

拔 萃

◎廢熱瓦斯を蒸汽發生に利用する法

Utilization of Waste-Heat Gas to Generate Steam.

諸種の工業で廢熱瓦斯を蒸汽の發生に利用する事は決して新しい試みではない、而し乍らこの數年來その利用方法が著しく發達進歩して昔のそれとは到底比較する事か出来ないのである。

今日では廢熱利用汽罐の設計が長足の進歩をして華氏九五〇度から一、〇〇〇度位の低い温度を有する廢熱瓦斯さへもこれを充分に利用して蒸汽を發生せしむるに成功して居る。つい數年前までは經濟上から見て上に述べた様な低温度の瓦斯を利用する事は實際上全く不可能な事であると思惟されて居たのである。

廢熱瓦斯利用の汽罐をはしめて設置した時には、原爐の操業を害しないといふ事を唯一の原則としこれを基として設計した。これかために與へられたる加熱面を排するのに瓦斯通路に於ける瓦斯の摩擦損失を最小ならしむる様にしたのである。而してこの摩擦損失即ちドラフトの損失を最小ならしむる事を期した結果はバツフルを全然取り除き瓦斯が汽罐の中を眞直に通る様にし、又はたとひバツフルを具備せしむるにしてもそれはほんの一部分に限つた。

所要のドラフトを烟突に得せしむるには汽罐に入り來る瓦斯の温度の低いものよりも高いものの方が遙かに有効であると考へられてゐた。而して斯くの如き方法で裝置された汽罐は使用瓦斯の温度が石炭使用の場合に於けると同様の温度である時にはしめて應用し得られるものであると思

はれ、それ以上の能力を發揮せしむるためには何等の力も盡されなかつたのである。現今に於ける廢熱利用法は熱の傳導率を支配する法則をより多く理解し且つ瓦斯の速度なるものは熱傳導率と或る關係を有して居るといふ事を是認して生れ出たものである。而して熱傳導率は瓦斯の速度及び瓦斯と熱の吸収面(即ち加熱面)との温度の差によつて變化するものであるといふ事は明かな事實である。實驗によれば今日用ゐられて居る廢熱利用操業に用ゐられて居る最高の瓦斯速度にあつても温度の差異の増加による影響は瓦斯速度の増加によるものに比し小なるものである。

石炭使用の汽罐にあつては瓦斯と汽罐面の温度の平均差は凡そ一、一五〇度である。汽罐の率定能力に相當する熱傳導率は温度の差一度、加熱面一平方呎、一時間につき凡そ三 B. T. U. 即ち一時間一平方呎について三四五〇 B. T. U. の熱を吸収する。廢熱瓦斯利用操業に於いては温度の差は廢熱の種類に因つて非常に異なる。今汽罐に入り来る瓦斯温度を一、二五〇度とすれば汽罐と瓦斯との温度の差は一七〇封度の壓力で凡そ五〇〇度となる。斯くの如き温度の差異にあつては表面一平方呎について或る吸収熱を與へる傳導率は率定にある石炭使用汽罐のそれに等しく温度差一度、表面一平方呎、一時間につき六、九 B. T. U. となる筈である。この率は現今普通に用ゐられる速度に相當するものよりも稍々高い、而しやゝ高温の吸入瓦斯にあつては一平方呎についての吸収力は汽罐の率定能力にあつて何等の困難なくしてより以上に發揮せしむる事が出来る。一、八〇〇度から二、〇〇〇度の瓦斯(石炭使用の際とその温度に大差はない)を使用すれば高度の過負荷に堪える。

現今考へられて居る所望の傳熱率を與へるに必要な瓦斯の速度を得んとすれば廢熱汽罐内の摩擦抵抗あるかために自然通風の烟突のみでは不充分である。今通風に關し極端な場合即ち平爐を汽罐に併用する場合を考へて見る事とせう。普通平爐に汽罐を併用する時には一六〇呎の烟突を使

用するから瓦斯の温度によつて一・四時から一・六時のドラフトを得る。近頃の平爐併用廢熱汽罐内に於けるドラフトの損失は普通二吋である。今自然通風の烟突のみを以てすればチエツカーに於けるドラフトは一・三時から一・五吋となる。而してこのドラフトは爐自身を操業するに必要なものである。そこで今廢熱利用汽罐を使用する場合には汽罐の出口に於けるドラフトは汽罐内の摩擦損失に對する二吋だけのドラフト及び烟道に於ける摩擦に對する〇・七五時のドラフト、チエツカーに於ける一・五吋合計四・二五時のドラフトを必要とする。廢熱汽罐装置にあつては烟突に入つて來る瓦斯の温度は一・〇〇度又は一・二〇度位ではなくてすつと低く四五〇度から五〇〇度位である。従つて一六〇呎の烟突にあつてはドラフトは僅かに〇・九吋で、所要の四・二五時のドラフトを得んとせは少くとも七〇〇呎の烟突を要する。

上述の例は極端なものはあるが同様の理由を總て實地上の廢熱利用汽罐にも應用される。これが爲めに現今では何れの装置にもインデューズド、ドラフトを使用して居る。或る種の廢熱利用汽罐装置にあつてはかくの如きドラフト、ファンは常に所要のドラフトを得せしむるはかりてなく原爐の操業に非常な利益を與へる。

瓦斯温度が段々下つて來る様な場合には廢熱を充分に利用する事は一層困難になつて來る。高速度の瓦斯を使用するといふ原理をはしめて利用したのは蓄熱式の爐及び低温度の瓦斯に於ける場合では是れか、やかて近頃の廢熱汽罐の發達を促したのである。而して當初この原理に一度成功してからはこれを總ての廢熱利用法に應用するに至つた。近世の設計に成る廢熱汽罐は銅精煉爐、セメント窯、平爐、ビーハイブ式骸炭爐、亞鉛精煉爐其他種々の形式のか熱爐に應用して、その蓄熱式と然らざるを問はず頗る成功して居る。而して今日の廢熱利用汽罐は低温度の瓦斯及び平爐に併用するに至つて大なる發達を見た。

この特殊の廢熱利用法は全く新しい試みである。平爐は多くの場合蓄熱式でかくの如き爐の操業性質よりして烟突に出て行く瓦斯温度は至つて低いものであるからこれを充分に利用して成功して居る所から見れば今日の廢熱汽罐は昔日に比し長足の進歩をしたものであるとい事分かる。一九一〇年にイリノイス、スチール、コムバニーの南シカゴ工場に實驗の目的を以て廢熱利用汽罐が設置された、尤も其の設計は新しいものではなかつた。この汽罐の成績は現今の發達した設計による汽罐に比すれば到底言ふに足らぬものであるか甚だ良好であつたので一九一一年には更に二臺の汽罐を購入した。

シー、ジュー、ベーコン氏(Mr. C. J. Bacon)は一九一五年五月にアメリカン、アイアン、エンド、スチール、インスチテュート(American Iron and Steel Institute)の“Waste-Heat Boilers for Open Hearth”(鐵と鋼大正五年十二月號參照)といふ一論文を發表し其中で上述の汽罐の實驗成績を述べた。イリノイス、スチール、コムバニーで最初に設置したのは二臺のスターリング汽罐で第二のものはインディヤナ、スチール、コムバニーのゲーリー工場に於ける六個のドラムを有するラスト汽罐二八臺であつた。而して第三のものはアメリカン、ブリッチ、コムバニーのペンコイド工場に於けるバブコック式汽罐である。

第一表は上述のスターリング、ラスト及びペンコイド工場に据付けた汽罐と相似たバブコック汽罐(但し非常に大きな平爐と併用せるもの)を實驗して得た結果である。ベーコン氏の發表した三種の汽罐の實驗結果によれば其の成績は誠に良好である。少くとも熱吸收の上から見て良好である。表中試験番號一、二及び三の結果はベーコン氏の論文に發表せられたもので第四のものは普通の平爐に於けるよりもすつと低い温度の瓦斯を使用して得た結果であるから頗る興味あるものである。この最後のものにあつてはチェッカーから出て来る瓦斯の温度は他のチルチング爐に於けるよりも大して低温ではなかつたがチェッカーと汽罐の間に於ける放射熱の損失を防ぐ爲に特別の配置が施された。

第一表に於いて其の結果を比較すべき適當の基礎となるのは熱傳導率である、而してこれと共に加熱面一平方呎についての瓦斯の重量入口及び出口に於ける瓦斯の溫度及び發生した能力をも考へに入れる事が必要である。二つの異つた汽罐の成した仕事を直接に比較するには加熱面一平方呎に於ける瓦斯の重量及び入り來る瓦斯溫度が同一でなくてはならぬ。吾々は熱傳導率の法則よりして與へられたる状態の下にある汽罐より得た結果を正確に算出する事が出来る。今表中試験番號第四號の汽罐が同じく第一號の汽罐の狀態に於いてなした仕事の結果を考へて見る。第一號に相當する加熱面一平方呎についての瓦斯の重量に對し第四號にあつては總重量が一時間に九八、九五〇封度となる。この重量の瓦斯が第四號の汽罐を實際にある溫度で通過する時は汽罐は三六三汽罐馬力の出力即ち其率定能力の六七パーセントを發生する。然るに第一號の汽罐に於ける入口の瓦斯の溫度を以てすれば五〇〇汽罐馬力即ち其率定能力の九二パーセントを出す事となる。是等の數は試験の結果を比較するに當つて總へての因子を適當に考へに入れなければならぬ事を示したものである。

汽罐の位置及び連結烟道

初期の汽罐は已設の平爐に併用するために裝置せられた。是等已設の爐にあつては汽罐を烟道に連結するには反轉瓣と烟突との間に於いてするの必要があつた。これか爲めに汽罐は枝道となつた烟道を以て連絡する事となつた。平爐を裝置するに烟突をその中央にをく様にするのは以前からの方法でもあり又今日も行はれて居る、而してかくの如き場合には汽罐を分岐烟管の上にをく事が必要となる。而して乍ら汽罐は爐の中央にバイパス、スタックは分岐烟道にをく事を可とするか故に今日では多少此の方法によるものもある。かくの如くすれば瓦斯は眞直に汽罐に通して連結烟道内に於ける摩擦損失を減し且つ汽罐内に瓦斯を平等に分布する様な傾向となる。且つ又この方法によればバイパス烟道ダムバーを防禦する事ともなる。是等のダムバーは普通鑄鐵で作られ、若し直接烟道に通

する所に設けられる時は非常に高温度の熱を受ける事となる。

反轉バルブから汽罐に至る烟道は放射熱の損失を少くするために出来るだけ短かくしなければならぬ。而してかくの如き烟道の位置も亦重要なものである。普通是等の烟道は地下に設けるのである。其の深さは熱の上部よりの發散を防ぐに充分でなくてはならぬ。即ち地層の厚さ三呎から四呎を可とする。現存のもので已むを得ざる所から烟道の深さを僅かに一呎としたものがあるか熱の放射損失が頗る大きい。

連結烟道を常に清淨する方法を講ずる事は必要であるか又少し位の塵埃が堆積しても瓦斯の通過には差支へない位に烟道の面積に餘裕をとる事も同時に必要である。

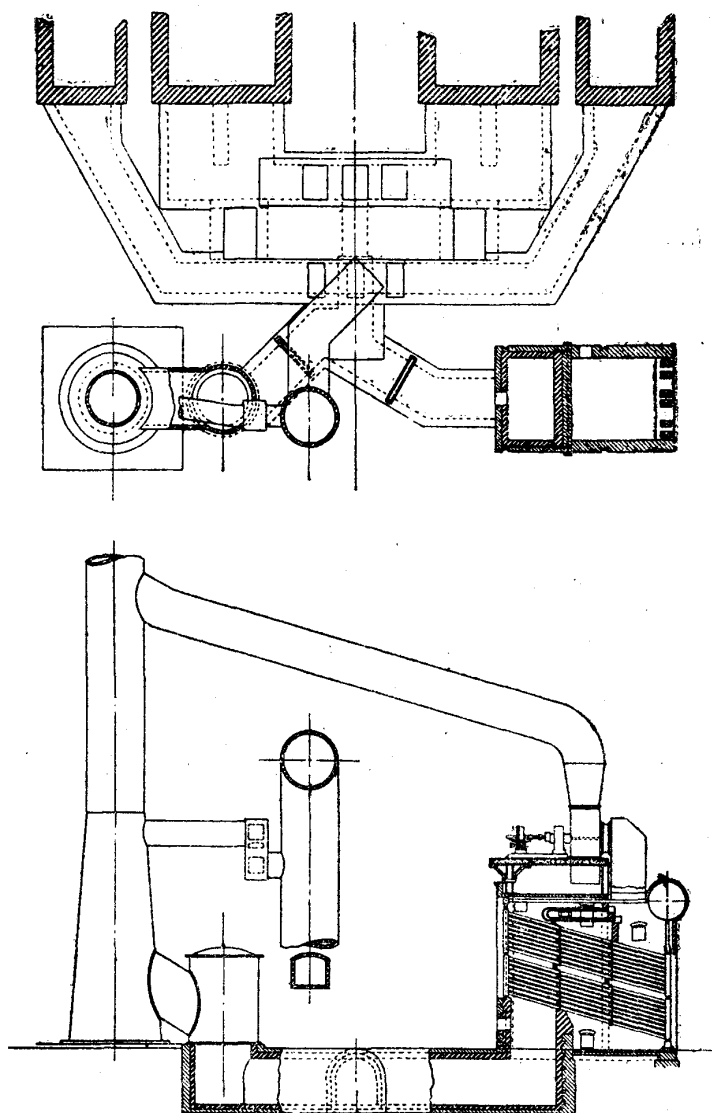
空氣の漏出

烟道の連結及び汽罐の煉瓦積を密にして空氣の侵入又は漏出を最小ならしむるは非常に重要な事である。空氣が侵入する時は瓦斯の温度を減少し且つ汽罐の能力に影響を及ぼす。

空氣の漏出による影響及びこれを少くする時に得べき利益については次に例を以て示そう。初期の汽罐の中で數年間運轉された爐と併用されたものかあつた。この汽罐を設置するに當つては已設の烟道に於ける空氣の侵入に對しては何等の方法も講せずして一一九時間の連續操業を始めた。始めの一日二日は入口に於ける瓦斯温度が非常に低くチェッカーと汽罐の入口に於ける瓦斯温度の降下が六五〇度にもなつた。この非常な温度の下降は長い烟道に於いて空氣が侵入したのと烟突のバイパスバルブに於いて空氣が漏出したかためであつた。而も操業中の事としてバイパスバルブに於ける空氣漏出はこれを防ぐ事は出来なかつたか烟道に於けるものは出来るだけ阻止した。かくの如くしたために遂には入り来る瓦斯の温度を一、〇〇〇度位迄上げる事を得た。而して一一九時間の操業に於ける入口に於ける瓦斯温度の平均は八五五度であつた。

第一表 平爐用廢熱汽罐試驗結果表

試驗番號	第一號 ^a	第二號	第三號	第四號
設置場所	Illinois Steel Co., South Chicago, Ill.	Indiana Steel Co., Gary, Ind.	Bethlehem Steel Co., South Bethlehem, Pa.	Lackawanna Steel Co., Buffalo, N.Y.
爐の率定能力(噸)	六五	七五	八〇〇	 ^e
實際の能力(噸)	七三 ^b	八五	八二・六	
汽罐の種類	スターリング	ラスト	バブコック	バブコック
加熱面積(平方呎)	四、〇〇〇	四、八八〇	五、二三二	五、四〇七
過熱度(華氏度)	一二八	一七六	一二一	九七
瓦スの重量(一時間封度にて)	七三、〇〇〇	八三、四三四	七五、二七一	七八、九四七
加熱面一平方呎一時間の瓦斯(封度)	一八・三	一七・一	一四・四	一四・六
汽罐に入り来る瓦斯の温度(華氏)	一二二・七	一一・五五	一、三六二	九八六
汽罐を出て行く瓦斯の温度(華氏)	六二・一	五三・〇	四九・三	四六八
温度の降下度(華氏)	六〇・六	六二・五	八六・九	五一八
汽罐の入口に於けるドラフト(吋)		一・四七	一・五五	一・七六
汽罐ダムバーに於けるドラフト(吋)		三・九五	三・二九	三・六三
ドラフトの損失(吋)	一・七八	二・四八	一・七四	一・八七
發生動力(馬力)	三三四・五	三九三・〇	四二五・八	三〇六・〇
汽罐の率定能力のパーセント ^f	八三・六	八〇・六	八一・四	五六七
扇風機に要したる汽罐馬力	 ^c	六〇 ^d	二四・三 ^c	
正味馬力		三八六・〇	四〇一・五	
傳熱率(概算)	五・〇八	六・九二	四・七七	五・一二



備考

- a 一〇回試験の平均
- b 概略
- c 電動機運轉扇風機
- d 五三馬力は給水加熱器に歸れり
- e チルチング爐
- f 總ての率定は一〇平方呎を一馬力とす

以上の操業を終つた後空氣の漏出する部を更に完全に修理して、第二回の操業を始めた。第二回の操業時間は一二〇時間て爐の狀態を第一回と略々同一ならしめた處か汽罐に入り來る瓦斯の平均温度は一、一五三度であつた。

第一回及び第二回の操業成績を示せば次の様なもので空氣の漏出か如何に大なる影響を及ぼすか、分る。

操業番號

第一回

第二回

汽罐に入り來る瓦斯
 O_2, CO_2

八・〇八

一〇・四九

一一・四六

八・二九

拔萃 廢熱瓦斯を蒸汽發生に利用する法

汽罐に入り来る瓦斯の温度(華氏)

八五五

一、一五三

汽罐から出て行く瓦斯の温度(華氏)

四二六

四七九

汽罐ダムバーのドラフト(吋)

三・九九

三・七七

汽罐の入口に於けるドラフト(吋)

一・八五

一・八五

ドラフトドロップ(吋)

二・一四

一・九二

扇風機用汽機に送りし蒸汽(汽罐馬力)

三五・七〇

二八・一〇

發生せる動力(馬力)

一三二・四〇

三〇〇・二〇

率定能力のパーセント

五三・八〇

八一・四〇

是等の數字より見るに空氣漏出を最小にしたかために汽罐に於けるドラフトの損失か〇・二二吋
 だけ減少して居る、これは甚だ興味ある事でこの場合には低速度の扇風機を用ゐられ得る。

烟道に於ける空氣の漏出は適當な設計と其配置によつて最小にする事か出来る。又汽罐に於ける
 空氣漏出は其設計、組立、煉瓦積みに際し又アスファルト塗料を塗布して以て最小とする事か出来る。

清 淨 法

平爐から出て来る廢熱瓦斯は非常に汚いため且つはその温度か低いため石炭使用の汽罐に於ける
 よりもその加熱面を一層清淨ならしむる必要がある。初期のものにあつては塵埃か管に附着する
 からこれを取去るのか困難であると思はれて居たか、經驗によれば普通の方法で充分に除塵する事
 が出来る。

現今運轉されて居る平爐併用の廢熱汽罐は大抵二十四時間に一回除塵されて居る。或る所の裝置
 て十一臺の汽罐を有するものに於いて實驗した所によると八時間をきに除塵するのか最も適當で
 ある様に思はれる。

或る數字によると除塵か汽罐を出て行く瓦斯の温度に影響して居る事を示したものである。さる所の装置では二〇時間、一〇時間及び六時間置きに除塵をしたものの試験結果を記録して居る。この記録によると二〇時間をきに除塵したものは除塵の前後瓦斯の温度に六〇度、一〇時間をきに除塵したものは五〇度、六時間をきにしたものは一〇度から三〇度の差異を示して居る。又他のある所では大きな汽罐を使用して居るか二十四時間の後に除塵して三五度の温度差を示した。この装置に於ける出て行く瓦斯温度三五度の降下は約二馬力の出力増加と相等しいのである。この能力の増加は二十四時間續くものではないか、而も四十八時間をきに除塵するものに比し少くとも一〇馬力の節約をなし得るものと言つてよい。一ケ年一馬力四〇弗としても一ケ年に四〇〇弗の節約を得る事となる。

清淨な汽罐内に於けるドラフトの損失は除塵されないものに於けるよりも少い事は今更言ふまでもない事である。而して除塵による扇風機負荷重の減少は大なるものでないにしても少くとも認識し得べきものである。

爆 發

平爐操業中には瓦斯バルブの反轉に際し特種の爆發を起す憂がある。この爆發は強弱の差異はあるか反轉の際清新な空氣と一酸化炭素とか混合するため起るのである。而してかくの如き爆發は爐か直接烟突に連結された場合には分らない事か度々あるけれ共汽罐を併用する時にはそれが明瞭になる。廢熱汽罐で烈しい爆發が起る時には汽罐の煉瓦積及び連結烟道に非常な害を及ぼすのであるから煉瓦積其他にステーを施し又は爆發戸を設けてこれ等の爆發に備へなければならぬ。

爆發に關する研究の結果、反轉バルブの操縦に適當の方法を用ゐる時は爆發を未然に防く事出来る様である。又たとへ爆發しても爆發戸を具へてをけは煉瓦積其他を害する様な事はない。

この反轉バルブ操縦法の主眼とする所は瓦斯及び空氣のチェッカーからのスタック、バルブを同時に開かない事である。

この反轉組織にあつては空氣スタック、バルブは瓦斯スタック、バルブを開いた後に充分長い間開いてチェッカーにある瓦斯が已存の瓦斯と他のチェッカーより入り来る熱空氣と混する前に一緒になる様にしなければならぬ。反轉に際してもこれに相當する様にしなければならぬ。

この方法を用ゐた或る装置では五日間四—一回の反轉をなす間に四〇回から四回まで爆發を減する事が出来た。

尙他の或る装置では一種の内部連結バルブを使用して居るか、最もよいのは以上二つのものを聯合せしめたものか一番適當である様に思はれる。

節約

米國にて已に設備され又近く設置されんとする廢熱汽罐は九〇、〇〇〇汽罐馬力を超えて居る。是等の汽罐は一九〇基の平爐と併用され、是等平爐は年々合計九、二〇〇、〇〇〇噸以上の鋼を製出して居る。經驗によれば廢熱汽罐を平爐に併用するために製鋼費用は一噸につき二〇仙から二五仙位節約されて居るから、噸二〇仙と見ても一ケ年間總計一、八四〇、〇〇〇弗を節約し得るものと見てよい。更に他の方面から見ると、是等汽罐の發生する動力は率定能力の六〇パーセントと見て五四、〇〇〇馬力となる。製鋼工場に於ける一汽罐馬力の價は種々の因子によつて異なるが先づ一ケ年三五弗五〇弗と見てよい。今假りに一ケ年三五弗とすれば五四、〇〇〇馬力の價は一、八九〇、〇〇〇弗となる。廢熱汽罐はその設計が特別なために石炭使用の汽罐に比し費用を多く要する、而してそのより多くの費用は扇風機の代價、烟道及び建築材料の費用が主なものである。建築材料は已設平爐に新に汽罐を併用する時は特に多くの費用がかかる。而も廢熱汽罐の利得は是等の建設費用を補ふて余りあ

るのである。

最初廢熱汽罐を設置した時にはこの汽罐を併用するために平爐の操業を著しく妨げる事であらうと心配されて居た。處か實際使用して見ると結果は全然反對で爐の操業時間は却つて短くなつた。今一例を舉げて見れば或る一臺の三五噸能力の爐に廢熱汽罐及び扇風機を裝置しこれを他の汽罐を併用せざる五臺の爐と一線に据付け、同様の操業を施した。處か廢熱汽罐を具備したものは一操業に九・一七時間を費したのに然らざるものは一・一七時を要した。又能力の異なる八臺の爐についても操業時間の節約に關する實驗を行つて見た。是等の爐は其の率定能力が異つて三五噸から七五噸で實際の出力は四〇噸から八七噸であつた。是等八臺の爐は廢熱汽罐を併用しない時に調へた處によると一操業時間か平均一二・一時間であつた。然るに同一の爐に廢熱汽罐を併用して見た處か一操業時間か平均一〇・八時間となつた。而して一操業に於ける總噸數は五〇七噸で、一操業時間の減少による増加噸數は一ケ年四二、〇〇〇噸となる。

尙この外にも廢熱汽罐に具備する扇風機によつて平爐の壽命を長くするといふ利益もある。

(By Arthur Pratt)

◎硫黃と燐の鋼鐵に及ぼす影響に就て

(The Iron age Dec. 7 1916.)

サ
ー
チ
生

西曆千九百十六年八月二十二日倫敦に於て開催せられたる鐵鋼協會秋期大會に於てジェー・スレッド博士は鋼の物理的性質に及ぼす或元素の影響に就て價值ある論文を發表した。該論文は九十一頁に