

拔萃

◎精鍊鎔解及び合金作業中に於ける滓及び金屬の過熱に就て

(By J. E. Fletcher The Iron & Coal trade review July 27 1917)

孤 駝 馬 生

嘗て、鐵鋼協會の會合に於て、キルビー氏の鋼塊の缺點と題する一重要論文に對し、談論せし際、ジェイ・イー・フレッチャー氏(スタッフォードシャー鐵鋼協會々長)は、鋼滓が其狀況に因りて、下層部に於ける鐵の精鍊作用に及ぼす影響に關し、非常に力論せし事あり。其後同氏は鋼滓の作用てふ問題に關し、種々調査する所ありしが、遂にバーミングハムに開催せられたる化學工業協會例會席上に於て該方面の研究結果を發表せり。吾人は茲に其一部を叙述せんとす。

(一) 平爐に依る鍊鐵、鋼鐵或はインゴット、アイオンの製造に於て、精鍊及び合金作業の要領は裝入せる銑鐵、鑛石、鋼屑及び是等作業に有効なる鋼滓等の諸成分相互の密接なる化學反應に歸因する事明白なり。仕上げたる冷却鑄造物は、多少の炭化物(carbonised)若くは微細粒或は絶縁質の薄膜を有する境界により、互に隔離せられたる合金結晶體より成る結晶性合成物なり。是等の薄膜は、普通硅酸鐵及び硅酸滿俺と共に、酸化鐵 FeO 及び Fe_2O_3 を含有する者なり。極めて微量に分離せられたる瓦斯體の是等境界線内に吸藏せらるゝ事は尙注目すべき事なり。斯る薄膜は鎔融或は液狀粘性結晶が、固形狀態に變ずるに際し、相接觸せる結晶粒面の鍛合を妨ぐるものなり。鐵合金作業に要する溫度は極めて高熱なるを以て鋼滓と合金の反應、及び其組織的變化等に就ての研究は、極めて困難なり。然れども高

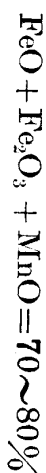
溫度に於ける反應は、一般に低温に於けるものに比し、作用甚だ單純なるの得點あり。エムエム、チアルビー、モアツサン、ルフ及びビョーケー諸氏は、種々實驗研究の結果、溫度の上昇と共に Fe_3C 、 P_2O_5 及び FeO なる炭化物を、順次に形成し、遂に熱度約攝氏二千七百度即ち ($\text{FeO} + \text{Fe}$) なる合金の瓦斯化を初むるに至りて止む事を確證せり。

(二)製鐵製鋼作業に於ける精鍊、及び合金滓は、三様に區別する事を得、即ち其等滓の成生、^{スラック} 銕解、及び平衡溫度が、滓と接觸する金屬合金 (metallic alloys) の銕解及び平衡溫度より、(イ)高きか、(ロ)略ぼ同様なるか、(ハ)或は低きかの三種なり。(イ)に屬する代表的の滓は銕鐵の銕解溫度攝氏千百四十度附近なる、銕鑛爐作業法に於て見る處なり。斯る鑛滓は



なる成分を有するものにして、其銕解

溫度は攝氏千四百度内外なり。(ロ)の種に屬する滓は、金屬の銕解、及び軟化溫度攝氏千百三十度乃至千四百五十度の間に於て操業する所謂バッドル法の其れなり。此種滓の銕解溫度は、千八十度乃至千三百五十度の間に變化し、主に硅酸鐵及び硅酸滿俺等よりなるものにして、略ぼ左の如き成分なり。



(ハ)の種類に屬すべきものは、平爐製鋼法に於ける鋼滓にして、其銕解溫度千百十度乃至千三百五十度なるに對し、鋼の銕解溫度は千百三十度乃至千五百度の間にあり。其成分の理想的なるものは左の如く。



= 40 ~ 50%



= 50 ~ 60%

酸性法



(三)操業せんとする爐内、即ち爐床或は精鍊、鎔解及び合金室内温度は、常に滓或は金屬の温度より高からざる可からず、故に(イ)の場合にありて鎔鑛爐内の鐵は、其鎔解點以上に過熱し(ロ)バッドルダイオン及び銅滓は、略ぼ其規定鎔解温度近く保留せば足り(ハ)の滓は其鎔解温度以上に過熱せらる可し。今如上數件の總括的例を舉げて、參考に資せんとす。

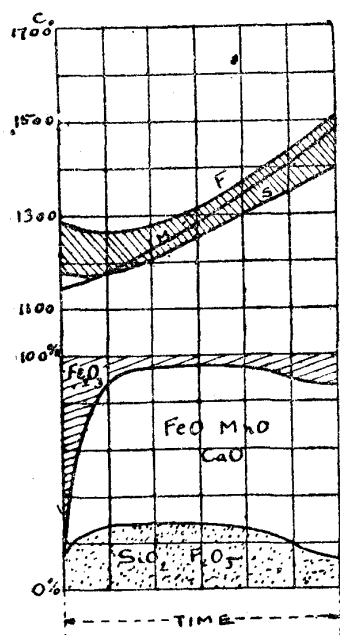
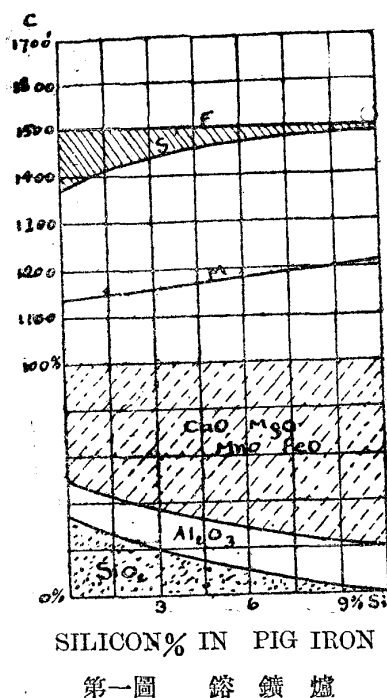
(一)鎔鑛爐滓——鑛滓鎔解温度は、接觸せる金屬の其より高し。鑛滓の下層部に於ける金屬は、略ぼ千百四十度にて鎔解するに反し、鑛滓の鎔解温度は千三百五十度乃至千四百五十度なり、故に羽口層に於ける温度は千五百度内外なり。依つて鑛滓及び鎔鐵は、常に是等の鎔解温度より以上に過熱せらる可し。爐床に於ける鎔鐵は、ユーテクテック成分の根本なり、即ち略ぼ四三%炭素及び九五・七%鐵より成る。是ユーテクテックの過熱の結果は含有せらるゝ鐵の炭化物 Fe_3C を不安定にする原因なり。若し是鎔解點千百三十度乃至千百三十五度以上に加熱せらるゝ程度増すに従ひ、益々不安定となり、其れと同時に、其精鍊及び合金作用を鋭敏ならしむ。同様に爐床温度に於て、還元し得べき鑛滓の成分たる酸化物は過熱状態のもとにありては不安定と成る。蓋し硅酸 SiO_2 及び磷酸石灰 $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ は容易に還元し得べきものなり。爐床温度千五百度乃至千六百度に於て鑛滓成分は、其過熱せらるゝ程度に依り平衡一致を得る迄硅酸及磷酸を分離し、自ら調節せんとする働を有す。例へば千五百度に於て充分時間と與ふれば、過熱せらる以前の成分30% SiO_2 、15% Al_2O_3 及び55% CaOMgO なる滓を以て鎔解せる場合に20% Al_2O_3 及び80% CaOMgO なる成分に相當する平衡状態に達す可し。然る時は鑛滓中に、是以上還元せらる可き成分存在せざるを以て、千五百度に於て飽和せる鑛滓を生成す。鑛滓と接觸する金屬も、亦安定なる平衡状態に至る可し、而して硅素鐵製造の場合に於て五%炭素、九三%硅素、九〇・二%鐵なる

成分の合金は、滓の働き無くなりし時初めて生ず可し。其結果生ぜし滓の鎔解温度は約千四百五十度邊なり(茲に磷、硫黄及び滿俺は省略せり)。現時の研究程度に於ては、時々變移する温度に對し、滓或は其れに接觸する金屬合金の安定平衡に、該當する成分を斷定する事能はず。然れども、前述の事實よりして最初の滓成分を適當に調和し置かば、温度の加減により、金屬中の合金作用を調整し得べき事は推知するに難からず。若し鑛滓を充分過熱し、其れと、接觸する金屬(不安定なる)に自由に作用せしむれば、銑鐵は極めて容易に炭素を消費して、硅素及び磷と合金する事明かなり。第一圖は白銑の硅素と合金作用中、其成分及び平衡温度の變化を示すものなり。滓の能働的(active)にして又比較的沈靜なる狀態を影線圖を以て示す、是れ過熱を表すものなり。過熱の度高き程滓は益々アクチーブにして、又作用せらるゝ金屬中の非金屬化合物は益々不安定となる。空氣に依る或る精鍊或は鎔解に於て、過剩の空氣使用の爲め、滓の下層部の金屬往々にして、酸化せらるゝ場合あり。是種の酸化物は表面に浮游し、滓内に進入す。此滓は温度の狀況によりては、より以上にアクチーブに成り得るものなり。而して酸化鐵を滓に増加する爲め、滓の過熱を増し、同時に其鎔解點を下ぐ。斯くの如くして、銑鐵中の炭素は、滓中の酸化鐵 FeO , Fe_2O_3 に依り酸化せられ、還元せられたる鐵は鎔銑中に戻歸す。斯る作用は硅素或は磷の變化と同時に、或は先んじて起るものなり。斯くの如く鎔鑛爐滓は酸化鐵 FeO に富み、其結果生ずる銑は白銑となる。滓中より硅素に依つて還元せられたる鐵及び銑鐵の全炭素量は、酸化鐵 FeO を含有せざる正規の滓 (Normal slag) を使用せし場合に比し少量なり。

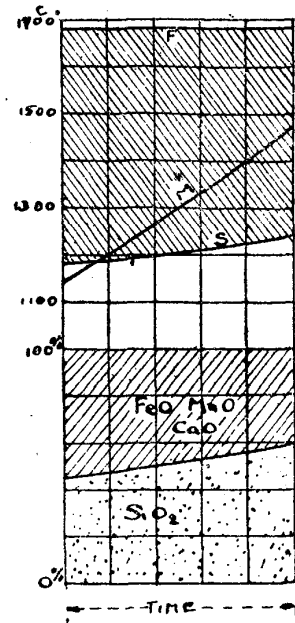
バンドル滓 (Puddling slag) —— バンドル法に於ける滓は FeO , Fe_2O_3 及び SiO_2 等の形にして、鎔解及び平衡温度は精鍊せんとする銑鐵の其れと大差なきものなり。精鍊するには、先づ滓の下層部、或は其れと接觸する銑鐵より脱硅、脱磷或は脱炭するの必要あり。精鍊せらる可き銑鐵最初の鎔解温度は、上層に於ける鋼滓の鎔解温度を千二百六十度(攝氏)とすれば、約千百四十度なり。故に此鋼滓は過熱せらる、從つ

てアクチーブなり。パッドル法鋼滓は鎔鑛爐滓と異なり、鹽基性にして、且つ操業中を通じて常に同性を保つ。石灰及び礬土の如き沈靜的不活力なる成分を有せざるを以て温度の變化は直ちに滓の組織に影響す。鋼滓中の酸化鐵は、銑鐵中の不安定なる磷化鐵 (Iron phosphide) 及び硅化鐵 (Iron silicide) を侵す、而して過熱せられたる炭素、及鐵合金中の不安定炭素及び千百度以上の温度に於て僅かに安定たり得る硅素及び磷等を瓦斯化せしめんが爲めに第一に酸化物を供給す。

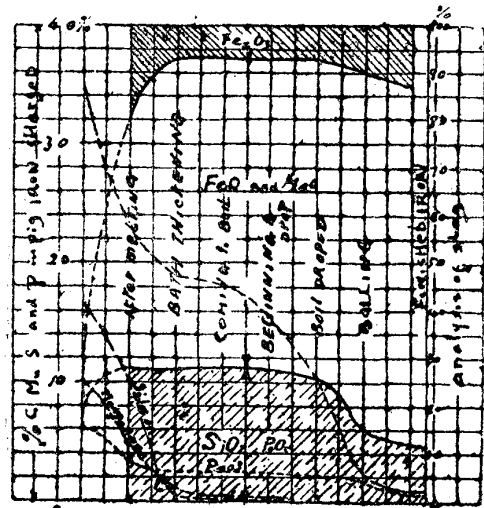
操業中に於て滓成分の自動的調整あり、操業の初期及び末期に於ける温度は作業の中間に於ける温度より高し、故に始め及び終局に於ける滓は FeO 及び Fe_2O_3 分高く、硅酸少なし、依つて中間時期に於ては滓は、硅質にして甚だ鎔解し易きものなり。操業の際少しく不注意粗略になす時は、作業の終局に於て熱度高きに過ぎ爲めに鋼滓は過度に過熱せらる、依つて爐壁を侵し以て其成分を調整す。以上の如き鋼滓中の酸化鐵は、重に爐内瓦斯(酸素及び炭酸瓦斯に富む)の酸化によつて生ぜしものなり。第二圖は如上の作用を説明すべし。過熱は鎔鑛爐操業に於ける如く甚しからざるを知る可し。第三圖は精鍊の進行、及び同時に完全なるパッドル法中に於ける適當なる滓調和成分 (The Coincident slag adjustment Composition) を示し、且つ金屬と鋼滓の平衡上に及ぼす過熱の效力を最も明瞭に説明するものなり。



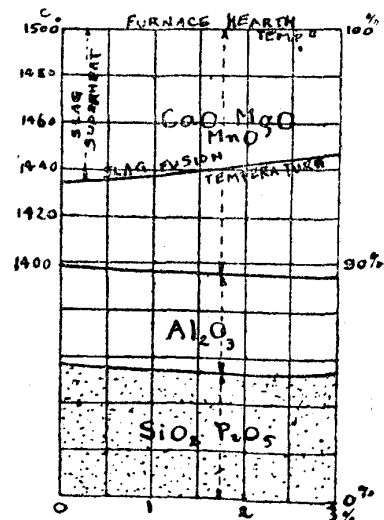
(四)A或種の合金鋼製造に於て鋼滓の過熱の効力は、鋼滓中の還元せられたる組成分を、最も容易且つ完全に分離するてふ點にあり。即ち平爐に於て滿俺鋼を製造するに、銻解せる銑鐵を被覆する初の鋼滓は千三百度に於て銻融する大略 $\text{FeO}:\text{Fe}_2\text{O}_3=80\%$, $\text{SiO}_2=20\%$ なる成分を有し、多量の鐵分を含有するものなりし、是れに、 $\text{MnO}_2=85\%$, $\text{CaOMgO}=5\%$ 及び $\text{SiO}_2=10\%$ なる成分を有する軟滿俺礦 (Pyrolusite ore) を漸次加入するに MnO_2 は過熱に因り MnO となり、 FeO は MnO_2 より游離せる酸素により FeO_3 に酸化せらる。若し赤鐵礦 (Fe_2O_3) 及び石灰を加入せば、鋼滓中の FeO 及び Fe_2O_3 は、滓中より滿俺の還元を敏速にし、滿俺は銻融金屬中に入る。鋼滓が五〇%以上の滿俺を含有する時滿俺は金屬中に入る、依つて滓が五〇%以上の鐵分を含有する如く加減せば、鐵は滿俺に先んじて滓より還元せらる可し。孰れの場合にありても、過熱の度を増加せば、還元速度を増進す。温度は測定せざりしも、 MnO に富む滓は、 FeO 多き滓に比し、甚だ流動性なりし事を知れり、而して、低温度に於て銻解する事も亦明白なり、故に實際的に、一定爐内温度に於て、 MnO 高き滓は FeO 高き滓より、高く過熱せらる、従つて又、より以上不安定にし



第二圖(口) 酸性平爐



第三圖



第四圖銻鐵爐 SILICON% IN PIG IRON

て、又滿俺は其結果容易に還元せられたり。

(B)合金の精鍊は、バッドル或は平爐操業法に於て滿俺の除去の場合に説明する事を得べし。滓組成 FeO 及び Fe_2O_3 と、銑鐵中の合金組成成分たる Mn_2O との間の反應は左の如し。

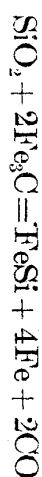


銑鐵中の滿俺は、酸化鐵の還元により生ずる、純鐵の爲めに、置換せらるゝが故に、酸化滿俺は、滓中の酸化鐵を置換す。滓を過熱する時は、 FeO 、 Fe_2O_3 の作用力を増す、之れに反し、鎔融銑鐵の過熱は、 Mn_2O の安定度を益々減退す。酸化鐵と Mn_2O の相互反應によりて一酸化炭素瓦斯を遊離す、酸化鐵 FeO 、 Fe_2O_3 の作用により、滓は酸化滿俺 MnO を豊有するに至る。斯る作用に於て、作用力強き酸化物 FeO 、 Fe_2O_3 は還元劑なり、と言ふターナー博士の説を參考せり。是等は殆んど不安定状態にあり、從つて過熱によりて存在する、他の不安定の化合物と作用する状態に於て、是等の安定度は減退す。置換作用の瞬間に於て Mn_2O に働くものは、恐らく酸化鐵にして、左の如く可逆反應式を以て表示する事を得べし。



酸化帶中に於て、一酸化鐵を過熱するは、二酸化鐵 Fe_2O_3 の成生を促すものなり(バッドル爐より出し滓の煅焼によりブルドッグ滓の生ずるが如き是れなり)。一方鎔融せる Fe_2O_3 は、鎔融鐵合金と接觸する際、爐内を還元或は中性氣圍(Neutral atmosphere)に保持すれば、 Fe_2O_3 は FeO に變ず可し。

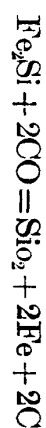
良滓の下層部に於ける金屬物體の合金作用。——鎔鑛爐々床に於て、白銑 (white eutectic iron) に加硅するに際し、爐滓中の硅酸は、左式の如くして、加炭せられたる白銑中の FeO と反應す。



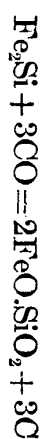
ユーテクトック、メタル中の炭化鐵は、硅化鐵に依つて置換せられ、同時に純鐵は遊離せらる。炭酸瓦斯は分離し、又滓中の硅酸は漸次消失せらる、此變化は、滓の過熱によつて影響せらるゝものにして、其中

の硅酸石灰或は、苦土は不安定のものとなる。是れを以て硅酸と、過熱せられたる不安定炭化鐵 Fe_3C_2 との間の相互作用は、既に示したるが如く追々増長せらる。

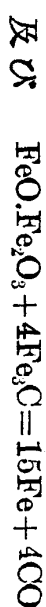
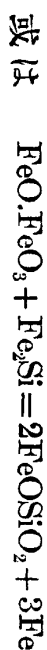
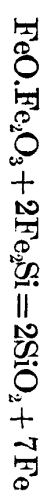
(C) 吸藏せられる瓦斯の遊離。鑄鐵を鎔解點より非常に高く加熱する時は、可成り多量の瓦斯を包貯す、而して其遊離する瓦斯の重なるものは、一酸化炭素及び水素なり、沸騰點近く迄で加熱せられたる銑鐵の微細組織を検するに、粗粒黒鉛と共に純鐵(フェーライト)の包封を以て圍まれたる微粒の硅石顯出するを見る。是れ即ち、加熱に依つて發散する一酸化炭素瓦斯と、硅化鐵 Fe_3Si の間に、一種の反應の起るを表示するものなり、即ち



微細組織中に現はるゝ鑄滓的外觀を呈する細粒は、要するに左の如き反應により生じたる硅酸鐵なる可し。



場合に依りては、斯る硅酸滓は或程度迄瓦斯によりて脱硅せられたる金屬の表面に上昇することあり。或は又、時に爐内或は轉爐内にて燒過ぎ、若しくは吹過ぎの結果として、鑄鐵或は鋼質内に機械的に酸化鐵を混入し、又は一様に分布する事あり。斯る合金を過熱する時は、此種金屬をして、尙以上精鍊する事を得可し。即ち左の如し。



(五)第一表及び第二表は、精鍊及び合金反應を示す。鎔鑛爐中に於ては、炭化物 Fe_3C 中の炭素の一部は一酸化炭素瓦斯 CO となりて分離す、而して純鐵は硅素及び磷と自由に結合して鐵の硅化物 (Silicide of iron) 及び磷化物 (phosphide of iron) 即ち Fe_2Si 及び Fe_3P となる。是等の反應は孰れも、滓が過熱せらるゝ場合に起るべし。鎔鑛爐鑛滓の理想的自己調節の様子は、第四圖に示す。是れに於ける爐床内の鐵及硅素の合金中(其結果生ずる銑鐵は零乃至三・〇%硅素を有す)鑛滓成分は次の如く變化す。

	硅酸 SiO_2	礬土 Al_2O_3	石灰苦土 CaO MgO	鑛滓軟化溫度
硅素と合金する前				
一%硅素が銑鐵中に有る場合	二八・五%	二〇・七%	四七・二%	一四三五度攝氏
二%硅素が銑鐵中に有る場合	二八・七%	二一・五%	四八・九%	一四四〇度攝氏
三%硅素が銑鐵中に有る場合	二七・五%	二一・七%	四九・七%	一四四〇度攝氏
	二六・五%	二二・二%	五〇・三%	一四四五度攝氏

硅素の減退しつゝ有る間、鑛滓は自己調整をなすを以て、鑛滓の鎔解溫度は漸次上昇す。故に非常に硅素分高き銑鐵を作らんとするには、鎔鑛爐々床溫度、及び其結果生ずる鑛滓及び金屬の過熱せらるゝは勢ひ必要なる事なり。第二表は鎔銑爐、平爐及びバッドル法の精鍊作用の模様を示す、茲に「精鍊せらる可き銑鐵は、其鎔解點以上に過熱せらるゝが故に、鐵の硅化、磷化、及び炭化物は、孰れも不安定」となる而して同様に不安定なる酸化滓(此場合は酸化鐵)と作用す。硅酸及び磷酸は滓に通れ、又一酸化炭素瓦斯を發散す。依つて鐵の硅化物、磷化物及び炭化物の分解に依り遊離したるもの、及び酸化滓より分離せられたる鐵分は原の銑鐵(四・三%より少量を含有すれば)中の最初の鐵結晶と合體し、多少硅素、磷、滿俺及び炭素分少なき精鍊物を成立する理なり。

第一表 鎔鑛爐合金作用

過熱せられたる不安定組成分					金屬中に於て成生せる合金					金屬より逐出せられたる成分	
	鑛滓中	封 度	金屬中	封 度	化合物	封 度	遊 離	封 度	—	封 度	
A.....	SiO ₂	60	Fe ₃ C	360	Fe ₂ Si	140	Fe	224	CO	56	
B.....	P ₂ O ₅	142	Fe ₃ C	900	Fe ₃ P	398	Fe	504	CO	140	
C.....	MnO _(α)	213	Fe ₃ C	180	Mn ₃ C	177	—	—	FeO	216	
D.....	FeO ₍₂₎	216	C	36	—	—	Fe	168	CO	84	
化學反應											
A.....	SiO ₂	+	2Fe ₃ C	=	Fe ₂ Si	+	4Fe6	+	2CO	—	
B.....	P ₂ O ₅	+	5Fe ₃ C	=	2Fe ₃ P	+	9Fe	+	5CO	—	
C.....	MnO	+	Fe ₃ C	=	Mn ₃ C	—	—	+	3FeO	—	
D.....	3FeO	+	3C	=	—	—	3Fe	+	3CO	—	

第二表 平爐バットル及鎔銑爐精鍊反應

過熱せる不安定成分				新成分を加入せる精鍊の結果				逐出せる瓦斯	
	滓 中	封 度	金屬中	封 度	滓 に	封 度	金屬に	封 度	封 度
A.....	FeOFe ₂ O ₃	232	FeSi	280	SiO ₂	120	Fe	392	—
B.....	FeOFe ₂ O ₃	232	Mn ₃ C	177	MnO	213	Fe	168	CO
C...	FeOFe ₂ O ₂	464	Fe ₃ P	398	P ₂ O	142	Fe	504	—
FeO									
216									
化學反應									
A.....	FeOFe ₂ O ₃	+	2FeSi	=	SiO ₂	+	7Fe	—	—
B.....	FeOFe ₂ O ₃	+	Mn ₃ C	=	3MnO	+	3Fe	+	CO
C.....	2FeOFe ₂ O ₃	+	2Fe ₃ P	=	P ₂ O ₅	+	9Fe	+	3FeO

(六)前述の事實よりして、鎔解、精鍊及び合金作業に於て良結果を得んとせば、滓と金屬の接觸を密接ならしむるを要すや言を俟たず。鎔鑛爐に於ては、鑛石の還元は、重に一酸化炭素瓦斯 CO の影響に因らざる可からず。然れども炭素(骸炭)と鐵の酸化物(Fe_2O_3 等)を、充分均一に接觸せしむる事は、絶対に不可能の事なり。只爐床中の鎔鐵を被覆する鑛滓層は、羽口層の上部より降下する鎔融鐵及び鑛滓の滴下の爲めに、攪拌せらる、故に最初に於ける場合に比し、鑛滓と鎔鐵は、充分に接觸する事を得べし。鑛滓接觸面と、一時間に鎔解せる鐵との間の關係は、實際上重要なものなり。此比は

$\frac{\text{鑛滓接觸面積(平方呎)}}{\text{一時間に鎔解せる鐵(噸)}}$

にして、現時の熱風高爐にありては、一五乃至二五なり。冷風を使用したる當時は

$\frac{\text{此比は一時間に鎔解したる鐵の一噸に對し、滓接觸面は四〇平方呎にも及べり。鑄物用熔銑爐にては}}$

現時の爐に對し、一時間に鎔解せる鐵一噸に對し〇七乃至一〇平方呎なり。而して鎔鋼用平爐にありては、此比は

$\frac{\text{鑛滓接觸面積(平方呎)}}{\text{一時間に鎔解せる鐵(噸)}}$

にして、二〇乃至三〇の間なり。現今の如く、大なる爐を用ひて、迅速法に依るものは、此比漸次増加しつつあるの傾向あり、是れ多量の產出を期する爲めに、湯溜を淺くし滓接觸面を廣くするが故なり。滓が粘着質にして、輕き程接觸面を廣くするを要す。機械的或は自然的攪拌をなすに際し、重き鋼滓は、直接是等の密度に比例して、鋼表面を貫徹しよく金屬と鋼滓を接觸せしむ。パツドル滓の如く重くして可動性なるものにありては、其精鍊作用の迅速なるの理又自ら明白なる可し

而して粘着性少なく、且つ連續的手働或は機械的攪拌を行ふ時は、金屬と酸化物との接觸を完全ならしむ可し。鎔鑛爐操業に於て、鐵の炭化物と、滓中の硅素との接觸に依る、鐵と硅素の合金は、是等兩成分の相對的接觸面の比約 1:1.26 なり。是れに依りて、パツドル法精鍊作業中 Fe_2Si の分解に於て Fe_2Si と酸化物 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ の接觸面の比は 1:1 の如し。故に後者にありては、より以上均一なる相互作用起る事となる。

$\frac{\text{滓接觸面積(平方呎)}}{\text{一時間に精鍊せられたる金屬(噸)}}$

は 50 即ち金屬と滓の精洗或は攪拌(Washing & rabbling)をなすに充分廣き故

平爐製鋼法に比し、二倍なる事は甚だ興味ある問題なり。

(七)リクイッド、クリスタル、フェーズ (The liquid Crystal phase)——デッシン博士は、金屬の原理に關し、極めて樞要なる研究をなせるが、其内金屬合金の鎔解點以上の高溫度に於て、リクイッド、クリスタル、フェーズの存在する事を發表し、大いに斯界の注目を引けり。鐵合金の研究に於て、其鎔解點以上に加熱する時、ハイパー、ユーテック、アロエ (The hyper eutectic alloys) の粘着性の變化、硅素磷等の影響を蒙り、依つて黑鉛を包有する粘質狀態に變ずる、炭化物或は炭素及び鐵合金中の炭化物の分解及び過熱狀態より急冷せし時、是等の合金の顯微鏡的試験等に因り、總べてフェーズ、ダイアグラム (Phase diagram) のリクイッド、カーブ (Liquidus Curve) 上に於けるものはリクイッド、クリスタル、フェーズなる可き事を確證せり。斯るフェーズ及び其の極限溫度を決定するは困難なる事なるも、原鑄鐵及び鋼中に液狀鐵結晶 (Liquid iron Crystal) が多少炭化され、或は硅化され存在する事、及び其炭化或は酸化は溫度が眞にリクイッド、フェーズに近づくに従ひ、極めて迅速に影響せらるゝ事は、容易に推知する事を得べし。鐵及び炭化鐵 Fe_3C の鎔解溫度を、夫々千五百度及び千八百五十度とせば、兩者間に引ける線 (直線ならずして垂低曲線なるらし) は、純液體及びリクイッド、クリスタル、フェーズ間の境界たる事を知る可し。斯る場合に、結晶發達の原たる、最初の核は、此のリクイッド、クリスタル、フェーズ内に生ず可し、而して既に研究せられたる、ソリッド、フェーズ (Solidus phase) の凝固作用には因らざるが如し、斯くの如くして、黑鉛は、リクイッド、フェーズに沈澱し、最初のリクイッド、クリスタルの核として作用すべし。同様にシリコ、フェライト、クリスタル (Silico ferrite crystals) も、リクイッド、フェーズ中に、同溫或は高溫度に於て形成し初む可く、且第二のフェライト、リクイッド、クリスタルゼーション (ferrite liquid crystallisation) をも起す。坩堝鎔解 (壁をリクイッド、クリスタル、フェーズ溫度以上に過熱せられたる爐) と、冷却爐床鎔解法との間の相違の現はるゝは斯る關係に依るなり、蒸氣汽灌内の蒸氣泡が、加熱面の直下層より、最も烈しく沸騰するが如く、坩堝中の鎔融金屬内の吸藏瓦斯及び對流は、加熱壁に隣れる層より、最も烈しく上昇す。是等の

詳細なる關係は、最終の鑄鐵の結晶組織の大小、及び斯る組織の均一、其他組織の狀況等に關する事甚だ大なり。斯る組織の小さ加減は結晶は境界てふ點、及び瓦斯の存在せざる事、及び斯る境界内に含まるゝ酸化物及び滓狀物等の除去如何に關す。

(八)茲に精鍊中鐵鎔狀結晶の沈澱の連續的關係を畫するは有益のことたる可し。第三表は鐵結晶沈積の順序を、平爐製鋼法中、普通世に行はるゝ三種の法によりて示したるものなり。孰れの場合にありても、此操業最初の時期は裝入物鎔解にあり。斯くして生じたる液體中には、元來銑鐵或は鋼屑中に存在したる最初の結晶(鎔融或は液狀結晶として)ある可し。次に湯溜中に、鐵分を追加するものは、 Fe_2O_3 の分解にあり、即ち硅素は鋼滓中に入り、鐵分は硅化物より分離せらるゝなり、是と同時に鎔解せるものの中に、滓中の酸化鐵より還元せられたる遊離鐵分も亦混入す。次に酸化滓により、炭化滿俺(Manganese Carbide)は侵され、酸化して MnO となり滓中に入る、蓋し滓中の酸化鐵より還元されたる純鐵に依つて置換せらるゝなり。其れより後に至りて炭素脫除を初む、炭化鐵 Fe_3C は、分解して鐵を湯溜に與へ、同時に滓中の酸化鐵より還元せられたる鐵を加ふ。最後に鐵鎔(FeO)を充分に滓中に加ふる時は、其丈け鐵分の還元せらるゝ事多く、結局最終の精製金屬の量を増す理なり、表に掲げられたる分析及び計算は大略に過ぎず、然れども三種の製鋼法による精鍊中の鐵結晶順序の比較觀念を與ふるに充分なるものと信ず。

(九)精鍊せる鐵の組織及び過熱條件——米國に於て知名の鎔鑛爐熟練家なるジェー、エー、ジョンソン氏は、瑞典にて製造する如き木炭冷風銑の最良品に必適する銑鐵を製造せり。轉爐を以て一部精鍊したる鎔銑を、鎔鑛爐より出でたる儘の鎔融鑄物銑に混入すれば、次の如き作用起る可し。炭素含有量低く、且つ可なり多量の吸藏瓦斯及び酸化鐵分を含む吹製鐵の溫度は、混合せる鎔鑛爐鐵の溫度より稍々高し。後者の金屬に對する過熱作用は、只不安定の炭素及び硅素を、鐵の炭化及び硅化物として、第

第三表 材料の分析

材 料	炭 素	硅 素	滿 俺	鐵	Fe ₂ O ₃	硅 酸	硫黃及磷
銑 鐵	3.8%	1.5%	0.8%	93.9%	—	—	計算せず
鋼 鐵 屑	0.2	0.1	0.7	99.0	—	—	—
鑛 石	—	—	—	—	60.0	10.0	—

銑鐵及鑛石法

装入 75%銑鐵 25%鑛石

- | | | | |
|------------------------------------|-------|-----------------------|-----|
| (1) 銑鐵中の最初の鐵結晶 | =30.5 | 最初より銑鐵中に在りしもの | } A |
| (2) Fe ₂ Si の分解より生ぜし鐵結晶 | = 4.3 | シリコフエーライト精鍊 | |
| 鋼滓還元よりの鐵結晶 | = 3.3 | | } B |
| (3) Mn ₃ C の分解による鐵結晶 | = 0.7 | ユーテクトックの精鍊 | |
| (4) Fe ₃ C 分解よりの鐵結晶 | =40.0 | 同 | |
| 滓還元よりの鐵結晶 | = 9.6 | 同 | |
| (5) 鑛石の還元よりの鐵結晶 | =11.6 | 鑛石より還元せられたる鐵に
よる合金 | } C |

銑鐵及屑鋼法

装入 50%銑鐵 50%屑鋼

- | | | | |
|---------------------------------|-------|--|-----|
| (1) 銑鐵中の最初の鐵結晶 | =18.5 | | } A |
| (2) 鋼屑中の最初の結晶 | =44.0 | | |
| (3) Fe ₂ Si 分解よりの鐵結晶 | = 2.9 | | } B |
| (4) Mn ₃ C 同 | = 1.1 | | |
| (5) Fe ₃ C 同 | =25.6 | | |
| 鋼滓還元による鐵結晶 | = 6.0 | | |

銑鐵屑鋼及鑛石法

装入 各 $\frac{1}{3}$ 宛

- | | | | |
|----------------------------------|--------|--|-----|
| (1) 銑鐵中の最初の鐵結晶 | =14.6% | | } A |
| (2) 鋼屑 同 | =34.5 | | |
| (3) Fe ₂ Si の分解よりの鐵結晶 | = 2.4 | | } B |
| (4) 鋼滓還元 同 | = 1.6 | | |
| (4) Mn ₃ C 分解 同 | = 0.8 | | |
| (5) Fe ₃ C 同 | =20.00 | | |
| 滓還元 | = 0.49 | | } C |
| (6) 鑛石精鍊 | =20.2 | | |

46 二の精鍊作用を受くる迄其儘に保留す、黒鉛の幾分は酸化せらる可く、轉爐鐵の酸化鐵は鐵中にて還元せらる、其結果は、熱風銑鐵中のものより、小なる黒鉛の核を有する低炭素鐵なり、パッドル及び平爐に於て、實際的に炭素を含有せざる鐵の製造に於て見る如く、緩慢及び急速精鍊作用の比較研究は、兩者の顯微鏡寫眞を検すれば明瞭に判斷する事を得べし。パッドル及び平爐に於て、同種材料を使用し、其製造せる精鍊鐵の分析結果も同様なる二者を採り、再熱壓延したるを検鏡せるに、フエーライト結晶の大きさは甚だ相異し、パッドル法に作れるもの、平爐鋼に比し甚だ粗粒なるを知れり。高過熱狀態のもとに、鎔解精鍊し、人工的攪拌或は震動を施さざる平爐鋼は、低溫度に於て精鍊せられたるパッドル鐵に比し、細微の結晶を有す。還元作用力強き酸化物より成立つ、爐床内にて行はれたる後者の作用は、明かに相接する鐵粗或は結晶の結合及び融合をなすべし。然れども是事實は上層なる比重、少なく、且つ粘着性なる滓の接觸にのみよりて精鍊作用を成就する如き爐内にありては不可能の事なり。結晶性金屬組織の問題は、滓と離す可からざる關係ある事は言を俟たず。檢鏡に際し、強度に擴大して、其特性組織を顯さんとするに、滓狀含有物の琢磨は、往々不結果に歸するを以て、微細的分析 (Micrographi analysis) に依り、境界薄膜の實際の性質を検定判斷するは不可能なり、故に結晶或は結晶體は、酸化物、滓狀物、瓦斯體或は金屬を伴ふ流動體中に成長するてふ事實に留意し、如上の結論より得たる知識を基礎とし、結晶境界 (Crystalline boundary) 問題を研究する事は甚だ有益の事たる可し。是等酸化物は、自己分解中、第二結晶を形成し、或は金屬を被覆する滓中に進入の途中、結晶境界内に薄膜 (Films) として誘引せらるゝ事あり。(完)