とするとa及b兩毛管の軸が多少曲て居ても管孔が喰ひ違ふ事がなく又装置の組立てにも便利である。接觸部を氣密にする必要上接觸面をなるべく廣くする意味で外徑10~12mmの太い毛管を使用し約12mm Rの凹凸球面に磨いた。接觸面を締付ける方法として第1圖(5)の如く毛管に2個の突起cを付け鏢dを用ひ小ネジeで締付けた。金屬製鏢はガラス管を破損せしむるのでエポナイト、パークライト、ファイバー製を用ひたがファイバーが最も良好であった。又突起cの代りに之をリング状にしたものも試みた。いづれにしてもcc'間の距離が大になりがちであり且破損し易く又氣密も充分に保てず使ひにくいのであった。磨合せ面を廣くし氣密をよくする爲に外徑の大なる毛管を使用するとコツクの取付けが著しく困難となるのみならず種々細工上不便の點が出て来る。依て研究の結果細い毛管を使用し接觸面を大にする爲に第1圖(6)の如くした、然るにガラス細工のことゝて管孔がcの如く狭くなり或はb如く廣くなり或はaの如き空間を生じて

こゝに氣泡が残り分析が不正確になるのである。然しこの缺點もガラス細工が進歩して除かれた。又接觸部分の肉盛り程度形状並に接觸面の彎曲に就ても大小種々なるものを試作研究した。球面半徑に就いては12, 8, 7, 5mmを試作し約7mmが使用上便上便利であり丈夫であるので之を採用し終に第1圖(7)に示せる接手を完成した。その締付けには第1圖(8)の如く硬質紙(徑32mm厚6mm)を2枚接続部の左右に置き3本の小ネジ(徑3mm長18mm)で締めつけると磨合せ面は密着し極めて良好であった。

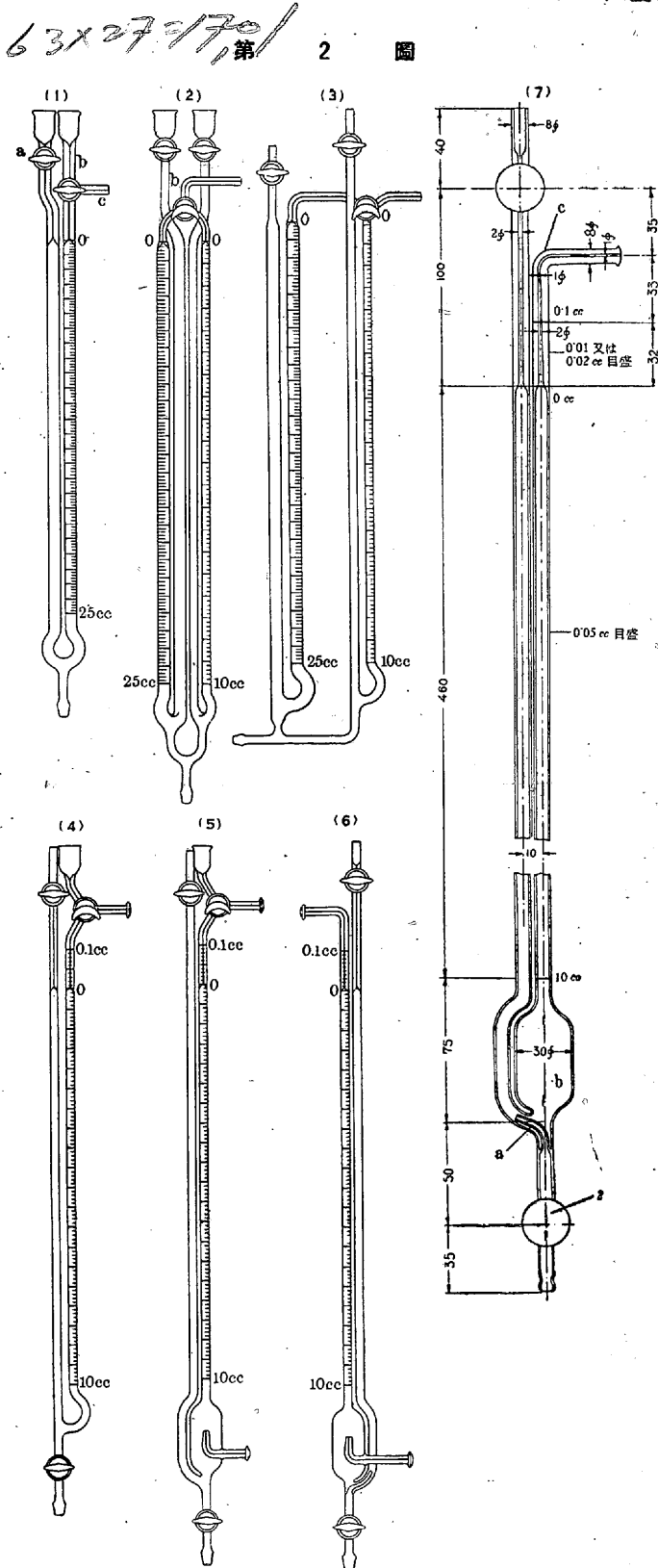
毛管コツク 市販毛管コツクは第1圖(10)aの脹らみがありガスを水銀にて移動させる際氣泡が残り使用する事が出来ない。充分注意すると一方コツクは満足なものを製作する事が出来たが三方コツク殊に第1圖(11)の120°三方コツクになると製作が困難でコツクの栓套aにつける毛管b, c及dの中心線がいづれも同一平面上にあって而も各々が120°をなすものは中々出来難い。全く熟練に依る外はない。120°三方コツクは毛管b, c及dの外徑が大になる程製作が困難となるのであつてこの外徑は磨合せ接手の大きさに支配せられる。現在磨合せ接手の製作が進んだので毛管の外徑を8mmまで細くする事が出来た。



この 8mm の場合は栓の中央部の径が 17mm 栓套の長 42mm で第 1 圖 (9) に形狀を示した。第 1 圖 (10) 及 (12) は不良コックの例である。三方コックはガス分析に常に使用し重要である。最初第 1 圖 (13) のコックを使用した が a, b, 及 c の三方を同時に流通させる必要がほとんどなく a, b, c のうち何れか 2 方を連絡すれば足る場合が多い。第 1 圖 (14) とすれば a と c が連絡出来ぬし a b 間及 b c 間のグリース塗布面が小さいので漏る虞がある。結局 (11) 120° 三方コックが遙に便利である。特に後述の吸収ピペットや酸素の分取コックに使用して好都合である。

ピュレット ピュレットの形状は分析するガス量、精度及分析装置各部分の形状とその組合方式に支配せられる。鋼中の水素分析法では多量のガスを分析する場合と極めて少量のガスを取扱ふ空実験の場合とがあるので容量の大なるピュレット (25cc 以上) と小なるピュレット (10cc 以下) との 2 種を同時に取付くべく種々工夫した。然し構造が複雑となるに過ぎなかつた。第 2 圖 (1) のピュレットは容量 25cc 最小目盛、0.1cc、目盛部分の長さ約 40cm である。精度が悪く少量のガスの分析に用ひ難いのである。精度をよくするには管を細くして長くすればよいが自ら極限がある。従て (2) (3) の如く 25cc 及 10cc の大小 2 本のピュレットを並べたものを試作した、處が各委員の意見は 10cc で足るとの事であつたからピュレットの容量を 10cc と定めピュレット (1) を改良しその上部に特別の工夫を爲し極めて少量のガスの分析も行ひうる様にした。第 2 圖 (4) (5) 及び (6) はこの數例である。(4) は (2) を小型にし下方にコックを設け上部にある普通の三方コックを 120° 三方コックにかへ (5) は装置の組立及び分析操作を簡易にする目的で爆發用酸素及び分析ガスをピュレットの下部より入れる事を試みたもの、(6) は下部に平準球のゴム管から空気が入るのを防ぐ工夫をなし、分析後のガスを排除する口を除いて簡単にしたものである。この外色々研究し最後に完成したものが第 2 圖 (7) でピュレットは内径約 5mm であり、目盛を施したる部分の長さ約 40cm で最小目盛は 0.05cc である。ピュレットの上端には内径 1.5~2mm で全容量 0.1cc の毛管を附し 0.01~0.02cc の最小目盛を施したから 0.001~0.002cc 迄目測する事が出来る。従て従來の装置より遙に精度が良くなり全ガス量が 0.1cc でも正確に分析しえられ又全ガス量 0.01cc でもその中に含まれて居る水素量を大略知る事が出来る。ピュレットの下端はゴム管に連結し水銀を出入させるので之を上下する際

空気が入る虞れがある。従てピュレットの下端を幾分彎曲せしめて之を防いだが不完全であるので第 2 (7) 圖 a の如く特別の工夫を施しゴム管より上昇して來た空気を側管に導く如く改良した。更に操作の便宜上コック②を附した。又ピュレットの下部を球状 (b) にすると操作上殊にガスの多い場合に好都合である。ピュレットの上端 (c) の位置に



三方コックを附する時は分析終了後ガスを排除するに便利に考へられたので試験したが左程利益なく寧ろコックの數を増す事になるので廢止した。

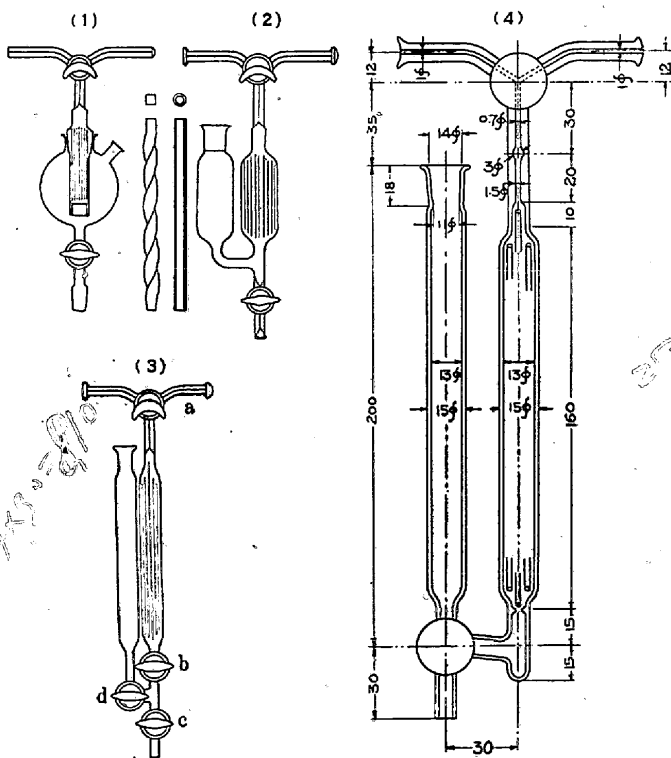
吸収ピペツト ガス吸収ピペツトとして最初に試作したものは球狀で容量約 100cc のものであつたがガスビュレットの容量を 10cc と定めたので之に相應してピペツトの容量も小さくし約 15cc となし取扱ひに便ならしむると同時にガスが溶液に溶解して誤差を生ずる事等をなるべく防いだ。第 3 圖 (1) は容積約 100cc, (2) は約 50cc のピペツトである。(3) はこれを小型にし且つ少量のガスの場合も吸収が早く進行する様に吸収管の上端を多少細くしたものである。最初下部のコックは第 3 圖 (3) の c みであつたが更に 1 個 d (或は b) を附した。ガスをピペツトからビュレットに戻す時コック d (或は b) の調節に依り適宜に徐々に送り出し液面を適當な位置に容易にとめる事が出來て極めて有効である。次に b と c のコックを一緒にし c の位置に直角三方コック 1 個を置く事にした。即ち第 3 圖 (4) の如く置いた。この位置に置く時はコックの具合が悪くなり空気が漏れてピペツトに入る事あるも分析ガスに混じらない利點がある。又コック c を閉ぢピペツト内を減壓にする時は上部毛管中に残れるガスの量(極く少量であるが)を更に減少せしむる事が出来るし吸収液に溶解せるガスも回収する事が出来るので分析誤差を一層小さくする事が可

能である。上部毛管の内徑は最初 1mm を採用したがなるべく細くし残るガスの量を小ならしむる必要上 0.7mm とした。この様な細さになると吸収液面を毛管の途中で適當な位置にとめる事が極めて困難で溶液が上部コックに流入し易いのである。従て圖示の如く徑 3mm の球狀部を設け常に液面をその中央にとどめ吸収液が上昇しコックに入らぬ様にした。又吸収管下部の突出部 d は水銀溜であつて落下した水銀がコック d に行きコックの孔を塞がぬ様にした。又 d とコックとを連結する管は多少傾斜せしめ水銀がコックの方へ流れぬ様、又空気がコックから入り吸収管に行かぬ様にした。吸収ピペツト内には 7 本の厚約 0.3mm 徑 3~4 mm のガラス管を充填し、吸収液と外氣とは流動パラフィンで側管内の液面上に入れ遮斷した。

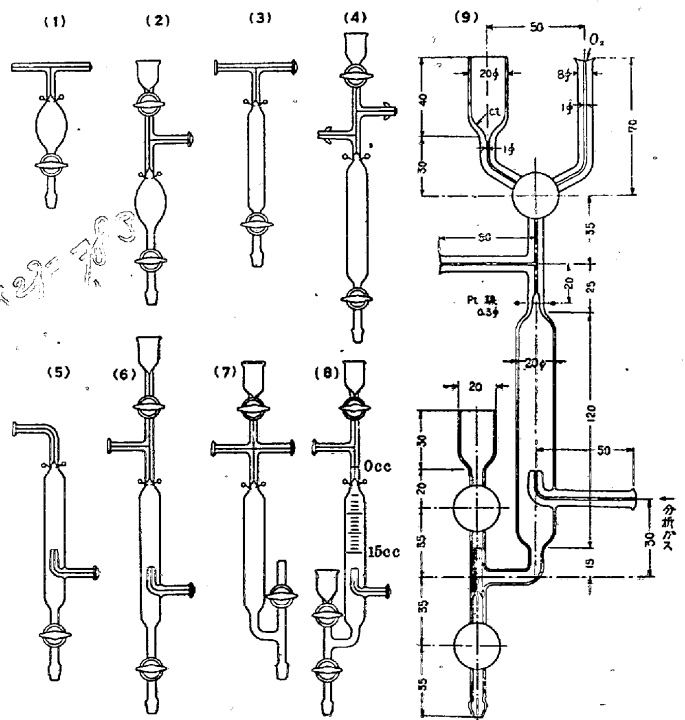
爆發ピペツト 窒素の多量混入する場合に爆發ピペツトを使用し水素を定量する時は窒素の酸化物を生じ不正確になるが、本分析に於て取扱ふガスは大部分水素で窒素が尠き場合であるから簡単な爆發法を採用する事にした。

爆發ピペツトは極く少量のガスをも爆發させ得るもので簡単な構造であることが必要である。その形狀はビュレット、吸収ピペツトとの組合せ位置殊に酸素發生器との連結方式で第 4 圖の如く差異を生じて來る。第 4 圖は當研究室で試作したピペツトの數例である。第 4 圖 (4) とすれば毛管の處が破損し易く、(7) とすれば十字形の處が製作困難となり、中々簡單で丈夫で目的に適した構造のものがえられ

第 3 圖



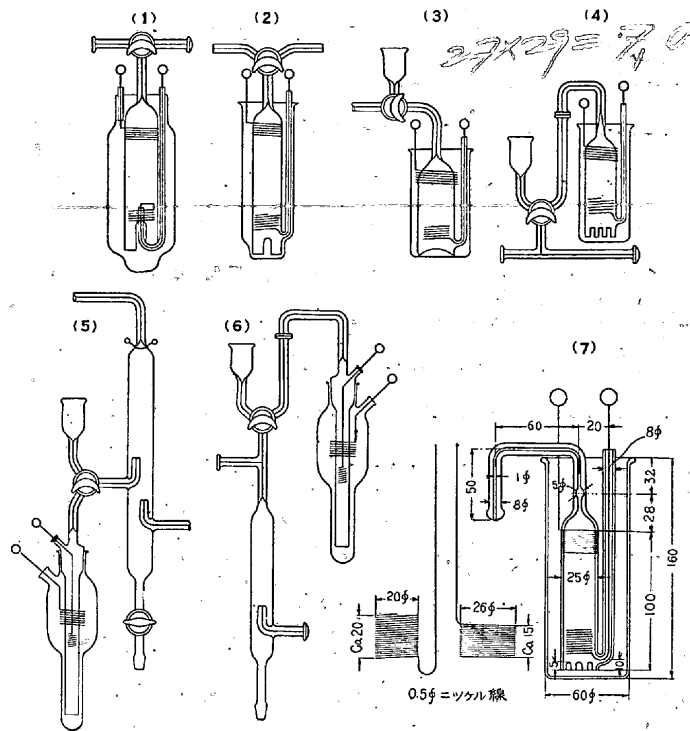
第 4 圖



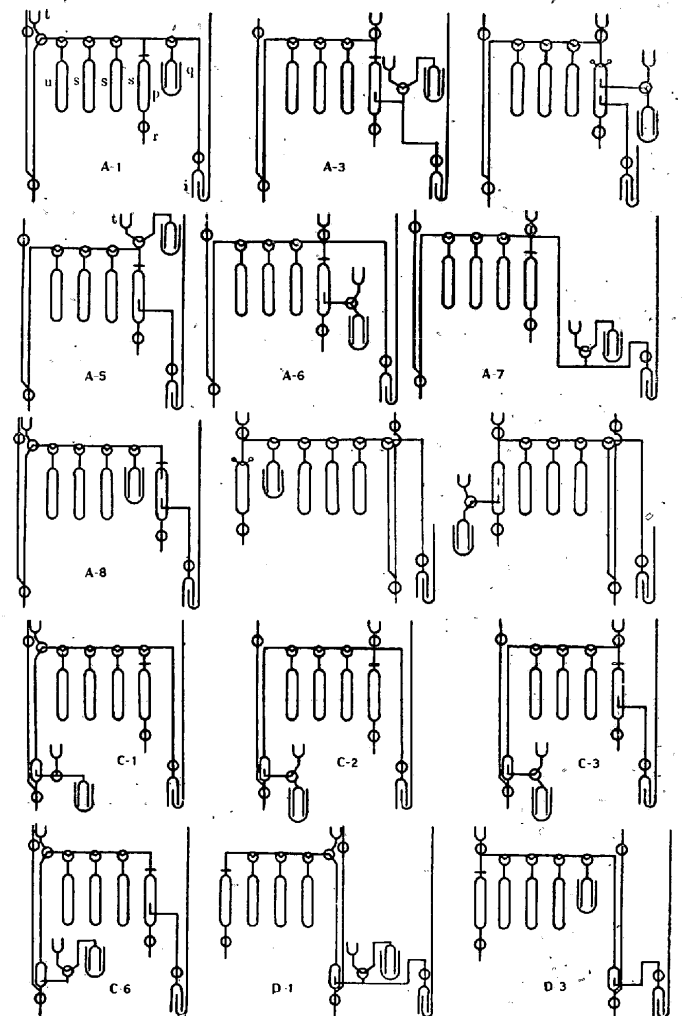
なかつた。色々試作をなし又装置の他部分との組合を研究し最後に(9)を完成した。(9)のピペットに於ては酸素発生器を上部120°三方コックの右上の毛管に接続させ分析後のガス排除口を左上に取付けた。三方コック下の丁字形毛管の處にガスが溜らぬ様に製作する事は從來不可能であつたが前記の方法に依り漸く成功した。分析すべきガスはピペットの圓筒部下部へ側管を圖の如く取付けガス捕集器より移しとる事にした。下部コックの位置が(6)のピペットの如く圓筒部の直下にあると水銀平準球を上下する際ゴム管内の空氣が入り又コックの取扱ひが悪るい時コックから空氣が入る事があるので(9)の左下部に示せる如き特別の工夫を爲し之を防ぐことにした。ピペットに點火用の白金を封入する位置及其附近の形狀に特に注意し混合ガスが0.02ccの如き僅な場合でも爆發しえらるゝ様に製作した。然し爆發ピペットの構造は尙相當複雑で破損し易い缺點があるので目下研究中である。

酸素発生器 水素爆發用酸素は電解にて發生させたものを其儘使用する事にした。其精製法に就ては將來研究の豫定である。分析装置を組立てるに際し、装置を出来る限り簡単にし、分析ガスの通路に當るコックや接手をなるべく少くしたいので酸素発生器の位置が一番問題になるのである。その位置を分類すると(1)各種の吸収ピペットと並べて置く方式、この場合ピュレットと爆發ピペットの間に置く場合と之等の外側に置く場合とある。(2)ピュレットの下部球狀へ側管を付し送入する方式。(3)爆發ピペットの圓筒部へ設けた側管即ちガス捕集装置より來る分析ガスの送入管の途中に酸素発生器送入管を取付け分析ガスの送入管を通して酸素を爆發ピペットに入れる場合と、爆發ピペットの圓筒部に分析ガスの送入管と平行して酸素の送入管を別に取り付ける場合がある。酸素発生器はその位置に依り酸素を送る毛管やコックの位置が定まる。最初第5圖(1)を試験したが普通の三方コックでは栓孔に酸素が残り工合が悪るいので120°三方コックに改めた。酸素に水素が混入する事を防ぐ爲に陰極(ニッケル線)を液面直下に陽極(ニッケル線)を槽底のすぐ上に置き出来る限り離し又酸素が過剰になつた時之を槽外に穩に導く爲枝管b(第5圖(2))を取付けた。このb管の中に陽極導線を入れた。尙從來の發生器はどれも大き過ぎるので之を小さくする事にした。前記位置(1)の場合に使用する第5圖(1)及(2)の構造は酸素を所要量分取するに手数を要するので發生器(3)及(4)を製作し前記位置(2)及(3)の場合を實驗せるに位置

第 5 圖



第 6 圖



(3) 即ち爆發ピペットへ酸素を入れる方式が便利である事が知れた。この方式に於いては一方で捕集ガスをピュレットに移して容積を測定し他方で爆發ピペットに所要量の酸素を分取し、次に之をピュレットに送り混合して全容積を容易に測定しうるのである。従てこの目的に適する(5)を考案したが構造が複雑で使ひ難くいたので(6)の如く爆發ピペットの上端へ接続する構造とした、然し電解槽の上部を磨り合わせる必要がないので(7)の如く簡単にし尙電解液が酸素を送る毛管に入らざる様に圖示の位置に5mmφの球状部を設ける事に決定した。第5圖(7)を最後に完成した。

ガス分析装置の組立

ガス分析装置としてオルザットの方式を採用するとせば次はピュレット、吸収ピペット、爆發ピペット、酸素發生器、分析ガスを入れる口、分析後のガスを捨てる口を適當に配列することになる。第6圖に配列の數例を示した。uはガスピュレット、sは吸収ピペット、rは爆發ピペツ

t, q, は酸素發生器 t はガスを捨てる口, i はガス捕集器である。

(1). ピュレットが分析装置最左端に位するもの、これに(イ)ピュレットの上部よりガスを入れる式(A型1-8), (ロ)ピュレット下部よりガス及び酸素を入れる式(C型1-6). (2). ピュレットがガス捕集器と各種ピペットの中間に位するもの、これに(イ)ピュレットの上部よりガスを入れる式(B型1-3), (ロ)ピュレットの下部よりガス及び酸素を入れる式(D型1-3), 等種々ある。本研究室に於てはA-1, A-8, C-1, C-6, D-1 D-3, C-2, C-3, A-6, A-7, A-3, A-5, の順序で研究シヨック及接手の數が少く且取外しや組立てが簡單で操作の容易な點から最後にA-5型を決定した。

ガスの抽出捕集装置に就ては追て發表の豫定である。

本研究は日本學術振興會第19小委員會委員長はじめ委員各位の多大の御援助並に當研究室助手中村良夫助手白石眞三郎其他の諸氏の熱心なる實驗の結果完成せるものであつて茲に謹んで感謝の意を表する。

抄 録 目 次

1) 製鐵原料.....191	燒入高速度鋼の青化鹽浴處理; 燒入と其の硬化能; 高溫用電氣抵抗爐; 金屬用粘着劑とセメント; 鉛・錫・砒素の Wiping Solder.
米國に於ける不足金屬資源の取得狀況.	
3) 銑鐵及鐵合金の製造.....193	7) 鐵及鋼の性質並に物理冶金.....198
チツセンガロシイ法に依る酸素使用ガス發生爐.	鑄鐵及銑鐵に於ける介在物の金相學; 鑄鐵の減衰能力, 疲勞強度, 電氣傳導度及熱傳導度; 汙り摩擦に於ける鑄鐵の燒付傾向の試驗, 電氣爐鑄鐵に對する硫黃の影響.
4) 鋼及鍊鐵の製造.....193	9) 化學分析.....200
大型電氣製鋼爐の進歩とその冶金的用途.	鋼中の化合物素迅速分析法.
5) 鐵及鋼の鑄造.....194	
取鋼中の灰銑えの黒鉛添加; 鑄鐵の物理的性質に及ぼす鑄物砂の影響.	
6) 鐵及鋼の加工.....195	

雜 錄 目 次

内外最近刊行誌參考記事目次.....	201
特許出願公告及特許拔萃.....	210