最近の石炭乾餾工業に於ける燃焼法

ハインリッヒ・コッパース

Combustion Engineering in Modern Coal Carbonisation

Heinrich Koppers

Dr.-Ing. E. h.

本稿は本年 3 月 29 日東京會館に於て獨逸コッパース會社の創立者ハインリッヒ・コッパース博士の行つた講演の全譯である。當日は同氏の來朝を機として大島博士等の發起に依り講演並に歡迎晚餐會を催し同好の有志約 50 名出席の下に和氣謌々裡に終始した。(編輯)

最近に於けるコークス爐構築の發達は、加熱方法の進歩に加へて、良質の爐材が提供された事にその原因があります。

私は 28 歳の時から石炭乾餾工業に携はり、今日諸君が御覧になつてゐる様な状態に導きました。即ち直立焰道を持つた内熱式を廢して、各焰道毎に燃料ガスと空氣とを分配した加熱焰道に改めたり、調節装置を用ひたり、焰道を上方から調節出来る様にしたり、加熱焰道に平行して各焰道の直下に一つ一つ蓄熱室を取付けたり、更に所謂双焰道(twin flue)を考案したり、またコークス爐ガスでも貧ガスでも何れでも使用出来る様に爐を工夫しました。

尙ガスの供給及び取出しに對する機構の進歩や、1908 年 Vienna に於ける自封式扉の創案、コークスの消火にも使へる傾斜したコークス車を使用する所の傾斜したコーク・ウォーフの發達、更にピッチから電極製造用のコークスを作る事等、著しい進展を見ました。又ガスメインに於ける壓力を調節することに依つて窒素含有量の少いよいガスを得る様になり、同時に爐材の方でも進歩發達を見て遂に珪石質のものが使用される様になりました。副産物回收方面に於きましても 1904 年に所謂半直接式硫酸法が起り、また近年に於きましては種々のガス精製法が發達して來ましたが、その中で Pittsburgh の Koppers 會社の創案にかゝる Thylox 法の如きは最も廣く知られてゐます。

コークス製造に於て當初は發生したガスは全部燃してしまふ所謂廢熱式であつたものを、私は之を改めてガスを回收する様にしましたが、更にコークス爐の加熱に熔鑛爐ガスの如き貧ガスを使用する事によつて回收するガスの量を増大させました。之が完成には私は屢々困難に逢着しました。人々は私を狂人だとさへ云ひました。しかし一度私の仕事が完成致しますや、今迄の私の競争相手は皆私に倣つて來ました。そして努めて模寫したり、私の改良を盗んで行つたりしました。そこで特許の期限が切れました時には、世間で或は Koppers 爐に少しく手を入れたり、或は名前だけ變へて内容は Koppers 爐と同じものを賣り出しました。従つて實際に於きまして、今日のすべてのコークス爐が皆 Koppers 爐であると云つてもよいのでありま

の獨逸炭礦に構築しました。丁度その頃米國鐵鋼會社 (United States Steel Corp.) の専門家の委員が歐洲にやつて來ました。その會社では良質のークス用炭を多く持つてゐたのですが、その石炭は揮發分の含有量が少なくてビーハイブ式ークス爐にかけることが出来ない状態であつたものですから、早速私の蓄熱式ークス爐が米國に於ても専ら使用されることになりました。しかし米國に於ける熔鑛爐の関係者等はビーハイブ・ークスを希望致しまして、當時米國には少數乍ら副産物回收ークス爐がありましたが、これから出来るークスは品質が悪くて熔鑛爐に使用しましても到底ビーハイブ・ークスの様な結果をあげ得ず、このークスは全く好まれて居りませんでした。米國の委員が私の構築したークス爐に就て充分に研究した結果、この爐は獨逸に於ても揮發分の少い石炭に使用してゐる事がわかつた爲め、委員から私に試験的に $4 \times 70 = 280$ 本の爐を Illinois 州の Joliet に構築したいと申込まれました。其の工場には熔鑛爐が多數並んでゐまして、ークスは全部消費することが出来る程でした。私の爐で作りましたークスを試験した結果、ビーハイブ・ークスを使用してゐた時に比較しまして熔鑛爐の出銑高は 30% も増加しますし、出銑 1 吨當りのークス消費量は 20~25% も減少致し、その結果は驚くべきものでありました。そこで U. S. Steel Corp. では副産物回收式ークス爐を一般に採用することに決定しました。

此處に於て別の會社からも私の爐の使用方を申込んで参りました。それは鋼が安く作れるといふ經濟的な利益がある外に、爐から出るガスやタールも製鋼工場で使用出来る等の利點があつたからです。

都市ガス工業に於きまして、冷たい精製ガスを、珪石質の煉瓦で作つた大きな爐に導いて交互に之を加熱する蓄熱装置を使用する様に致しましたのは、1908 年 Vienna ガス製造所に於て Koppers 爐を使用しましたのがその最初であります。

今日この演壇に立ちまして私の最も欣快と致しますことは、貴國が私の爐を御採用になつた最初の國の一つであられることであります。私がークス爐ガス又は貧ガスを使用する最初の蓄熱爐を作りましてから僅かに 3 年後の、1912 年には早くも東京瓦斯株式會社から御注文を戴きまして現在の砂町當時の砂村工場並に大森工場に爐の構築を致しました。これと相前後して八幡製鐵所や三井鑛山株式會社三池鑛業所からも注文を戴きました。

Joliet に設けました試験爐は、最初は専ら珪石煉瓦のみで構築致しました。初め之に使用する煉瓦の製造について仕様書を出しました所、當時名の通つた工場からは相手にされなかつたので止むなく Joliet の新設工場 Baraboo 又は Wisconsin 産の珪岩を使用して煉瓦を焼いて使用したのであります。若し U. S. Steel Corp. の權威ある方々の御援助がなくて私の要求する通りのものが出来なかつたとしましたならば、私の試験は失敗に終つてゐたであらう。當時を顧みますると、私が使用致しました珪石煉瓦の膨脹性は、その當時一般に使用されてゐた粘土を混合して作つたもの (Clay bound material) とは全く相違してゐるもので、今から考へまして大冒険であつたのであります。ークス工業に珪石煉瓦を用ひることを希望して居たと主張する方々が現在ありますけれども、その當時商人は何れも之を使用すると失敗に

終ると豫言致しました。歐洲に於きましては私の仕様書通りに、コークス爐の構築に使用出来ます様な高級な珪石煉瓦を作りますのは非常に困難でしたので、遂に私は自分で珪石煉瓦の工場を設立致しました。

その時はじめて従来からの煉瓦工場の人達が其の態度を改めてくれば、現在に於きましてはコークス爐用の珪石煉瓦に對する私の仕様書は全世界を通じて適切有效なものとされて居ります。爐材を仕様書通りに正確に作ります事は近代に於ける石炭乾餾工業に於て最も大切な事柄であります。

○

この最初の仕事に成功しましてからといふものは、私は専心コークス爐自體のみに没頭しました。コークス爐は機能の全く相異なる上、下二つの部分から出来て居ります。上半分は之に石炭を詰め込んで加熱致しますが、下半分は燃燒ガスの有つてゐる熱を加熱用ガスに與へる爲のものです。之等兩者は根本的に別個のものでありまして、上部は操作中に煉瓦や目地に炭素が附着しまして氣密となりますが、下部は左様に参りません。御留意願ひ度い事は、如何に良質の煉瓦でも孔隙が26%（容積）もあつて目地の部分では之れ以上に隙間が大きい事です。炭化室内の壓力を

第 4 圖 發生爐ガス加熱に依る Koppers・コークス爐

（1909 年 Wien ガス會社に建設せしもの）

可成り高く保ちます場合は石炭ガスから炭素が分離してこれが煉瓦や目地の孔隙中に沈積します。この孔隙中に沈積した炭素は一方では煉瓦を加熱してゐる燃燒ガスの爲に絶えず浸蝕されて失はれて行きますが、他方では炭化室中の石炭ガスから新たに作られて行きます。若しこの事がなかつたならば加熱壁の一方は石炭ガスに接し他方は煙道ガスに接してゐますから、之等二つの異つたガスを混ざらない様にする事は出来ないでせう。さて、蓄熱室に於ては斯様に煉瓦壁を通過するガスの流通を防止するものがありません。煉瓦の有つ孔隙や目地の間隙等の爲に壁は一種の篩の様になりまして、ガスは壓力の高い方から低い方へ自由に流れ込みます。

この事は未だ理論的に證明されてゐませんが次の事實によつてその事の実際がおわかりになると思ひます。

1901 年に私の構築しました第 1 號のコークス爐に於きましては、特別の事情があつたものですから火入れを 2 回行ひましたが、その時全く初めての試みであつたのですが炭化室内でコークスを燃燒させました。炭化室と加熱煙道とは直接には接續してゐませんで加熱壁の有つ孔隙によつてつながつてゐるのです。斯様な方法による加熱は少しの故障もなく進行しまして、

温度が650度附近迄昇りますとコークスの燃焼が益々盛んとなり、その結果焔道内に一酸化炭素が検出されましたが、これは蓄熱室から導入される空気で燃焼させることが出来ました。

この耐火煉瓦及び耐火煉瓦製の壁の有する孔隙に就ての最初の経験が、言はば私をして其後に到りまして蓄熱室の入氣と廢氣とを全く分離してガス漏洩の問題を解決することを得せしめたのです。

蓄熱の役目をする蓄熱室は常にガスが上下に流れてゐます。境壁の大きさは最大、長さ12米、高さ3.5米ですから1室當りの壁面の大きさは42平方米となります。之が爲め壓力の差が水柱6耗と云ふ低壓の場合でもコークス爐バッテリー全體に就て見ればその壁面を通過するガスの量は可成り大となります。然もこれには特に數年の内には避け得られない破碎も全然ないと假定しての事です。この故に、蓄熱室については普通の場合に於けるよりも更に深く考慮を拂つて煉瓦の孔隙並に爐壁の破隙より生ずるガスの逸出及び漏洩を避けねばなりません。前にも申上げた様に私は蓄熱室の入氣と廢氣とを隣同志に並べないで別々に置く方針でありますが、それはこの根本的原理を無視する時の結果を承知して居るからであります。

假令経験の知識から正しい結論が常には得られないとしても、事實は何人も否定出来ない事は、最近或る有名なコークス爐構築業者が得た特許によつて證明されて居ります。この場合は不思議とすら申されてあります。この特許と申しますのは蓄熱室の壁の中やガス路に薄い鐵板を挟んで作るのであります。しかしこの事はコークス爐構築業者達がガスの損失を防止する爲に何かせねばならないと云ふことを認めて來たことを證明するものではありませんが、併しこの方法は適當なる方法とは云へません。何故ならば薄鐵板自體が歪曲したり、腐蝕したりしてその爲に壁の中に入れた薄鐵板が用をなさなくなるばかりでなく、之を入れる爲に壁の強さが弱められるからです。

今一つ忘れてならない事は加熱ガスを爐に送る際に何れの通路を通つた場合でもガスの通路の長さはすべて相等しくなる様にする事です。その理由はすべての場合に於てガスの受

第5圖 Koppers 複式サーキュレーション・コークス爐に於けるガス回路

ける抵抗を同一にして置くと、炭化速度を變へた場合にガスの導入口で加減するだけで其他には少しも手がかゝらないで済むからです。コークス爐も色々御座いませうが Koppers-Becker 爐及び Koppers サーキュレーション爐は之の條件を十分に満足せしめるものであります。

御承知の通り、Koppers-Becker 爐では、ガスは加熱室を上昇し天井に沿つて隣に回つて隣の加熱室を下に降るのです。従つて蓄熱室と炭化室とは同じ長さです。それですから蓄熱室の全表面積は素晴らしいものです。しかし乍ら壁は可成り丈夫に出来てゐて廢氣の通る蓄熱室と空氣の通る蓄熱室とは交互に隣り合つて居ます。これに對して Koppers サーキュレーション爐の方は私の主旨を採用しまして、御承知の成功しました Half divided Koppers 爐と同じ型式の

蓄熱室を使用しました。この爐では第 7 圖に示す如く蓄熱室の半分はガスや空気の方向が全部上向きになり、残りの半分は全部下向きになり、之が交互に交代する様に出来てゐます。夫れ故壓力差を受ける表面積は最小となります。而も境壁は特別に頑丈に出来てゐてバッテリーの中心線の位置にあるので、操業開始に當りましては境壁は中立線となり何等不法に壓力を受けませんから龜裂の生ずる恐れがありません。また蓄熱室を分つ境壁の数も最少限度迄減らされて夫れだけの空隙が蓄熱室として利用されて居り、容易に人々が接近し得るのであります。この爲に境壁は構築中にしつかりと緊付け得られ、更にチェッカー煉瓦を詰め込む時に今一度緊付け得られるのです。この爐ではヘヤーピン焰道が使用されてゐます。即ち焰道が一つ置きに

燃えてゐて、その中間の焰道を廢氣が下つてゐるのです。そして蓄熱室は前後二つに分れてゐますから、隣同志でガスが上下に流れてゐると云ふことはありません。且つ、一方の蓄熱室から出たガス又は空氣は分配管に依つて爐長全體に分配される様に出来てゐるのです。

そこで Koppers-Becker 爐では加熱室の焰道は一時に全部が熱せられるのですが Koppers サークュレーション

爐に於きましては加熱室の焰道が一つ置きに加熱されるのです。更にサーキュレーション式を使用致しました理由は、炭化室の高さ全體に互り一樣に加熱することにあるのです。此處に於て、私の考へつきました爐は只單に石炭をコークスに焼くだけでなく、品質の最も良いものを製造し、而もタール及びベンゾール等の芳香族化合物を最も多く産出し、黒鉛等の分解生成物の量を最少にする様な高級な爐であります。

○

コークス爐は一般に、その加熱にコークス爐ガスでも貧ガスでも何れでも使用出来る様に設計されてゐます。コークス爐ガスに 1,000 度に加熱した空氣を混ぜると非常に速かに燃焼します。貧ガスに空氣を混ぜ、兩者を 1,000 度に加熱した場合も之に近く早く燃焼します。此の場

第 6 圖 Koppers-Becker
コークス爐

第 7 圖 Koppers 複式サーキュレーション・コークス爐

第 8 圖 同上の蓄熱室

合空気の速度を増しても火焰の長さは長くなりません。若し蓄熱室の天井に於ける空気の壓力が±0耗を超しますと空気は爐室内に流れ込んで爐床の煉瓦が熔ける様になります。そこで空気は只加熱焰道内に於ける浮力のみに依つて吸引され、然も空氣道に於ける抵抗に打克たねばなりません。斯くの如くコークス爐では燃焼方面から云へば燃焼用の空氣に少しも速さを與へてゐないわけですから、非常に短い高温の火焰が生じまして爐の温度は局部的に非常に高温となります。それが爲に若し加熱方向を20~30分置きに週期的に代へなかつたならば、火焰の附近では珪石煉瓦でも熔融するでせう。

これは實際に米國で起つた事なのですが、Alabama州のWoodwardの或る工場で珪石煉瓦で築いた80本の爐を有する出來立てのバッテリーに於て、夜間數時間ガス切換機を放置しておりました。コークス化の終りに近づいた時分にどの爐も内張りや爐底の煉瓦は液狀に溶けてしまひました。Fordの工場に於きまして一度これに似た失敗をやりました。其處の爐は水平煙道を有する蓄熱式コークス爐でありまして、コークス爐ガスを使用してゐましたが、操業中ガスを同じ孔で燃しつづけて空氣を送る方向だけを代へた爲め、火焰のあたる所はすつかり珪石煉瓦が熔けてしまひました。

この“Intensity Heating”を防止する爲に色々と考案がめぐらされましたが、未だに成功したものは見當りません。隣りの加熱焰道に高さの異なるガス吹込口を設けることも試みられましたが、工合が悪いので取除かれてしまひました。

ガスを全部焰道の下底に導入して置いて、空氣は加熱壁内の中空の通路を通つて異つた高さから數段に取出す様にした加熱方法も案出されましたが、炭化時間を變へる場合これを調節することが出來ないと云ふ主な理由からこれは失敗しました。また直立焰道の底に近い部分を厚く内張してコークスに及ぼす“Intensity Heating”の惡影響の防止を試みましたが成功しませんでした。コークスを過熱しますことは熔鑛爐の操業成績が示します通り、コークスの黒鉛化が進んで來て燃焼性が悪くなる爲に有害無益です。コークス黒鉛化が進んで燃焼性が悪くなりますと熔鑛爐に之を使用した際、羽口の前方の酸化圈が擴大して既に還元された鐵が燃焼して再び酸化される爲にそれを爐床で還元するのですが、爐床内では一酸化炭素で還元する代りに炭素で直接還元する爲に爐床の温度が降下して來ます。然も鐵が燃えて發生した熱はそつくりガスが持つて逃げてしまひます。之等の不利益を防止し熔鑛爐の操業を順調に行はせる爲に羽口の前方の酸化圈は之を出來る限り小さくすることが是非必要な事ですが、コークス製造中にコークスが部分的に過熱された爲にその出來ないことが屢々あります。

殊に製鐵用コークスを製造致します場合は、品質の最も優秀なるものが要求されます。爐の結果を見ますと使用したコークスの良否が良くわかります。出銑を多くし、コークスの消費を減ずる爲にはコークスの品質を良くすることが最も有効です、そして良質のコークスを作るには先づ第一に石炭の撰擇並に準備處理及び粘結劑と充填劑の割合、次に製造に當りまして適當な熱處理の方法に留意せねばなりません。

過熱と云ふ事は如何なる石炭を使用致します場合でも之を避けねばなりません、殊に出來

ますコークスが熱に對して過度に敏感な炭種は、之を過熱するとその爲にコークスに割目が入つて薄くなり、又指の様な小塊が多量に生じて好ましくありません。ガスの方に於きましても炭化行程中に石炭から發生したガスが壁に沿つて上昇致します場合に過熱されますと黒鉛を生じて損失となりますが、これは恐らく所謂 “Hot Stickers” と云ふ様な故障の原因となるのではないかと思ひます。高温コークス製造工場に於て、一般に狭い炭化室が採用されてゐない理由も此處にあるので、實際幅 350 耗の炭化室では 450 耗の炭化室のものに比較して非常に “Hot Stickers” を起し易いのです。その理由は専ら、(1)加熱の不均等、(2)操業温度の過昇、(3)炭化室内にコークスの止まつてゐる時間の過長によるもので、之等の影響は廣い爐よりも狭い爐の方がはるかに大です。然るにサーキュレーションの理論を應用しますと、幅 220 耗の狭い炭化室を使用することが出来まして温度も 1,050 度に保持して、普通の爐では品質の悪い指の様なコークスしか出来ない様な石炭からでも、大きなコークス塊を作ることが出来、爐から押し出すのも容易です。

第 9 圖 局部過熱の爲め爐室壁と石炭灰分とが作用し
爐室壁を傷めたるもの (Rueckel 氏による)

“Intensity Heating” の悪影響の他の實例は Rueckel 氏によつて “Journal of the American Ceramic Society” の 1938 年 10 月號誌上に公表されてゐます。米國の工場に於きましては撫順炭に似た若い石炭を使用してゐまして、その理由については此處に申しませんがコークスを過熱致しますと之が爐壁を侵すのです。そして爐壁の腐蝕された部分は丁度壁が過熱された場所丈で、腐蝕の深さは焰の温度に比例致します。この實例から考へて、蓄熱式コークス爐に於て行はれます様に規則的に切換を行ひますと各部の温度が均等になる様ですが之では充分とは云へません。殊に焰道の上下で温度差がある場合は一層不均一になります。“Intensity heating” の現象を無くして石炭の乾餾に丁度適當してゐる處の温度にすることの出来る唯一の方法が此のサーキュレーション式です。この方法によりますと過熱と云ふ現象は完全に防止され、出來ますコークスは大塊で、多量であり、且つコークス塊の品質も最高のものが出來ます。

○

然らばこのサーキュレーション式の原理は如何にして生じたか？——私が既に申しました如く餘熱を利用して空氣のみ或は空氣及び貧ガスを加熱することに依つて高價なコークス爐ガスを出來得る限り多く得様としましても、ガスと空氣とが非常に速く反應して温度の高い比較的短い焰が生ずる爲に非常に困難であります。若し廢ガスを空氣に混合して可燃ガスの反應速度を遅くすることが出来れば非常に好都合でせう。殊にこの廢ガスの有する熱を少しも逃さない様にその出來た場所から直接取り出して使用出来れば更に良いでせう。試みに煙突に入る直前

で廢ガスを一部取り出して之を空氣に混合して見ましたが、操作が極めて困難な爲に遂に失敗しました。夫れ故舊式の爐では何とも致方ありません。しかし乍ら、ヘヤービン焰道ですと此の考へを直ぐに適用することが出来、之が成功致しました。即ちガスと廢ガスとの隣同志の二つの煙道の間の壁に丁度底の近くに孔を開けると廢ガスは一方の煙道から他の焰道に流れ込んで來ましてガスを適當に薄める事が出来ます。すると加熱ガスや空氣が孔を通つて直接烟突へ逃げる様に思はれますし、また物性の法則に暗い一部の人達はそうなるものだ云つてゐました。實際に於ては燃料ガスの浮力の爲に焰道の底では或る程度の眞空を生じ、焰道自體の容積の 50~100 % に相當する廢ガスを吸ひ込んでゐました。しかし、若し種々の孔を方々に適當に開けるならば、入つて來る廢ガスは只單に燃料ガスを薄めるばかりでなく、廢ガスは燃料ガスと空氣との間を上つて行つて、兩者の反應を一層おそくするのです。

しかし私はそれでも満足してゐません。既に 1906 年に私が特許を受けました所の双焰道 (Twin flues) を使用する様になりますと、是非とも新しい蓄熱室を使はねばならないことになりました。この新しい蓄熱室とは廢ガスとガスとの位置が前後でなくて左右に交互に並んでゐるものであり、これは入氣の通る蓄熱室と廢氣の通る蓄熱室とを別々にすると云ふ私の主義に反するものです。只蓄熱室から双焰道に行くガスが前に申しました様に、私の主義と一致する様になりました時に、私はこの新しい原理を活かしたいと決心しました。この新しい考へは

第 10 圖 ザーキュレーション式加熱方法の説明

第 11 圖 Koppers 複式サーキュレーション爐に於けるガス及び空氣の流向

第 22 圖 1906 年獨逸特許 189148 に依つて構築せるヘヤービンフリーの Koppers 爐

以前に蓄熱室を改良して以來の大改良であると云ふことが證明されました。これを使用しますと同じ炭化時間で操業するには焙道の温度を以前より低くして丁度よいのです。即ち炭化時間が速くなつたことになるもので、その爲に塊コークスの生産率が大となり、コークスの質は良くなるし、燃料ガスの消費量は最少限度減少します。コークス爐ガスは加熱用として最

第 13 圖 Koppers 複式サーキュレーション爐に於ける熱料ガスの通路

も有用であると共に合成ガソリンの生産にも是非必要なものですから、燃料ガス消費量の減少と云ふことは極めて重要なことであります。またサーキュレーション式を使用しますと良質のタールを生じ、ベンゾールの生産高が増し、黒鉛生成の現象は殆んどありません。其の上これは自動的に動き、少しも経費がかゝりませんし、缺點と申すべき所は少しもありません。サーキュレーション爐は焙道の温度と云ふ點から申しまして最も良い爐であり、質の揃つた良い製鐵用コークスの製造用として製鐵所、製鋼所の方面から特に喜ばれて居ります。

○

燃料ガスの分配に就きましては、貧ガス使用によるコークス爐の加熱方法を論じましても別に問題はあります。空氣の場合に於けると同様に各々の加熱焙道を動く全距離が同じ長さになつてゐる時に始めて適當なる分配が得られ、炭化速度がどういふ様に變つても差支へありません。この點は Koppers-Becker 爐でも Koppers サーキュレーション爐でも充分に完備されてゐます。兩者ともに蓄熱室から加熱室に至る通路は調節作用と同時に、空氣とガスの混合作用の二つの役目を兼ねてゐます。之によりコークス爐ガスで加熱する時と殆ど同じ速度で燃焼させる事が出来ます。その上この入口はバッテリーのスタートの時にも調節出来ます。そして全體が調つてからは最早、手を加へる必要がありません。何となれば加熱焙道全體に對するガス通過の距離が同一である爲めガスの總量に無關係に均一なガス分配を維持することが出来るからであります。しかし、コークス爐ガスによる加熱の場合はガスの分配に就て特別の方法を考へねばなりません。コークス爐ガスから未だベンゾールを回収しておらず且つ爐の各フリー毎にガスのノZZルを取付けてゐた當時は屢々ノZZルに炭素が詰つて掃除せねばならませんでした。この障害もずつと以前に除いてしまひましたが一部分の方、特に“Underburner”の方式を主張してゐられる方達の中には之を御記憶の方もある事と存じます。

この“Underburner”の方式は廢熱式爐に由來するものでありまして、コークス爐ガスを管で一つの共通の燃焼フリーに導きます。そして之を主張する人々は私の單獨蓄熱室 (Single regenerator) の式を採用することになつてからも壁を通して通路を設けて之を續けられてゐま

す。これは殊に皆様が白色に仕上つたバッテリーの下に立つて配管の状態を見たり、各ガス導入口の調節の容易なるのを御覧になる時は確かに立派に見えます。しかし今少し先をお考へにな

第14圖 Underburner 式の
のコークス爐蓄熱室(建設中)

第15圖 Koppers 複式サー
キュレーション爐蓄熱室(建設中)

る事を望みます。私の只今設計中のものは一つの炭化室について三つの蓄熱室があるのです。この蓄熱室は普通の蓄熱室の中に非常に薄い隔壁を2枚入れて3室に仕切つたもので、中央に貧ガスを通し両側に空気を通します。従つて爐は2本の柱で支持されてゐるのが普通ですが、これでは4本で支へられることになるのです。しかし斯くすると爐全體の安定が悪くなつて薄い壁に漏洩を生ずる傾きが

あります。其の上、珪石質のものは之を加熱した場合は冷いガスにあたると直ぐに冷硬(Chilling)を起します。夫れ故、空氣や貧ガスの入つて行く蓄熱室の最下端には普通粘土を塗つて内張して珪石が冷硬を起さない様に保護してゐます。

しかし2枚の隔壁にはこの内張を塗つて保護する程の空間がありませんから、この設計には珪石質のものは使用出来ません。下方は全部粘土を混じた材料 (Clay-bound material) で構築致します。

○

粘土を混じた材料 (Clay-bound material) を加熱致しますとその膨脹の状態は珪石とはその趣を異にしてゐます。上

第16圖 耐火煉瓦の膨脹曲線

第17圖 長さ12米コークス爐に使用せる場合
の耐火材料の膨脹曲線

部の爐の有する莫大な重量は全部下方の爐にかゝつてゐますので、境界に於ける摩擦は非常に大で、珪石が膨脹しますとき蓄熱室の壁に非常に大きな力が加はつて幅が 50~70 耗にも達する様な龜裂が壁に生じまして、それが真直ぐに垂直焰道に迄及びますので、これがコークス爐ガス漏洩の原因となります。

しかしこの様なガスの漏洩が無いものとし、ましてガスは何處かで失はれてゐます。この設計に於ては蓄熱室の壁を空気用のものと廢ガス用のものとに區別してゐます。之が爲め爐の操業による

最大の壓力差を受けます。前にも申し上げました如く、蓄熱室では壁に炭素が附着しないから炭素に依つて孔隙を塞ぎ氣密にすると云ふ様なことが行はれません。従つて原則として蓄熱室の壓力差を受ける面は出來得る限り小さくしておくことが必要であります。この設計は現在ではこの原則には従つてゐないばかりでなく、多數のガス通路がこの壓力差を受けて遂にコークス爐ガスが廢ガスの中に流れ込む様になります。

それにも拘らず“Underburner”を使用してゐる理由は何であるかと諸君は御質問になることゝ存じます。その理由は私が以前認めてゐた他の原則であります。即ち各々の加熱焰道を往復する全距離は常に同じ長さでなければならないと云ふ原則であります。只今私の話して

第 20 圖 ヘヤービン・フリュー式コークス爐に於ける燃料ガスの通路

ゐます設計では空気が入つて來る方向と廢ガスが出て行く方向とは同じになつてゐます。従つて焰道とバルブとの距離が大となれば大となる程往復する全距離も長くなつて來て、炭化時間が變はる毎に調節装置を加減せねばなりません。勿論之は重大なる失策でありまして、絶えず必要な調節が出来るだけ容易に出来る事が最も大切であります。そして此の絶えず調節する必要があると云ふことが“Underburner”を使用した原因であります。最も良い調節方法は同距離の原理を守つて調節を不必要にすることだと私は思ひます。Koppers-Becker 爐並に Koppers サーキュレーション爐では之れが充分完備してゐまして、従つて“Underburner”を使用する必要がありません。

第 18 圖 Clay-bound material を使用せる Underburner コークス爐の蓄熱室壁の龜裂

第 19 圖 Underburner 複式コークス爐の蓄熱室断面

Koppers-Becker 爐は調節は不必要ではありますが、前述の設計のものよりも“Underburner”の原理に接近するところは遙かに大であります。先づ第一に、蓄熱室は底に粘土の内張りをするだけの餘裕がありますから爐室も蓄熱室も共に珪石煉瓦を使用出来ます。さうすれば加熱中にガスの漏洩する危険が除かれます。第二に、“Underburner”式では周圍に空氣がある時しかガスは燃えません、周圍に廢ガスが來ると消えてしまひます。斯の如くたへず煉瓦の孔隙を滲透して來るガスは煙突には吸ひ込まれないで加熱のたすけをしてゐます。

サーキュレーション式では爐室の底フリューからガスを供給するものでありまして、炭素が附着しない様に出来てゐまして、ノZZルにはシリマナイト (Sillimanite) の如く耐火度の最も高いものを使つてゐます。分配管は爐床と蓄熱室との間の厚い煉瓦積の中に埋まつてゐましてその全長は“Underburner”式の僅か1/4しかありません。バッテリーの加熱は勿論適當に行はるべきですが適當に加熱されますと少しも龜裂が出来ません。そしてこの大きな一團となつた煉瓦積は、これの加熱にコークス爐ガスを使ひます場合でも貧ガスを使用致します場合でもその温度を 1,000 度に保持することが出来ますから、永年の後でもガスの漏洩は少しも起りません。このことは多くのコークス工場で證明されてゐることですが、とりわけその加熱に熔

第 21 圖 62 本の Koppers 複式サーキュレーション爐に於ける 24 時間中の燃料ガスの變化

第 22 圖 Koppers 複式サーキュレーション爐に於て乾留時間 17~48 時間の場合の加熱焔道の温度變化

鑛爐ガスとコークス爐ガスとを1日數回取換へて使用してゐる製鐵所及び製鋼所に於て充分認められてゐます。實際各焔道に導かれたガスと空氣との分布は完全でありまして、何れの焔道から採取したガス試料を分析しましてもその結果は殆んど變りません。勿論手を下して調整する様なこともあります。17~48 時間の炭化時間で操業してゐるバッテリーの焔道内の熱分布の示します様に(第 22 圖参照)充分に熱がまわつてからノZZルを1回調整するだけで其後は殆ど調節の必要がありません。

○
コークス爐に關する主な

る問題は以上で殆んど盡されましたから、次に少々石炭について述べさせて戴きます。皆様御承知の通り石炭には色々種類がありまして、只一口に石炭と云つても同じものは一つもありません。従つてその取扱ひ方は皆違ひます。このことは高温乾餾についても云ひ得ることです。或る石炭を乾餾する場合、之に最も適當な條件を發見致しますには、特別にそれについて研究し且つ大仕掛の試験をせねばなりません。採掘したまゝの石炭が乾燥してゐるか否か、濕分を含まないか否かは Xylol 法で試験せねばなりません。石炭によつては 5~10% も濕分を含んでゐるものもありますが、かゝる石炭は濕分が揮發分にまぎれこんで揮發分が多く出ることがあります。それ故揮發分が多いからタール、ベンゾール及びガスの生成量が多いだらうと豫想してゐると全く誤りであることがあります。この場合はタール、ベンゾール及びガスの出來高が少く、ガス中には水分や炭酸ガスが多くなりますし、水分を蒸發させる爲に熱の消費量が増加し、思ひがけない程多量の水が出て來まして、凝縮装置から溢れることがあります。

品質の方面から見て今一つ重要な事は粉炭の一定容積の重量 (Bulk density) でありまして、私共はこの容積重量を経験から割り出してゐます。完全に乾燥した石炭で、又水分を 12% 以上も含んだ場合は此の容積重量は高く出まして、水分 8% の場合最も低く出ますが、この數字は石炭の粉碎の仕方に依つても少々は異つて來ます。容積重量の問題は良質のークスを製造します爲に是非知つて置かねばならない重要な事項です。石炭に依つてはークス爐の壁に加はる壓力を少なくする爲に、この容積重量を小さくせねばならない場合もありますが、ークス用收縮性炭を使ひ堅い良いークスを製造する爲には、容積重量は出来るだけ高くせねばなりません。併し餘り高くなりすぎても困ります。完全に乾燥した粉炭を爐に裝炭致します場合、非常に短時間の間にガスが発生しまして石炭や爐壁に壓力を加へることになります。一度私共の所でその壓力の強さを測定致しました所、炭化室の床上約 200 耗の場所で水柱 1,600 耗或は夫れ以上の壓力を示しました。そんな大きな壓力が加はると有害ですから、水分含有量を 3% 程度にせねばならず、そうでなければ 12% 以上のものでなければなりません。之等の容積重量の増大の方法がトップチャーヂに對しては好結果を齎らさないと云ふことになると、良質のークスを作る爲には混炭と壓縮とに頼らねばなりません。適當に粉碎され且つ適度の水分を有つ石炭を搗き固めますと幅 430 耗、高さ 3,000~3,900 耗 (幅: 高=1:7~9) の石炭のケーキを作ることが出來ます。搗固は多くは一つのケーキについて 2 基の搗固装置を用ひて自働的に行つてゐます。一つの搗固裝炭には搗固棒が 3 本づつ取付けてあります。かゝる搗固装置を使用致しますと 1 日に 65~75 回裝炭を處理し、而も裝炭された石炭はその中にあつた空氣が除かれてゐるので容積重量が非常に大で而も非常に均等となる利益があります。

○

石炭の熱傳導度は殆んど零だと云つても良い程ですが、ークスは炭化室内で出來かゝつた時でもその傳導度は耐火物の夫れよりも大であります。従つて爐からークスが取り出される迄は爐壁とークスとの間の溫度は比較的高くなりません。發生したガスは大抵壁の方に進んで行つて壁に沿ふて上に昇つて行くのですが、其の際餘り分解しません。しかしガスが爐から

第 23 圖 炭化室内の温度分布

第 24 圖 乾餾温度と、タール、ベンゾール収得率との関係

解して爐壁を氣密にする所の作用が起きませんので一般には適當とは申せません。しかし石炭によりましては、既述の如く、高温度で取扱つたのではどうしても工合良く行かないものでも、1,050 度附近の温度で乾餾すると極めて有利なものがあります。

この様な石炭を取扱ふ爐は只 Clay-bound material のみを使ひます。歐洲では熱傳導度が珪石煉瓦に大略匹敵する Clay-bound material を産出します。

自封扉が一般に使用される様になつたのは

出る前に熱処理を受けまして芳香族化合物に変化するのです。この芳香族化を一層有効ならしめるために分別加熱 (Differential heating) を致します。その方法は加熱焔道の高さを長く伸ばして、この爲に装炭上のフリー・スペースに一定量の熱を正確に供給する様に調節出来るのです。この様に簡単な構造ですがその成績は極めて良好であります。ガスを炭化室の中で冷却したり或は餘り早く外に出し過ぎますと芳香族化の進行が不充分で宜しくありません。

爐材は上下に於て違つた物を使用して構築せられると後になつて困る事はすでに申し上げた通りです。夫れ故コークス爐は常に只 1 種類の爐材のみを使用して構築せねばなりません。高温度のものには珪石煉瓦を、加熱焔道内の温度を 1,050 度附近にして操業する爐には Clay-bound material を使用致します。これよりも低い温度で操業しますと炭素が分

第 25 圖 Koppers 複式サーキュレーション爐に於ける分別加熱法 (Differential heating)

極く最近の事です、最早少しも問題は起しません。ダイヤフラグム (Diaphragm) が早く損耗して困つてゐた事も解決されてしまいますし、扉の取扱ひは機械化されて、人力で扉を閉塞してゐた時の様な扉の閉り加減に強、弱があると云ふことがなくなりました。トップ・チャージ中に於けるガスの取扱い方についても之と同様の事が云へます。爐室の兩端に 1 本宛ガス上昇管を附けまして、装炭は爐の中央から兩側に向つて進む様に行ひ、蒸汽吹込を行つてガスを上昇管へ壓入します。その間は吸込口の方は幾分か減壓になつてゐるので發生するガスは殆んど洩れません。ガス集收管内の壓力は終始一定です。

○

最後に一言附け加へさせて戴きます。コークス爐の設計も最新の技術を取り入れた結果、何れの點から見ても完全なものが出来る様になりました。蓄熱室はガスの損失が全く防止され、炭化室は“Intensity Heating”を起さず均等に加熱され、どの石炭粒にも熱がよく行きわたる様になりました。その爲に黒鉛の生成に基因する種々の損失や不利が除かれ、遊離炭素を殆んど含んでゐないタールだとか、ベンゾール及びトルオールの如きその同族體の產出量が最大限度にまで増加し、液狀物は何れも良く芳香族化されてゐます。出て来るガス中にはシアンは極く微量に含まれてゐますが、窒素は殆んどありません。

之を以て私の講演を終わりますが、之により若し過去 40 年間、今日の進歩を見るに到るまでのコークス爐工業並に石炭ガス工業開發の爲に、私の遭遇しました苦心並に發展の過程を御傳へすることが出来ましたならば私の幸ひとする所であります。(終)

本 溪 湖 炭 々 質

滿鐵中央試験所の發表に係る「滿洲及び北支の石炭」中本溪湖炭の分析結果を摘記すれば次の如くである。

水分 (%)	灰分 (%)	揮發分 (%)	固定炭素 (%)	全硫黃 (%)	發熱量 (カロリー)	燃料比	コークス 性 状	試験年月 (昭和)
0.76	8.32	18.24	72.68	1.10	7,840	3.98	強粘結	8—9
0.76	15.18	19.54	64.52	0.35	7,160	3.30	〃	〃
0.64	7.94	19.50	71.92	0.72	7,870	3.68	〃	〃
0.77	14.64	19.25	65.34	0.29	7,200	3.34	〃	〃
0.67	10.67	20.12	68.54	2.71	7,750	3.44	〃	9—4