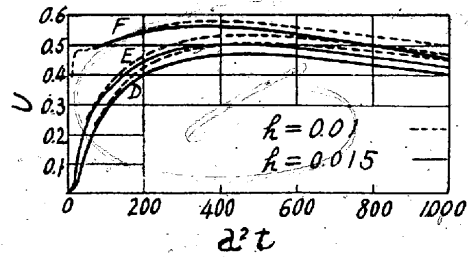


第29圖 スラブ形鑄型、狭い面の中央部、hの影響

い面に比して両者が一致し易い。即ち A, B と D, E を比較すれば判る。h の値の變化の影響を知る爲に A~F の各點に就て  $h=0.010$  とし再計算し、之を



第30圖 スラブ形鑄型、廣い面の中央部、hの影響

となる如く後退せしめれば、鑄型内面に近い位置の温度は先づ極大に達し、次で急激に減少し、再び第2の極大に達するであらう。残念ながら British Association

のベツセル面數表では 8 桁以上の値、或は  $\mu_m$  の値を正確に求め難く、又 8 桁では之を證明するには十分ではないから、計算例を示すことは容易でない。併し鑄型内面に近い或る位置の温度上昇が遲鈍となり、或は降下する時刻を以て鑄型壁より鋼塊の分離する時間を決定することは十分な方法でないと言ひ得る。

第 29~30 圖に示した。

C 及び F 點に於ける加熱速度が急激に減少してゐることは注意に値する。若し實測で斯かる曲線が表れるとすれば、加熱速度の急激な減少は、鑄型と鋼塊との接觸が失はれたことに原因するものである。然るに理論は両者が常に接觸してゐるものと假定してゐる。鋼塊と鑄型の接觸面たる  $r/B = 7/9$  の曲線を時刻零に於て  $U=0.5$

## 加熱爐築造上の指針

(Theodor Stassinot: St. u. Eisen, 1940, Sept. 12. S. 809)

\* 佐々木茂弌譯

(内容): 加熱爐操業に對する耐火材内張の重要性; 加熱材表面層及びスケール層の温度並に天井及び爐床の温度との關係; 固状或は流動狀態の滓除去; 爐床の鹽基性或は酸性内張及び斷熱と冷却; 均熱爐と連續式加熱爐に於ける鍛接爐床の荷重狀況; 滓除去に便なる加熱爐構造と操業方法の重要性; 爐の壁及び天井の内張; 迫天井と吊天井; 爐天井の斷熱、水冷せし抽出形金物に關する試験; 水冷却及び非水冷却式滑軌係配置上の指針

加熱爐を操業結果より批判し、その命數に影響する條件に關し述べたものとしては A. Rotter の報告を措いては他に詳細な記述は見當らない。爐の装置及び其と關聯のある加工作業を經濟的に見た場合、之は唯作業時間中の能率のみならず爐の装置の利用性と深い關係があるのであらうからこんな事では遺憾である。多くの場合爐の構築狀態並に機械的熱的、化學的の操業の諸要求に對する抵抗の程度が良商品の生産を高めるために重大なる役割を演ずるものである。其故すべて操業者にとつて重要な關係がある事をよく認識した上で熱技術者、爐専門家及び歴延技術者よりなる Düsseldorf の動力經濟及び作業經濟研究所の爐委員會が度々會合して主に耐火材と加熱材の移動裝置に關する問題を討議した。會議は狭い範圍に限られたものであるが、兎も角最近絶えず幾多の研究費を要し多くの反撥を受けねばならなかつた加熱爐の新設及び改良に於ける缺陷を確める事が出来たので會議の結果は注意に値する。之等の理由からしても現在は凡ゆる材料を極度に節約し、或は設備能率を最高度に發揮する事が要望せられる時代であるから、爐委員會の専門的討議に依る詳しい事項の摘要を今こゝに報告する。この報告の作製に參與せられたる諸賢に對し滿腔の感謝を捧げるものである。

### I. 爐床の内張

1. 一般事項 加熱爐の耐火材内張(裏付)をなす場合特別な困難は主として温度約  $1000^{\circ}\text{C}$  以上の範圍に先づ起るのである。該温

度は均熱爐、肌燒爐に於ては爐床全面に及び、又連續式加熱爐及び轉がし式加熱爐(Rollöfen)の場合には連續作業下にある抽出爐床(Ziehherd)及び鍛接爐床(Schweisst.erd)に擴がつて居る。この爐の各部の蒙る作業條件は、爐床上に於て静止し或は移動する加熱材の壓力、衝擊及び摩擦によるものであり、温度分布、加熱材と爐床耐火材より形成された滓の化學的侵蝕とによるのである。

第1表に機械的荷重の尺度の標準として爐床に存する加熱材の爐床面積當りの壓力が示されて居る。その壓力は鋼塊或は板状鋼塊が均熱爐に於て直立して居る場合に最も大である。スケール量は燃燒ガスが加熱材を熱化學的に侵蝕するために生ずるのであらうから今之を爐床の煉瓦に加はる作用の尺度と見ることが出来る。第1表に爐床面積平方米、1時間當りのスケール重量の尺度で記入されて居る。其に依ると均熱爐の爐床のスケール脱落量と連續式加熱爐及び轉がし式加熱爐(Rollöfen)の抽出爐床に於けるスケール脱落量とが大約同程度であるから後者は全爐床面積の荷重が遙かに小さい。第1表の示す内容は次の事柄に該當する。即ち爐床面積平方米、毎時當り  $400\sim 1500\text{ kg}$  まで裝入量を有する均熱爐の效率は僅に約  $100\sim 400\text{ kg/m}^2\text{h}$  の連續式加熱爐及び轉がし式加熱爐の效率よりもずつと高いことを示す。しかしスケール脱落量のみならず又その聚合狀態とスケールによつて形成された滓は固状であつても又流動状にあつても何れにしても爐の命數と作業にとつて標準となる。これ等の兩者は詳しく後述する所の温度と關係を有するものである。爐床上の爐内温度分布は次の事項に依つて形成される。

1. 爐天井の温度と燃燒ガス温度。
2. 加熱材表面の温度。
3. 加熱材スケール層の温度。
4. 爐床の温度。

熱の移動の法則に従つて常に燃燒ガスの温度、天井、スケール層、鋼塊表面並に爐床の温度との間には温度差が存する。その爲に

\* 日本鋼管會社技術研究部

第1表 加熱爐に於ける爐床荷重狀況とスケール脱落量

		最高値・最低値	
1. 爐床面壓力			
均熱爐	kg/cm <sup>2</sup>	2.40	0.88
連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐	kg/cm <sup>2</sup>	0.37	0.03
2. 爐床面積平方米、毎時當りスケール脱落量			
均熱爐	kg/m <sup>2</sup> h	25.0	10.0
连续式加熱爐及び轉がし式加熱爐*	kg/m <sup>2</sup> h	5.0	1.5
(爐床全面積)			
连续式加熱爐及び轉がし式加熱爐	kg/m <sup>2</sup> h	35.0	8.0
(抽出し爐床面積)			

\* Stoß-und Rollöfen,

加熱材の表面温度(抽出温度)は加工行程にとつて重要なことである。この表面温度は加熱材表面に附着して居るスケール層の温度と混同しては不可ない。スケール層の温度は爐内では抽出温度より高く、爐外では低い。抽出温度(Ziehtemperatur)は歴延工場の變形加工及び鍛錬或はプレスの下で得られる鋼材の性質を一度は必ず確保して置くべき程度のものであるべきである。加熱と加工の際に生ずる酸化は加熱材表面の“汚れ”をとるから望ましいものである。又加工時間の長いための温度降下及び加熱材の横断面に対する表面積との割合の増大が抽出温度選擇上重要である。特に高炭素鋼、合金鋼は往々燃焼し易く且周縁炭灰を受け易いから抽出温度の選擇には特別の考慮を要するがこの場合は度々機械的方法或は他の手段によつて清掃を行へば目的を達成することが出来る。

次に先づ一般的である低炭素及び非合金鋼の場合に就き主として論ずる事にする。表面の汚れた鋼塊、又は長時間激しく連続的に加工せる半製品の場合には抽出温度の最上限は約1300°Cである。

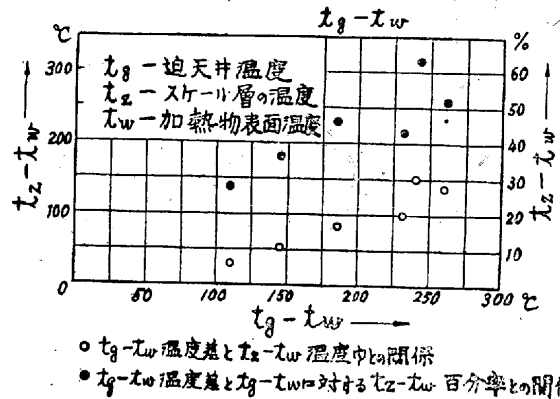
表面の清掃された鋼塊、既に粗延を終りスケールの取除かれた半製品並に加工に大なる動力を要せざる短時間加工の場合等には適正抽出温度は約1150°C以上である。

之は一般の場合の鋼塊抽出温度の選擇上の作業原則を示しては居ないが、その大體の順序程度は明かにされてある。

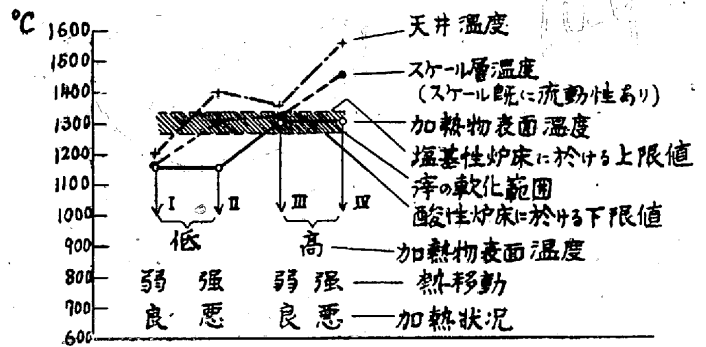
單位時間に於て加熱材への熱の傳導が高い程焔ガスと天井の温度は加熱材温度よりより以上に高い。加熱時間の各時期に於ては熱の傳導が非常に異なる。一般に温度の最高値は加熱時間の初めの1/3及び2/3の時期に現はれる。一方加熱時間の最終時期に於ける抽出前に熱の傳導が著しく降下する。之が加熱材を萬遍なく加熱するに役立つ。例へば若し繼目無し管を作る厚丸鋼塊や鍛造用の鋼塊の如き均一なる加熱に重きを置くならば、燃焼ガス或は天井と鋼塊表面との間の温度差は特に最終加熱時期に於て小さくなければならない。唯薄い小鋼片の如き場合には之等の抽出前の温度差の大なることが許容され得る。多くの場合は適當な良好なる加熱を行はんと努めるが、しかし爐の高効率を考慮して技術的に遅れた連続式加熱爐(Stoßöfen)に於て不良の徴候を示した場合例へば上方よりの一方的加熱、側面よりの加熱の不良、並に前面に於ける短い焔の燃焼する場合に爐内の良好加熱を得んとして加熱時期の終りに比較的大きい温度差に強ひる場合がある。

これ等の關係を考へて 50~250°C までの天井と加熱材表面との間の温度差を 1200°C と約 1550°C との間の天井温度範圍に相當

せしめて計算に入れなければならない。同時に熱の傳導の増大並に天井と加熱材表面との間の温度差は主としてスケール層と加熱材との間の温度差に影響する所が著しい。スケール層の温度は抽出温度と密接な關係に在る。高效率にして異なる多くの爐に於て、天井及び加熱材表面温度及びスケール層の温度の測定結果は次の事實を示した。即ちスケールの下部に在る表面温度とスケール層の温度差は、天井と加熱材表面温度との間の温度差と共に増減し、その値60%まで増大する(第1圖参照)。それ故に熱傳導の大小に依つて低抽出温度の場合、スケール温度の限界値として 1150+50.0.1=1155°C, 1150+250.0.6=1300°C が計算より求められる。又高抽出温度の場合は 1300+50.0.1=1305°C, 1300+250.0.6=1450°C が求められる。加熱の終期に於ける加熱爐の抽出爐床及び鍛接爐床の4つの所謂限界温度を



第1圖 加熱爐に於ける天井、加熱物スケール層及び加熱物表面温度との間の關係



第2圖 引出し爐床及び鍛接爐床に於ける温度

第2圖に於て總括した。圖に於て陰影の範圍はスケールから又爐床の爐材から生じた滓が流動状態と成る温度範圍である。その温度範圍は爐の操業方法及び設備の選擇にとつて極めて重要な意義を有するものである。その範圍は第2圖に示された如く2つの水平線によつて操業經驗に基いて限界が附される。上方の水平線は鹽基性爐床(マグネサイト爐床)の場合の滓、又下方の水平線は酸性爐床(Quartzschiefer-sand 爐床)の滓に夫々當てはまるべきものである。しかし兩者の場合に於ける滓の軟化及び熔融は或る温度範圍を包括して居り、この事實は特に注目すべき點である。而してこれ等上述の温度は熔融状態に於ける爐床温度と滓の温度との光學的溫度測定に基いた單なる一要點を與へるに過ぎない。又第2圖は滓の流動化が如何なる温度条件下に可能であるかを示したものである。所謂

固状滓 (trockene-Schlacke) を望むならば鹽基性爐床、良好なる昇熱及び抽出爐床に於ける適正な抽出温度を得るやうに努めるべきである。流動滓 (flüssigen-Schlacken) は或る酸性爐床、高抽出温度と急激な昇熱に依つて益々多く生成されるものである。爐床内で作られ或は脱落せるスケールの量はこの兩方法で増加せらるゝことを注意しなければいけない。

滓を熔融し流動状として爐床から取除くために、高抽出温度を適用する機会を歴延計畫に於てとらへるとか又爐床上に加熱材の載つてゐない場合即ち休憩時を有利に利用し爐床の高温効果を利用するのが普通である。けれどもこの際重要な前提として爐床の温度を充分高くする事であるが、しばしば種々の原因によつて大なる困難に突き當る。爐床の温度は爐床への直接の熱輻射が強くなればなる程又加熱材によつて被はれることが少なくなればなる程一層大となり、燃焼ガスと天井の温度に接近する。かくの如き關係が存在するために、一部流動状滓を生成せしめて操業を行ふ、突き落し式加熱爐 (Durchstoßen) の場合の如きは爐床が全面に加熱材を以て被はれて居る關係上大なる困難を生ずる場合がある。又流動状滓の生成如何は爐床の外部への熱の放散と云ふ現象に大なる關係を有する。即ち爐床煉瓦積がどの程度に厚いものが、爐床の下部が斷熱されて居るか否か、冷却されて居るか或はその表面に冷却装置を備へて居るか否かに關係を有する。例へば突き落し式加熱爐に於て水冷却の滑軌條 (Gleitschienen) を備へて居るか又抽出溝形金物を備へて居るか否かが流動状滓生成如何に影響する。又氣密でない空氣の侵入を許す爐床は爐床上に生成され、熔融した滓層を再び凝固せしめる程の多くの熱を放散せしめる。斯くの如き外氣が侵入することは爐床を直接に冷却せしめる結果となるわけである。一方氣密である爐床は一度熔融した滓を流動状態に於て流出せしめる。

高温度に加熱された爐床上の空間は煙突と同様の作用を生み、下方部分に配備された滓の流出孔を通して外氣を吸ひ込む。しかもその吸ひ込む程度は爐床上の空間が高くなればなる程又爐床面の傾斜が大となればなる程強くなる。例へば轉がし式加熱爐に於て爐の前壁からの抽出扉の距りに關係し流出速度の大きいバーナーの配置状態によつて注入作用を生じ外氣を容易に吸入せしめる。滓を流出せしめる場合往々經驗される困難は侵入外氣が冷却作用を及ぼすことである。この現象は大きな出口を有する突き落し式加熱爐の場合に特に著しい。外氣の流入に對する對策に就て實驗された結果に關しては以下に詳しく述べる。之等上記の點以外に抽出爐床或は鍛接爐床に水冷部分を裝備することは流動状滓の形成を阻止すること明白である。

温度狀況とスケール脱落量及び滓量並にそれ等の聚合状態等の相互關係に就て詳細に記すことは必要である。それ等に關しての充分な知識がなければ加熱爐の築爐及び操業に就て詳しく記さんとする次の記述が内的論據を缺くこととなる。主として建設せんとする爐型の成果を初めより判定せしめる所の念入りに批評することは加熱爐の新設の項に於て詳しく述べ、更に加熱爐の爐床、天井及び爐壁用耐火材に關し詳しく述べる。

2. 爐床の裝備:— 加熱爐爐床は獨特の耐火煉瓦積が行はれる。均熱爐では粘土質煉瓦の約4層より成る。即ち A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub> 級粘土質煉瓦或はマグネサイト煉瓦の層より成る。連続式加熱爐或は轉がし式加熱爐の場合は平たい爐床面煉瓦積と爐端に於ける煉瓦積が高級粘土質煉瓦 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> を以て 1~3 層に築かれる。

下積煉瓦の上には損耗層が設け並べられる。其の損耗層は均熱爐

に於て鹽基性である場合は一層の平たい爐床面煉瓦積と爐端のマグネサイト層 (マグネシア層) 煉瓦積から構成される。又連続式加熱爐或は轉がし式加熱爐の場合には、平たい爐床面煉瓦積が 1~2 層のマグネサイト層より、爐端では1層のマグネサイト層より構成される。最上部の層は往々燒結ドロマイト、粒状ドロマイト或は其に類似の鹽基性材より構築される。これ等は燒結せしめるか或はタールを混合し或は又珪砂で容易に燒き固められ、滓を充分にその上に撒布する。又往々前以て水を進出せしめて良く均す。酸性内張の場合は最上部の損耗層を珪石煉瓦を以て築く。例へば Quartzschiefersteine 又は石英や珪砂に滓を混せて構築し燒固める。

下積煉瓦の下方は事情によつて局部的に冷却区域は斷熱層を設ける。基礎工事は煉瓦積或はコンクリートで構築する。— 爐床を冷却すべきか或は斷熱すべきかの問題は確定的には決め得ない。— しかし熱的機械的に特別に耐へる必要のある爐床の場合は下積煉瓦が多くは冷却されるやうに設けられる。連続式加熱爐或は轉がし式加熱爐の爐床の場合は高温に曝される下積煉瓦と現はれる滓の凝固突出は多くは冷却に原因するものである。しかし一方其に對し實際には斯様な滓の凝固突出は主に爐床より入念に滓を取除かない爲か又は滓が停滞するためであるとされて居る。何れにしても、Sterchamol (譯註: 斷熱煉瓦の一種) と耐火斷熱煉瓦の 1~2 層からなる抽出爐床の斷熱は、同時に基礎煉瓦積或はコンクリートの土臺の過熱されることより保護する故に多くの場合に有效であることが判明した。斷熱は又爐床上の空間温度が餘り高温でない場合、滓を流出せしめる必要のある時に有效な手段である。損耗層が鹽基性である場合にはマグネサイト (譯註: マグネシア・クリンカー) で構築された爐床内張が最も熱的に機械的に抵抗性が大きであることが認められて居る。酸性内張の場合には滓の取除きが實際容易であるが、爐床の耐久性は小さい。其故に連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐に酸性爐床を適用する場合は主として鋼塊及びピレットの重量が 1000 kg 以内の時に限られる。又酸性とすべき爐床は加熱材を抽出す際に爐床上を曳摺らずに抽出す爐床個所に主として局限するべきである。均熱爐の如き特別の操業を行ふ場合には下端に凸凹を有する直立した鋼塊が爐床に壓し込み、そのために容易に鋼塊が倒れ難くなると云ふ理由で、爐床の損耗層を酸性内張とすることが有効である。

總ての鹽基性爐床の不利である點は、滓が堆積する傾向が大であることである。滓が流動状態で除去されない場合には、加熱材が轉がし式加熱爐内で轉がすことを極めて困難ならしめる隆起を形成する。又連続式加熱爐の場合は加熱材を押し進めることを阻止する。均熱爐に於ては鋼塊を倒れやすくする隆起を爐床面に生ずる。而して爐床の取毀しは非常に厄介な、しかも慎重を要する仕事である。爐床を取毀す場合は豫め爐床を冷却せしめる必要がある。例へば水を進出せしめて冷却を行ふ結果爐壁と天井との命數を縮める結果となる。斯様な理由のために連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐に於て鹽基性内張なる場合に非流動状滓をなるべく入念に度々排出せしめる習慣が生じた。又例へば鑄物屑などを爐内に投入し、非流動状滓を容易に熔融性ならしめ、順次溶解せしめる。滓の取除き孔は一部石炭或はコークスを以て、一部直接にバーナー加熱によつて開孔せしめて置く。若し低い加熱材抽出温度で操業する場合は、例へばモルガン爐の如き非常に爐幅の廣い場合に往々困難を伴ふ作業であるが、入念に連續、滓を取除かなければならない。爐床が苛酷な操業条件下に置かれぬ場合、又薄いピレットの抽出とか適度の抽出温

度の場合には酸性爐床、特に珪石或は珪砂による爐床内張が良成績を示した。修繕するためには石英、珪石煉瓦屑或は珪砂を利用する。

均熱爐 (Tieföfen) に於ては滓の除去と云ふ問題はその爐の發達によつて決定的因子となつた。流動状態で滓を充分に除去出来ない場合には滓層が増大し、その如何は次の修繕までの操業継続時間の長短を左右する。除滓の點より、加熱材1個宛を分離された數多くの小加熱室に夫々装入し加熱を行ふ分室式均熱爐 (Zellenöfen) に對抗して最近盛に使用されるに至つた加熱材を大きな1加熱室にまとめて装入し加熱する單室式均熱爐 (Herdofen) は或る認むべき長所を有する。加熱技術の觀點より兩者の爐の長短に就て記せば次の通りである。單室式均熱爐の長所としては、設備場所の小さくて済むこと、耐火材が少量で足りること、大なる効率、熱供給及び温度變化に對する順應能力並に温度分布の均一であることが擧げられる。短所としては爐内に装入された鋼塊が倒れ易いこと、軟硬鋼及び合金鋼の如く種々異なる鋼種を装入加熱する場合、後者に對しては昇熱狀況が餘りに苛酷な状態となる虞のあることである。一方分室式均熱爐の短所としては除滓が極めて困難を伴ふと云ふことである。

## II. 爐壁 (Seitenwände)

均熱爐 (Tieföfen) の爐壁は加熱爐の爐床と反對に實際に蒙る熱的機械的化學的作用が小さい。爐壁の受ける作用としては主に温度と温度急變に依る影響に限られ、又爐壁の最下部が往々流動状態に侵蝕される程度のものである。其故に高温度下にあり且煉瓦積の大きな壓力を受ける如き場合には使用耐火煉瓦として高熱間荷重軟化點を有する珪石煉瓦を選ぶ。温度急變が極めて激しいやうな場合には珪石煉瓦よりも耐熱急冷抵抗性の大なる粘土質耐火煉瓦を選ぶ。流動状態による侵蝕はマグネサイト煉瓦を以て爐壁最下部を築き之を防止する。普通には連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐の爐壁は粘土質耐火煉瓦によつて構築される。分室式均熱爐の場合は1級の珪石煉瓦を適用する。單室式均熱爐の場合には爐壁の下部のみに珪石煉瓦を使用し、上部は粘土質耐火煉瓦を以て築く。この單室式均熱爐の上部壁を粘土質耐火煉瓦を以て構築するのは、單室式の場合には天井の移動により熱放散が極めて大且速かであり爐壁の冷却が避け得られないためである。

高耐火煉瓦を以て構築される壁の厚さは、均熱爐の場合は350mm 或は其以上とし、その外側を堅牢な粘土質煉瓦で補強する。連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐の場合は250~380mm の厚さと限定する。斷熱煉瓦を以て厚さ120mm まで爐壁を斷熱することは、新式の爐に於て一般に採用されて居る。连续式加熱爐の場合、爐の構造上から困難を伴ふ個所としては全加熱物の重さを受ける滑軌條を支へる桁煉瓦積 (Trag-mauerwerk) と支持柱の役目をなす煉瓦積部分である。普通にはその煉瓦積には粘土質耐火煉瓦が使用されて居る。然るに熱工學上優れて居る爐下部よりの加熱方法 (Unterbeheizung) を连续式加熱爐に適用せんとする場合は、高温であるため、その上下部加熱であるために熔融し流動状態となつたスケールの化學的侵蝕に對して抵抗性ある鹽基性耐火材を桁煉瓦積に使用する傾向がある。

## III. 爐天井 (Ofengewölbe)

天井は爐式に従つて、迫天井或は吊天井の如く、移動式或は固定式に構築される。天井は一般に高温度並に温度急變に曝されるが、滓による侵蝕は小さい。又粉炭燃焼及び半ガス燃焼を行ふ場合の灰

の飛散するための侵蝕も小さい。其故に天井用耐火煉瓦としては先づ温度急變に耐へるものでなければならない。それには最高級の粗粒質の粘土質耐火煉瓦を選ぶ。連続式加熱爐の高温度とならない個所には廉價なる低級の粘土質耐火煉瓦か或は耐火斷熱煉瓦を使用する。天井の機械的の歪力は、煉瓦の熱膨脹性状に依つて極めて不定のものではあるが、一般に迫抱きに於ける壓力に限られる。この歪力を、自由に弛め得る或は抜き差しし可能である可動鉤で留め又は加熱中に鐵帶を弛めて減少せしめる。

こゝ 2,3年來、爐天井を斷熱することが研究された。爐内温度1100°C 以下である場合には普通の方法で斷熱を行つて何等支障を來さなかつた。例へば連続式加熱爐の抽出爐床の如き場合である。又鍛接爐床上の天井を特殊な2,3種の煉瓦を以て斷熱し、非常に優秀な結果を得た。1例を示せば、120mm 厚さのマグネシオン煉瓦 (譯註: 多孔質マグネシア煉瓦) を以て天井を斷熱した結果は好成績で、斷熱に依る熱節約が非常に大きかつた。同様に轉がし式加熱爐の鍛接爐床上の天井個所を同煉瓦を以て築いてみたが、その爐内温度1450~1500°C にして温度急變が極めて激しかつたにも拘らず良成績を示した。2ヶ年操業後に爐が修繕されたために確實なる命數は判らなかつたが、修復後もマグネシオン煉瓦は完全に保持されて居た。他の例では爐内温度1330°C にある抽出爐床上の珪石煉瓦天井を斷熱煉瓦1層を以て斷熱し2ヶ年間持續した。これに反して抽出爐床上天井の粘土質耐火煉瓦を斷熱した結果は良成績が得られなかつた。而して爐床上天井の斷熱可否を種々の高級煉瓦に就て試験することは望ましいことである。最近煉瓦の長さの方向に氣孔率の減少したシリマニット煉瓦 (Sillimanit) が製造され使用された。斷熱し、爐内温度1700°C までの高温を望む業業方面に使用され良成績を得ることが期待されよう。他面连续式加熱爐の斷熱せざる爐天井は冷却作用存在するために命數が高い。

迫天井の命數は迫抱きの型式及び締付け状態の軟弱性に決定的に影響される。打出狀火焰による歪力と、外氣の吸ひ込み現象が均熱爐の可動式天井に現はれる。それは熱衝擊と機械的衝擊とを天井を移動せしめる際に惹起せしめる。煉瓦が接する場合容易に煉瓦と固着し、その結果天井を移動せしめる際にその煉瓦を引き抜く事態に至らしめる虞のある點を避けるために迫抱きを可動とし又冷却すること、天井の接觸外肋を保護することは望ましい。著しく爐巾の大きい爐の場合には多數の交叉狀天井 (Quergewölbe) を配備する。その中間の把持装置が水冷却された管で吊られる。

天井煉瓦が著しく高い温度に持ち耐へなくともよい場合、例へば1000°C の燒純爐の如き場合には天井を今日耐火斷熱煉瓦で築いて居る。斯様な天井は粘土質の普通煉瓦で築いた天井よりも50% 以上も輕量である。斯くの如き天井は既に例へば5~6.5m の直徑の圓天井の如きかなりの大きさまで築かれて居り、機械的の歪力が相當に大なるものであつたが良く持續した。

迫天井及び吊天井が如何なる場合にも適用され得るかとの問題に對しては次の事柄が言へる。吊天井の主たる利點としては、爐巾全體にわたる廢棄ガスと熱の移動の適當なる分布狀況を得る事と修理の簡單であることが擧げられる。又或る限界内では、例へば爐斷面を小ならしめ、爐床に於ける燃焼ガスの流速を調節せんとする場合に天井の高さを變へて容易に目的を達することが出来る利點を有する。吊天井の命數は一般に充分大きいものであるが、實際には著しく操業狀況に左右され、2~7年と報告されて居る。

一方吊天井は迫天井に比較して高價であり、それを用ひた場合、

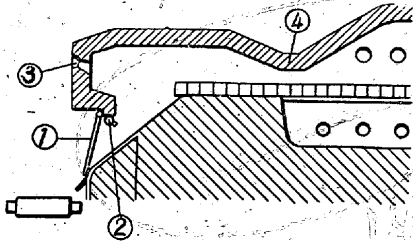
爐天井が吊られて自由に動き得る結果爐壁が機械的に容易に傷められて命数が縮むと云ふ缺點を持つ。迫天井の斷熱は極めてよく行はれ得るが、吊天井の場合は吊手が斷熱材と接觸しないやうにされなければならない。吊天井が不完全である場合には多くは通氣性となる。この事象は爐高の大きい場合に特に不利益である。又外氣を爐内に吸ひ込むことは熱効率を低下せしめる。或は吊天井がその繼目の隙間を通し未燃焼ガスと火焰を通す場合には吊手を損傷せしめて危険である。

新型式の幾らか爐床面の傾斜した轉がし式加熱爐の場合に外氣の吸込みがみられ、その結果燃焼が正常にも拘らず 70% の過剰空氣が看られた。迫天井の場合は入念に氣密とすることによつて過剰空氣を 38% まで低下せしめ得る。吊天井の場合は纖維狀石棉を隙間に挿入して吊天井の上部の煉瓦繼目を氣密ならしめるやう努めた。又内張用煉瓦を天井上面に載せてモルタルで繼目を固着せしめるやうになるべく努力した。又或る場合には吊天井の爐蓋に枠を取付け同時に石棉で繼目を密にして良結果を得た。

一般には迫天井が極めて堅牢である理由から約 3m 程度の巾の狭い爐の場合には迫天井が多く適用され、一方爐巾 3.5m 以上の場合の爐には多く吊天井が適用される。

IV. 加熱材の移動

抽出爐床から加熱材を抽出す際は困難を伴ふものである。その爲特殊の連続式加熱爐が發達した。重い加熱材は抽出爐床の耐火材を甚しく損ひ、滓の増加は又抽出爐床に於ける鋼塊の回轉と方向變換を困難ならしめる。この點高能率と高温度とを望む操業者にとつて大なる負擔となる。この事實が突き落し式加熱爐(Durchstoßöfen)を發達せしめた。この種の型式の爐に於て加熱材を爐外に抽出するためには極めて小さい力で足りる。又爐外に抽出す爲の普通使用される附屬裝備たる鐵挟みと鈎を備へたロープホキール (Seilzüge)、鉄付起重機 (Zangenkräne)、叩き鎚、水冷せる挺轉子(ピンチローラー、Klemmrollen) 等々を不要とする。加熱材移動のこの單純化は非常に高能率ならしめること、鋼塊を速かに連續移行せしめ得る點に於て著しい利益を有することが解る。しかしこの利點を有する反面加熱材の抽出口を通して多量の外氣が侵入し、鍛接爐床に於ける加熱材を強く酸化せしめる。又適正なる燃焼關係を亂し、抽出口近くの滓を凝固せしめ、爐床面を嵩張らせる。或る場合には所要全



第3圖 連続式加熱爐に於ける侵入外氣に対する対策

空氣量 7,700 Nm<sup>3</sup>/h に對して約 3,300 Nm<sup>3</sup>/h の外氣が爐内に侵入した。その侵入外氣は一部燃焼した燃焼ガスと混合し、抽出口の後方約 1.5~2.0m の範圍に鋼塊の温度最高値を後退せしめる。

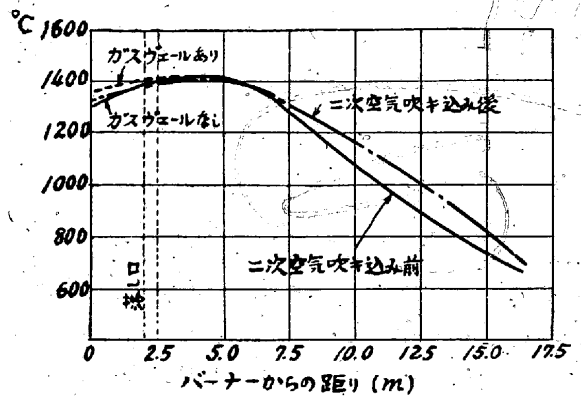
侵入外氣は特に爐内の裝入加熱材の少ない場合に著しい影響を及ぼす。斯くの如き影響を及ぼす外氣の侵入を防ぐ対策として多くの裝置が試用された。その対策の主なるものを掲げると次の通りである(第3圖)。

- ① 抽出口を閉鎖するための適當なる被覆裝置。其は自重に依り或は機械的、電氣的操作によつて加熱材の抽出しに際し具合よく閉閉せられる。
- ② 抽出口全面に遮斷ガスを吹き込むか或はガス・ヴェールを形

成せしめる。その結果侵入した外氣は直ちに燃えて高温にある燃焼ガスとは混合しない。

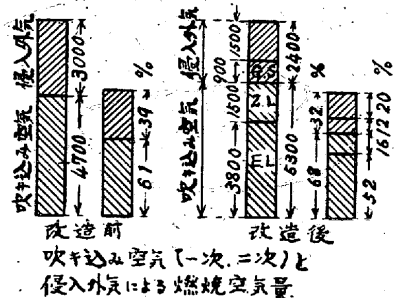
- ③ 爐前壁の壁に設けられたバーナーの尖端の傾斜角を、侵入外氣をガス燃焼用に利用するため、或は加熱ガスの外氣の吸引を弱める爲、更に又注入作用を避ける爲のガスと空氣に適當なる噴出速度を與へるために變へる。
- ④ 抽出口側の爐床の落し口 (Ansstoßkante) に於ける壓力を高め、斯くして外氣の侵入を減少せしめるために、天井の一部を下方に引下げて落し口少し後の爐内空間をくびらせ、落し口の後方に於て堰止めて有効に壓力を高める。
- ⑤ ダンパーによる爐内壓の降下の防止。

第4圖は應急に上記の対策の實施せられた裝備の成果に對する1例である。この例に於ては遮斷ガスを吹き入れることによつて外氣



炉軸方向に於ける温度分布状況

G.S=ガスヴェール空氣  
2.L=二次空氣  
E.L=一次空氣



第4圖 温度分布状況、吹き込み空氣及び侵入外氣

を逆行せしめ、煙突のダンパーを閉じて調節し、良成績が得られた。即ち侵入外氣の量を半分に減少せしめ得ること、落し口に於ける燃焼ガスの酸素含有量を 18% から 6~7% まで、焼減りを約 25~30% まで低下せしめることに成功した。

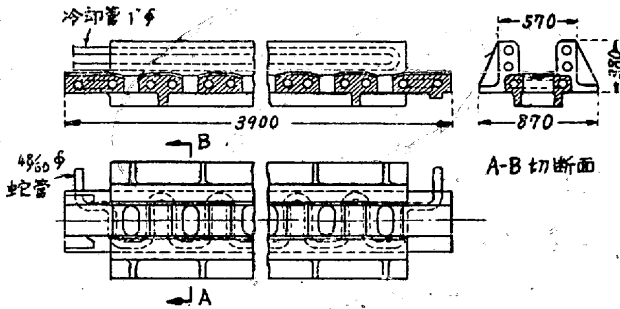
V. 抽出溝形金物

多くの工場に於て抽出爐床の氣密にされた爐に水冷を施した抽出溝形金物 (Ziehrinnen) を設け、加熱材の抽出しを容易ならしめるべく努めた。抽出溝形金物に落ちたスケールは押棒で外に取除かれるか、又溝形金物に設けられた割目を通つて落下する。この溝形金物は下方に存置せられた滓室が外氣を完全に遮斷せられない場合に外氣を抽出爐床に吸引せしめる。これを避けるために抽出爐床に於ける爐壓を高めて侵入外氣を減少せしめるやうに操業が行はれる。或る工場では特殊な煙突を抽出溝形金物下の滓室に連結せしめた。

その結果は侵入外氣が煙突に吸はれ、その影響を減少せしめた。しかし同時に燃焼ガスの一部をも吸ひ去つた。

抽出溝形金物の冷却水の消費量は一般に大きく、冷却水に依る熱損失は爐に導入された熱の10%までの割合を示す。

第5圖は1個或は多數の鑄鐵から作られる斯様な抽出溝形金物の構成の一例を示す。溝形金物の断面はU字型である。横桁と中間部は水冷される。中間部は或る間隔を置いて隙間を持つ。スケール



第5圖 水冷却抽出し溝形金物

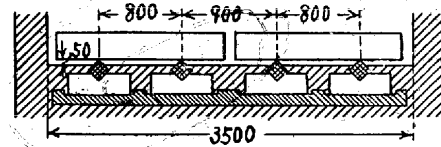
は其の隙間を通して下方に落ちる。又溝形金物は押棒に依つて簡単にスケールを取除く爲に充分平滑な面を有する。溝形金物の利點は抽出作業の簡單であることである。その缺點とする所は大なる熱損失と命数が往々小さいと云ふ點である。その命数は型式に依り3ヶ月と3ケ年との間を上下する。その他抽出爐床に著しい量の外氣が吸ひ込まれると云ふことである。勿論かやうな水冷せる鑄鐵を裝備せる爐床では流動せる滓を以ては操業出来ない。其故に加熱材の抽出温度を制限するか或は少くとも抽出爐床に於て適當に加熱し直すことを必要とする。

## VI. 滑 軌 條

以上と關聯した爐附屬装置の最後のものとして、連続式加熱爐に於ける滑軌條 (Gleitschienen) に就て經驗された結果に關して論及しよう。水冷或非冷却の滑軌條の何れを選ぶべきかに關しての判定は加熱材の種類と加熱條件に密接に關係を有するものである。下部加熱即ち間接には燃焼ガスに依り、直接には爐下部に取付けられた特別のバーナーによる加熱に重きを置く限り、水冷しない軌條は高温度の使用條件に耐へないから、滑軌條の水冷は缺くべからざるものである。他方水冷を行ふことは加熱材よりその兩者の接觸點を通して熱を奪ひ、その結果加熱材に温度の低い暗き斑點を生ぜしめることとなる。軟い或は多くの硬い材質の炭素鋼の場合に於ては抽出爐床に於て加熱し直すことによつてその暗斑點を充分に除去せしめる。しかしこれに反して多くの合金材の場合には昇熱中に黙許しがたい程度の大い歪を生ずるに至る。更に炭素鋼の場合の如く加熱し直して修整することが出来ない。それ故合金材の加熱の場合には水冷せる滑軌條を適用すべきであるか否かを慎重に検討するを要する。水冷滑軌條は主として普通鋼で作られた直径50~60mm、厚さ12~15mmの管を同じ材料から作った扁條材に熔接したものである。冷却水の温度は湯垢の沈析を顧慮して50~60°Cまでに保持するのが普通である。管の命数は3年から7年程度であつて、損耗した扁條材は度々被覆熔接の手段によつて修理される。加熱材の爐内に装入された量の少ない場合は壓延材に與へられた熱の50%までに、水冷のために起る爐床からの熱放散がある。かくの如く熱放散が大いから管をなるべく粘土質煉瓦内に埋まるやうにし、或は爐内空間に露呈する部分を出る限り少なく制限することが望まじ

い。

水冷されない滑管 (Gleitrohre) は普通爐床内に押し込めて約25~50mm程度まで爐床面上に突出せしめる。一般には正方形の断面積を有する滑軌條を爐床面上に角の突出する如く築造する。第6圖に示す如くその應壓力は下部に横置された板狀材とその下の横材によつて擋き止められる。即ちこれは水冷した滑管の場合にも良好結果を示したもので、完成した1例である。同様の方法で又水冷せる滑管を支へる支持柱の命数を改良することが出来る。かくの如く冷却管の下部に鑄物板を置いて煉瓦積上の冷却管の荷重を廣い面に分散せしめる。かくの如き設備を施さざる場合には大なる加熱材の重さの爲に滑軌條下の支持煉瓦積に割裂を生ずるのを往々にみとめた。水冷を行はざる軌條の命数は約1年から3年の間にある。而して滑軌條に共通した不利益な點をあぐれば次の如きものである。



第6圖 爐床上の非水冷部に滑軌條の配置

即ち上方よりの熱の傳導が大である結果容易に曲り、爐中央の爐床基底から突出する。其故に爐が加熱燃焼中は常に滑軌條が

加熱材で被はれてゐる必要がある。

上述の例は完全なものではなく、絶對的に有効であるものばかりではない。それ等は操業上の經驗と参照し總括されて加熱爐の設計を築爐上に役立つべきものである。普通かやうな爐の築爐者が、建設中に於ては容易に修築可能である如き不時の缺陷を、建設時の費用以上で修復しなければならぬ操業者よりも爐の裝備上の以上の諸點を稍等閑に附し勝ちである。

特に上記の事柄は、加熱爐の建設が實際操業に疎き請負者に依つて行はれる場合、爐の能率、熱消費、建設費及び引渡期の決定では不充分であり、爐内に於ける諸現象と爐材との間の相互關係に就て充分なる吟味を加へる必要があると云ふ認識を與へてあらう。

## 總 括

爐床裝備に就て爐温、爐床の受ける機械的條件並に滓侵蝕等に關聯して述べた。爐内温度は加熱後の加熱材の變形加工條件の要求に従つて決まる。爐床面の平均壓力は爐の型式に依り異り、0.03~2.40 kg/cm<sup>2</sup>の範圍にある。爐床面積平方米、毎時當りのスケール脱落量は1.5~35 kg/m<sup>2</sup>hの範圍に在る。均熱爐の場合、大なる荷重と最大のスケール脱落量を示す。多くは爐床の酸性内張と流動狀滓を以て操業する場合と鹽基性内張で非流動狀滓で操業する場合が多量のスケールの脱落することを示す。酸性及び鹽基性爐床内張の利點、不利點を比較した。

爐床、爐壁及び爐天井の煉瓦積に就て詳しく述べた。

迫天井と吊天井の利點と不利點を述べ、同時に熱分布の均一性を望む場合又爐巾の大きい場合には吊天井が優れて居ること、他方迫天井は斷熱が容易であり、又ガスに對しては極めて氣密ならしめ得ることを高調した。

連続式加熱爐及び轉がし式加熱爐の特別の築造法と爐附屬裝備に就て記述した。突き落し式加熱爐は重い加熱材自體を困難なく爐内に於て押し移すことが可能である。しかしその半面鍛接爐床に侵入する外氣に悩まされる缺點を有する。その侵入外氣を抑壓するための種々の對策を述べた。抽出溝形金物並に水冷或非水冷の滑軌條は爐外に加熱材を抽出することを單純化せしめ、且容易ならしめる。しかし之等を裝備することは爐より有效熱を放散せしめる。その割合は一般には約1%程度である。爐内装入加熱材の少數である場合にはその割合は特に著しく高い。抽出溝形金物並に滑軌條の構築上重要な點に就て詳しく論及した。