

翻 譯

製鋼過程に於ける炭素の化學變化(續)

荒井 洋一 譯

1. 炭素の反應速度

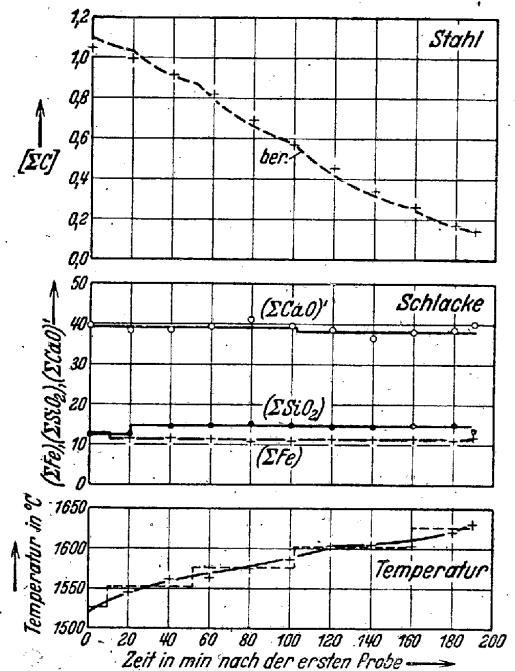
鹽基性平爐法の脱炭速度は次のやうな場合に増大する。

1. 炭素量 $[\Sigma C]$ が増大するとき。
2. 鋼滓の全鐵濃度 (ΣFe) が増大するとき。
3. 石灰量 $(\Sigma CaO)'$ が減少するとき。この $(\Sigma CaO)'$ とは分析的に求められる石灰の全濃度から磷酸鹽として結合せる石灰量を減じたもの即ち、 $(\Sigma CaO)' = (\Sigma CaO) - 1.57 (\Sigma P_2O_5)$ の意味であるから磷酸濃度 (ΣP_2O_5) の増大は又脱炭速度を上昇させる作用がある。
4. 珪酸量 (ΣSiO_2) が増大するとき。
5. 温度が上昇するとき。

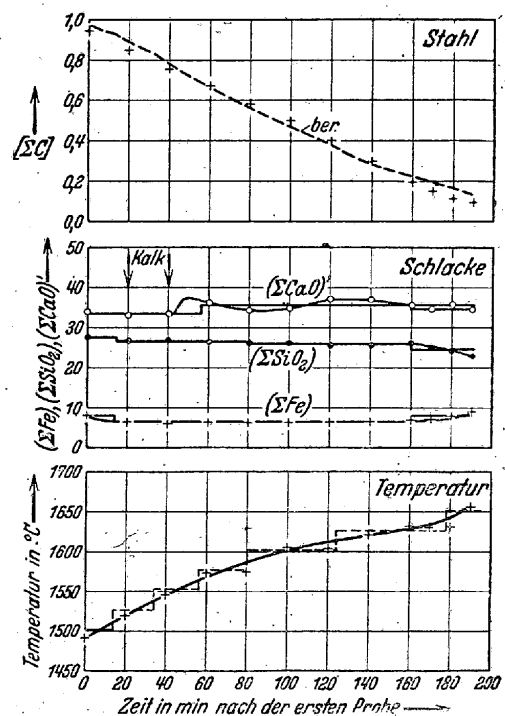
第 22 圖—第 27 圖(圖の上部)に於ては文獻から採用した二、三の熔解報告に依り鋼滓の組成と報告されて居る温度記録から炭素燃焼曲線を算定し分析的に見出された結果との比較を行つた。此處で取扱つた熔解は F. Körber¹⁾, H. Schenck 及 W. Rieß²⁾, C. Schwarz 及其の協同者³⁾ 並に K. Mittank⁴⁾ 等が研究せるものであるが遺憾な事に Körber は分析試料を鎮靜せるものから採取したか或はせざるものから行つたかに就て報告して居ない。上記の觀察者を通じて、今の所誰も温度記録の完全な熔解報告をしてゐる人はいないやうである⁵⁾。

第 22 圖—第 27 圖は第 21 圖と同様の方法で得られたものである。簡單の爲、温度曲線の外に (ΣFe) , (ΣSiO_2) 及 $(\Sigma CaO)'$ の濃度曲線をも圖の下部に示されて居るやうな段階に細別した。

圖を見ても明かなやうに分析で得られた炭素量の點は計算方法が比較的粗雑なるにも拘らず計算で求められた脱炭曲線のまはりに集つて分布し十分満足出来る。仍てそれから得られる法則は鋼滓組成、温度及脱炭現象の間の關係を定量的にも十分實用可能な程度に記述し得る。Schwarz 及 Leiber (第 25 圖) の觀察だけは彼等の報告せる温度では十分了解出来ない。此處に於て再び第 14 頁に既述した説明出来ない温度測定之差が問題になる。仍て第 25 圖に於ては報告された温度を $50^\circ C$ だけ減少させて計算を行つた。それにも拘



第 22 圖 鹽基性平爐に於て計算せる脱炭曲線と觀察せられたる脱炭曲線との比較



第 23 圖 第 22 圖と同様(熔解 F. Körber, HI)

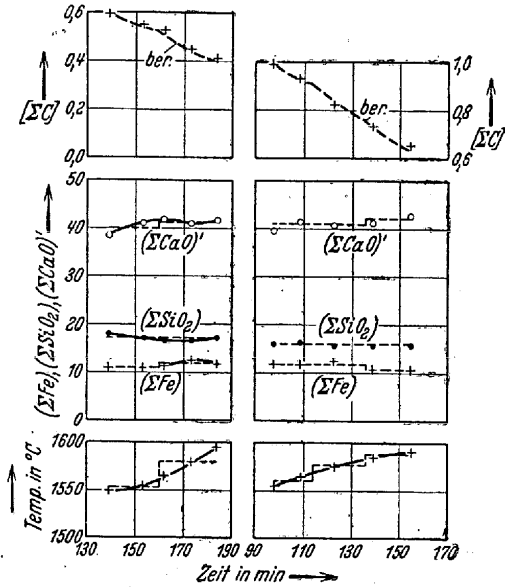
¹⁾ Diss. Techn. Hochschule Aachen (1921), P. Oberhoffer u. F. Körber: Stahl u. Eisen **43** (1923) 329. 數値は Arch. Eisenhüttenwesen **3** (1929/30) 505~530 に報告されて居る。

²⁾ Neue Untersuchungen in den Stahlwerken der Firma Fried. Krupp A. G., Essen

³⁾ Archiv. f. Eisenhüttenw., **7** (1933/34) 165~174

⁴⁾ Diss. T. H. Berlin 1932

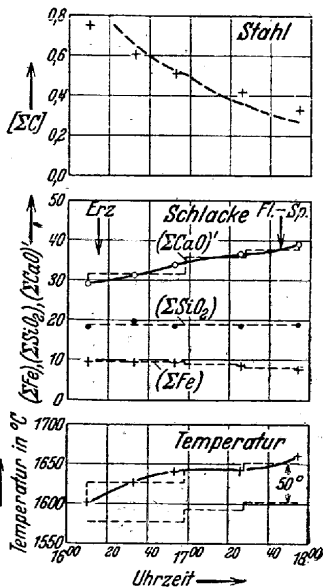
⁵⁾ 他に H. Styri の熔解報告があるが、(J. Iron Steel Inst. **108** (1923) 189~230). 温度測定が確實でないので採用しなかつた。



第24圖 第22圖と同様(熔解曲線 H. Schenck 及 W. Rieß VII 及 X)

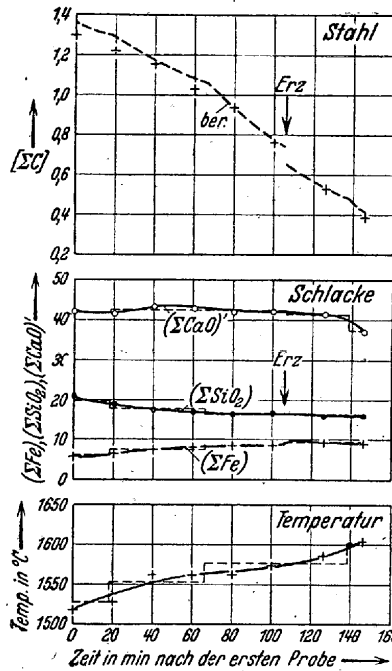
らず計算に依る脱炭曲線は未だ幾分速過ぎる傾斜⁹⁾で下降してゐるからこの場合の温度差は尙もつと大きいと考へられる。

今迄の文献に現れて來た總ての見解に反して次のやうな前提の下に、脱炭、鋼滓組成及温度間の關係を發展させやうと思ふ。即ち遊離酸化鐵の鋼滓から鋼への移行及鋼内部に於ける擴散は非常に大なる速度で行はれるから $[FeO]: (FeO) = L_{FeO}$ の分配法則は實際に常に満足せられてゐるものとする。又鋼滓中の種々の酸化鐵化合物(珪酸鹽、鐵酸鹽)が其の解離恒數に依つて限定せられる程度迄分解せられる現象も同様急速度で行はれるから遊離酸化鐵及非解離酸化鐵化合物の部分に關しては鋼滓内部は常に均質な平衡に處ると考へる。斯る假説は十分確からしいと判定して良い。鋼浴内に於ける種々の反應の内 $FeO + C \rightarrow Fe + CO$ なる反應は速度の最も小さな現象と見做される。而して色々な現象の相互干渉から成る過程の速度は主としてその中の最も遅い部分の過程に支配されるから、上述の前提が事實に一致して居る限り此處に引用された計算方法はその目的にかなつてゐる筈である。



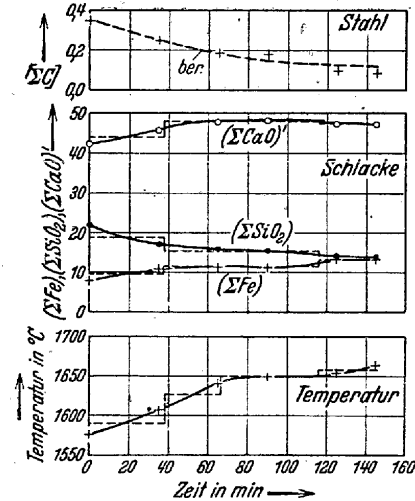
第25圖 第22圖と同様(熔解曲線: C. Schwarz 及 G. Leiber II)

⁹⁾ 脱炭曲線の傾斜は温度が高い程急である。



第26圖 第22圖と同様(熔解曲線: F. Körber, HIX)

の濃度の急變が認められるが、鋼滓膜の内部になると濃度は低下し、鋼滓膜と鋼滓との接觸面に於ては、沸騰現象の爲に均等に分配されるから、鋼滓の平均酸化鐵量に達してゐる。金屬膜の方でも此れに相當した濃度の低下があるが、鋼滓膜の方より低下の度は少ない。二重層内に斯様な濃度低下があると云ふ考へに依つて鋼滓中の全鐵量と鋼の酸化鐵含有量の間簡單なる分配關係が存在してゐない事を説明出來たにせよ、更に Feild の如く鋼膜と鋼が同じ成分を有すると假定しても今の所此れから眞の關係を把持するといふ手掛は得られない。これに反して鋼滓中にて鐵は一部化合物となつて居ると考へ唯遊離酸化鐵のみに注目すると云ふ事は極めて自然的のやうに思はれ、之に依れば特に石灰及珪酸の量が變化して鋼滓の酸化能力に及ぼす作用も明かに説明せられる。



第27圖 第22圖と同様(熔解曲線: K. Mittank 2732 A 番 150t 屑鐵炭素法)

M. de Loisy¹⁾は金屬内部に於ける炭素濃度の均一化に擴散法則を適用して、炭素擴散と云ふ方面から脱炭速度を把握せんと試み次のやうな式で表すことが出來た。

⁷⁾ Trans. A. I. M. E., Iron Steel Techn. (1928) 114. Stahl u. Eisen 48 (1928) 1341

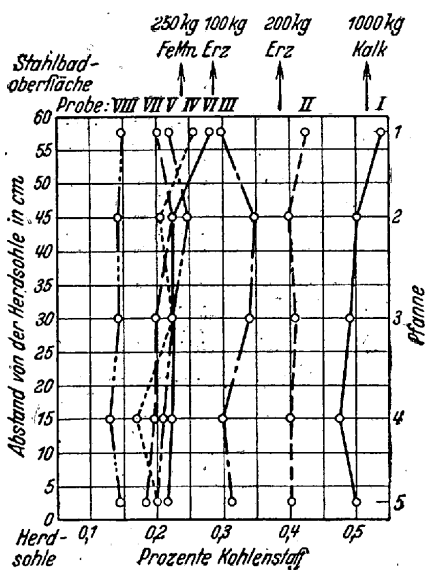
⁸⁾ A. I. M. E. Tech. Pub. (1929) No. 229. Stahl u. Eisen 50 (1930) 51.

¹⁾ Rev. Métallurg. 24 (1927) 47.

$$z = \frac{D}{h^2} \cdot \ln \frac{[\Sigma C]_1}{[\Sigma C]_2}$$

この式中 z は炭素の重量パーセントを $[\Sigma C]_1$ から $[\Sigma C]_2$ に減少させるのに必要な時間であり、 D は擴散恒数にして h は鋼浴の深さを意味する。この式に依つて譬へば脱炭速度は鋼浴の深さの二乗に逆比例するといふことが判る²⁾。上式を誘導するに際しては、反應に與り得る酸化鐵の濃度が鋼津中で沸騰運動の爲に急速に均一化され、鋼津と熔鋼との接觸面に於て常に一定量の酸化鐵が消費されると云ふことを前提としてゐる。更に $FeO + C \rightarrow Fe + CO$ なる反應も同様に迅速に行はれるから、炭素の擴散が遅いばかりに脱炭作用が遅延するのであると説明する事が出来る。

酸化鐵濃度が一定であると云ふ假説は明かに否定すべきものであるから、既述した H. Schenck, W. Rieß 及 E. O. Brüggemann³⁾ の研究の結果は、歸する處本質的な化學變化は無限に迅速に行はれるものではなくして、反應に關與する物質の濃度變化に應じて變化するものであると云ふことになる。更に S. Schleicher⁴⁾ の研究に依れば、炭素の擴散速度は十分大きなものであり(少くとも沸騰期間中)鋼浴全體を通じて實際的に濃度を均一にし得る事が判つ



第 28 圖 平爐鋼浴内の種々の深さに於ける炭素量 (Schleicher)
 試料 I; 午後 3³¹' にて完全熔解 3³⁵' 1,000 kg 石灰
 試料 II; 3⁴⁵' 4¹' 200 kg 鐵石
 試料 III; 4²¹' 4³⁵' 100 kg 鐵石
 試料 IV; 4⁴⁹' 4⁵⁰' ~ 4⁵³' 250 kg フェロマンガン
 試料 VIII; 取鋼試料

た(第 28 圖)。しかし Schleicher が採用した試料採取法には誤差の根源を十分取除いて無い。W. Alberts⁵⁾ は 200 吨爐の研究に於て次のやうな濃度差のあることを觀察した。

鋼津層からの深さ (單位 mm)	1960 番			2107 番			2137 番			2155 番		
	% C	% C	% C	% C	% C	% C	時刻	% C	% C	% C		
200	0.18	0.09	0.11	0.020	0.030	0.030	2 ⁴⁶ '	3 ⁰⁵ '	3 ²⁵ '			
400	0.20	0.06	0.09	0.050	0.040	0.040						
600	0.26	0.09	0.09	0.070	0.030	0.025						

研究の時期には脱炭速度が極めて微小な爲に十分均一にさせやうとする。機械的な運動は左程大きな役割を演じては居ないのであるが、それでも此の場合に種々な深さに於ける濃度の差違はさして著

しいものではなく、過程の終り頃には實際上完全に均一となる。

爐床附近の炭素量が比較的高いといふことは屢最初に熔けた炭素に富んだ熔鋼が爐床の溝に滲入し、そこに機械的に保留されて居る事に歸せられてゐるが、これは擴散法則を以てしては理解されぬ所である。

Schleicher は彼の實驗結果に基いて、脱炭は鋼浴が深くとも淺くとも同一速度で行はれる筈であるとの結論に達してゐるがこれは總ての場合に適用せられるものではない。古い大きな爐に於ては溫度上昇が速かた無いと云ふことが色々な問題の原因となつて居たのである。然し Schleicher の見解の核心、即ち濃度の均一化が十分迅速に行はれるといふことは大きな爐の場合にも適用されて良いと思ふ。然し深い鋼浴の脱炭速度に對しては十分な程度に溫度を上昇せしめ得ると云ふ事が——其の影響に就ては 57 頁に既述して置いたが——決定的な點である。

爐及蓄熱室の構成が正しく且適切な操業を行つて火力の十分な焔に依つて上述のことが可能である限り、鋼浴の深さの如何に拘はらず、鋼浴が深くとも酸化力のより強い鋼津を存在させなくとも同じ傾向の脱炭曲線が得られる筈である。此處に述べた精鍊過程、鋼津組成及溫度との間に存する法則性が大きい爐の場合にも十分適用出来ることは一に計算と觀測とがよく一致すると云ふ點に依るもので此れは第 27 圖に示せる如く鹽基性 150 吨爐の熔解に就き K. Mittank⁶⁾ の測定に依つて確かめられた。

常溫の軟鋼棒を多少沸騰して居る浴に深く入れ、それを前後に動かせば、殆ど一瞬にして浴を大きく波立たせる現象が起る。この現象は攪拌に依つて濃度均一化が行はれ其の爲に酸化鐵と炭素との化學變化が促進される事に歸して良いであらう。然し棒を入れた前後の炭素量を分析で精密に測定すると(第 29 圖)⁷⁾ 分析誤差の範圍で、實際上脱炭曲線の經過には變りがないことが明瞭にされた。外觀上強い沸騰が起つてゐるのであるから、當然豫期される事であるに拘はらず攪拌の間に著しい下降が起ると云ふ事は無い。普通の沸騰過程に於ては鋼浴から小さな焔がちよもちよと燃えあがるのであるがこの場合には概してあらはれないと云ふ事も此れと良く一致する。更に注目すべき事に棒が豫め鋼津中にて加熱されるか或は熱傳導の悪いオーステナイト系材料(耐磨耗性のマンガン鋼、不銹鋼)で作られて居る時は沸騰は起らないと云ふ事である。總て斯様な觀測は攪拌や其の結果生ずる沸騰に依つて熔融炭素及酸化鐵の濃度が普通の沸騰過程では到達出来ない程度に迄均一化されると云ふ見解に相反する。要するに、熔解者が目指して居る攪拌作業の效率は沸騰過程其のものに依つて鋼浴が動かされ、其の効果を適切に見積ることの出来る機械的作用とは比較にならぬものであると云へるであらう。

上述の現象には尚色々困難が有り十分解釋がつかぬ點がある。次のやうな考へ方もある。冷たい物を浸漬すると熔鋼は局部的に凝固溫度迄冷却され、この溫度では他の理由より、 $FeO + C \rightarrow Fe + CO$ の變化は熔融狀態の平衡で定つてゐる限界を越える。局部的に生じた混晶が再び熔融する時には生成された一酸化炭素も亦溶解する筈であるから、ガスは實際上鋼から放出さ

²⁾ 従つて鋼浴の深さを 40 cm から 56 cm にすると脱炭速度は半減する。

³⁾ Z. Electrochem. 38 (1932) 562, Stahl u. Eisen 52 (1932) 831

⁴⁾ Stahl u. Eisen 50 (1930) 1049~1061.

⁵⁾ Stahl u. Eisen 51 (1931) 119. 採取試料は鎮靜せしめず。(炭素量減少の可能性あり)

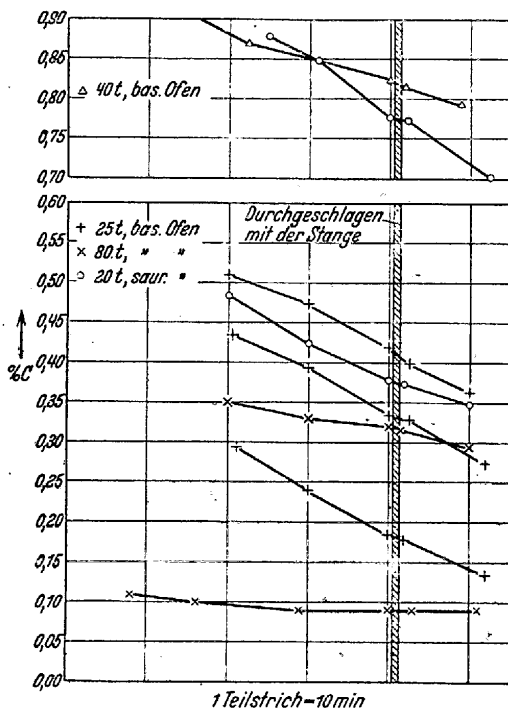
⁶⁾ Diss. Techn. Hochsch. Berlin, 1932

⁷⁾ 第 29 圖に於ける測定を行ふに當つては Dipl. Ing. H. Spitzer 氏の御好意を煩はせる事を感謝する。

⁸⁾ 原著第二卷 239 頁参照。

れないのである。斯る説明は種々制限があるにしても、加熱せられた熱傳導率の悪い棒は沸騰を起させないと云ふ事實と良く一致する。何故なら斯様な棒は鋼が凝固する丈の多量の熱を奪はないからである。

面白いのは次のやうな例に依つて、沸騰過程を通じて、鋼浴に入つて來た運動エネルギーの大きさを窺ひ得る事である。重量 70 吨の鋼浴が 1,620°C に於て $v=0.005\%C/mn$ の速度にて脱炭されると假定すれば、これは $0.0584\text{ kg } C/s$ の割合で炭素が減少し或は壓力約 1.1 atm の時 $688\text{ l } CO/s$ の割合で CO が發生することを意味する。 $688 \cdot 1.1 = 757\text{ l } \cdot \text{atm}$ の仕事量はエネルギー量に直すと $757 \cdot 10 \cdot 333 = 7820\text{ kg} \cdot \text{m}$ に等しい³⁾。従て機械の仕事は 104 PS の機械で鋼浴の



第 29 圖 軟鋼棒にて浴を攪拌した時の平爐の脱炭經過、實際的には不變である。

運動を起させた場合に相當し、爐の従業員が攪拌して得られる仕事よりも遙かに高い⁴⁾。ガスは爐の内部に發生するから、斯る仕事は完全に鋼及鋼滓に吸収せられる。

上の考察に依れば、平爐は鎮靜系の場合にのみ應用される擴散式を使用して良いやうな状況で無いのが本當らしく、寧ろ沸騰運動に依つて濃度均一化が十分に行はれ鋼滓中の遊離酸化鐵で規定するやうな範囲内で炭素反應が行はれるものと思はれる。今迄の例にても明かなやうに、以前の文獻に於ては考慮せられなかつた酸化鐵の遊離濃度 (FeO) に就ての知識に依り、脱炭現象に極めて實用的な結論が得られると思はれる。

然し此處に強調したいのは、擴散の影響は一般におるそかに出來ないといふ點である。譬へば熔解の末期に炭素反應を制限し、鋼がそれ以上酸化することを阻止する爲屢作られるやうな特に流動性の少ない(粘性の大なる)鋼滓に於ては分子の運動は著しく制限せられる。これを度外視するとしても遊離酸化鐵は鋼滓の粘性に依つて石灰と結合した儘で居ることがある。かうなると屢脱炭は最早順調に

進行しない。これに反して、普通の鋼滓では粘度は極めて流動しやすい状態からクリーム状態に至る迄種々であるが、擴散過程は十分な速度で進行するから、脱炭の遅延は濃度の均一化が遅れる爲と云ふよりも寧ろ遊離酸化鐵の濃度が小さ過ぎる爲か或は温度が低く過ぎる點に歸せられる。装入物が熔解しつゝある間及熔解し終つた後でも、脱炭開始が所謂鋼滓の“泡”の爲、遅延する事がある。此れは鋼滓が鋼浴から發生したガスを小気泡型に保持して居り、此の氣泡が自ら膨脹する爲、火焰から鋼への熱移動が大いに妨げられるのである。斯うした時期は平爐法の經濟に大いに關係があるので擴散の及ぼす影響の價値は大きい。何故ならば此のやうな場合には酸化鐵の移動は“氣泡壁”を通じて極めて僅かに行はれるだけであるから。

特に低温の際は鋼滓の粘性が高く、表面張力が大きいので鋼滓の“泡”が生じ易い。加ふるに温度が低いと解離が少く遊離酸化鐵が僅かしか存して居ないと云ふ事情も加つてこの現象を助長して居るやうである。従て酸化鐵は鋼滓から熔鋼へ極く僅かしか移動せず、又其の分配係數 L_{FeO} も小さい。それ故熔鋼は烈しい沸騰をする事無く、靜に表面が泡立つて來るのが認められるだけである。従てそこに生じたガス氣泡は小さく、鋼滓中でもあまり膨れることが無いから容易に鋼滓中に留まるのであらう。十分に加熱されて、ガスの流れの速さが非常に大きくなる位鋼滓の機械的運動が盛んであれば (R. Hennecke⁵⁾) 此の泡滓期間は短縮される。

何の根據も無いのに電氣爐の場合の脱炭、鋼滓組成及温度間の關係は平爐の場合の夫等の關係と區別しなければならぬと云ふ假定を立てる人もあるが議論をすゝめるのに適切な實驗的根據は今の所何も無いのである。弧光爐の場合には鋼滓及鋼は局部的に著しく過熱されて居り、従てどの位の平均温度が適切であるかといふ點も不明であるから種々の法則に合せる事は相當困難である。

弧光爐に於ける鋼の加炭は理論的には同一の觀點より論議さるべきである。良く知られてゐるやうに加炭は還元期鋼滓の酸化鐵及酸化マンガが珪素のやうな還元剤に依り十分還元されるやうな場合⁶⁾相當著しく起るのである。前に立戻り脱炭の基本式 [式 (1a),]

$$v = (FeO) \cdot [\Sigma C] \cdot k_1 \cdot L_{FeO} - k_2 \cdot p_{CO}$$

に依つて考察すれば加炭速度とは (FeO) が非常に小さくなり遂に第 1 項が第 2 項より小さくなつて脱炭速度が負の値になつたものと考へられる。恒數 k_2 は、 $CO + Fe \rightarrow FeO + C$ の反應式に從て一酸化炭素がどれ位の速度で熔鋼に作用するかを示すものであり、其の實際の量 v は單位 $\%C/mn$ なる増炭速度を示す。上式を使用するに際しては云ふまでもなく、爐内にある一酸化炭素は鋼滓に妨げられずに熔鋼に到達することが出來且電極の炭素や還元性造滓材中の炭素に依る直接の加炭は行はれないと云ふ前提が必要である。しかし次のやうな例は一酸化炭素が鋼に到達するのが鋼滓に依り妨げられて居ることを暗示するやうに思はれる。

鋼滓の遊離酸化鐵量 (FeO) を 1% とし平均 1,627°C の温度にある鋼が 0.2% の炭素を含有するものとすれば、第 14 表及第 15 表に依り $L_{FeO} = 0.0162$, $k_1 = 0.414$, $k_2 = 0.00457$ となる。 $p_{CO} = 1\text{ atm}$ とすれば

$$v = 0.414 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 0.0162 - 0.00457 = -0.00323\% C/mn$$

となる。

この毎分の炭素増加量より計算すれば 1 時間毎の加炭量は 0.19%

³⁾ 原著第一卷 41 頁、第二表参照。

⁴⁾ 一般に熔鋼 1t 當に付、沸騰運動に依て得られる機械の仕事は、0.156 T. v PS になる (T は絶對温度、v = $\%C/mn$ を示す)。

⁵⁾ Berichte des Stahlwerksausschusses des Ver. dtsh. Eisenhüttenw. Nr. 119 (1926), Bericht u. Erörterung.

⁶⁾ 原著第二卷 138 頁参照。

Cとなり、この値は經驗値(黒鉛電極の場合には 0.02~0.03%)C/hを遙かに凌駕するものである。

2. 達し得る最少炭素量

我々は既に鋼浴の脱炭は或る条件下に於ては静止状態になり得る事を知つてゐる。即ち鋼滓成分や温度が丁度脱炭速度 v が零(即ち平衡)となるやうになつてゐる場合にかゝる状態が得られる。こんな風に反應が不活潑になる原因は今迄屢鋼滓の物理的性質例へば鋼滓の流動性が不十分な事に歸せらるべきものと思はれて居り、鑛石を投入して精錬過程を活潑ならしめるのは流動性が上昇する爲であると説明して居た。然し實際はこの原因は多く化學的分野に在り反應の不活潑なる所以は一極めて粘り鋼滓を除けば一終始化學的平衡に近い状態にある事に歸すべきである。吾人のこれ迄の考へ方を其儘移して考へると、平爐鋼浴で低下せしめ得る炭素量の限度は次のやうな條件が充たされる程益々小さくなる。

1. 脱炭過程終期の精錬速度の減少。
2. 鋼滓の全鐵量増加。
3. 鋼滓の石灰量少く、磷酸量の多い事。
4. 鋼滓の珪酸量が多い。
5. 温度が高い。

第一の條件は次のやうに解さるべきである。即ち他の條件が十分満足されるならば、或る炭素量に到達するのに大きな速度で脱炭し得るのであるが、鐵及珪酸含有量の増加並に温度の上昇は爐の安全性といふ點で限度があるから、特に炭素量の低いものゝ際は脱炭速度が低いと云ふことは我慢しなければならぬ。實際濃度の低い範圍の脱炭は極めて徐々に而も熱の十分ある爐内で鐵含有量の多い鋼滓の下でのみ行はれると云ふことは明かに周知のことである。

最も濃度の低い場合の脱炭に關する示唆に富んだ例はアームコ鐵、即ち例へば J. H. Nead¹⁾ の論文中にある如きあらゆる不純元素を殆ど完全に除去した鋼²⁾の製造である。精錬に必要な温度上昇³⁾は主として沸騰過程そのものに依つて行はれるのであるから此の爲には沸騰期間を長くし、それに依り最後迄十分高温に保つて脱炭を行はせるやうに、鋼に銑鐵の形で何度も炭素を装入しなければならぬ。終期の鋼滓は Nead の報告した例に於ては(遺憾ながら温度記録が欠除してゐる) 次のやうな組成を有する。

番號	$[\Sigma C]$	(ΣFe)	(ΣSiO_2)	(ΣCaO)	(ΣP_2O_5)
I	0.012	31.7	7.0	38.6	1.55
II	0.010	36.6	7.0	29.3	0.75

番號	(ΣMnO)	(ΣCaO)	°C の時の (FeO)		
			1,627	1,652	1,677
I	2.5	36.2	12.5	14.0	16.0
II	3.5	28.1	17.0	18.5	20.0

終りの欄には種々の温度に於ける此の鋼滓の酸化鐵含有量を計算して掲げた。最高温度の場合が確からしく思はれる。1,677°Cに於て遊離酸化鐵量が與へられるならば達し得る最低炭素量は第 17 圖より求める事が出来る。即ち熔解 I の場合は 0.027% C, 熔解 II の場合は 0.022% C となる。Nead の報告に依れば炭素含有量はもつと少ないが此れは鋼に多量の酸化鐵が含まれる事を考慮に入れると試料を取る際や出鋼の時にもう一度炭素が反應すると云ふ事情に依

るものであらう。

3. 鋼滓の鐵含有量、熔減り

要するに吾々の觀察した處より、平爐に於ける脱炭の際に鋼滓の全鐵量 (ΣFe) に影響する全ての情況が明かになり、從て精錬過程中、色々な具合で起る損失に就ても、其の評價が可能となるわけである。

文獻に見られる多くの反對意見を見わたして見ると化學反應の法則は反應に與かる物質の濃度だけを決定するものであつて、その重量を決定するものではない點をもう一度言つて置く必要がある。即ち鋼滓中に存する酸化鐵の濃度 (ΣFe) は次に述べるやうな條件に依つてのみ制約せられ、鋼滓量とは無關係である。從て重量の點では鐵含有量は勿論鋼滓量に正比例して増加する。

鋼滓の鐵含有量は——前節より明かなやうに——

1. 脱炭速度が高くなるに從て。
2. 鋼の炭素量が減少するに從て。
3. 鋼滓の石灰量 (ΣCaO) が増大し、又磷酸量 (ΣP_2O_5) が減少するに從て。
4. 珪酸量が減少するに從て。
5. 温度が低下するに從て。

高くなる。此等の量は總て鋼滓の鐵含有量と數的に密接な關係がある。酸化鐵が鋼滓へ如何にして供給されるか、即ち酸化鐵の濃度 (ΣFe) を構成するものは装入物から入つて來る酸化物か或は熔解中或は沸騰の際に於ける熔の酸化に依るか或は又附加せる鐵鑛に依るかと云ふやうな事は規則的の關係はない。例へば完全に銑のない装入物を酸化熔を遮断して熔解させ得たとするならば、石灰、珪酸及温度の事を考慮し或る脱炭速度を維持し、炭素濃度を低下させて精錬現象を續行させる爲には、何回もの鑛石投入が必要であり從て鋼滓中の鐵含有量は或る程度の額に達する事になる。或る場合に於ては、45 頁に述べたやうな事情に依り鋼が酸化を受けるので熔解の際の大きな熔減りを來す事があるが此の場合には必要とする鐵鑛の量は酸化鐵の影響を受ける他の量が不變である限り、當然減少する。

操業の方式即ち製鋼を銑鐵—鑛石法、銑鐵—屑鐵法、炭素—屑鐵法) 或は其の他の特殊法(熔融装入物或は固體装入物)等の種々の方法の内どれに依て行ふかと云ふことや亦爐の型式の如何に拘らず (ΣFe) と其の影響を受ける因子との間には常に上記の關係が適用される。この種の特殊性が何等かの意味に於て鋼滓の鐵含有量に影響するものとしても、此れは、上述の種々の因子が同時に相關聯して變化すると云ふ理由に基くものである。この種の變化の主なるものは鋼滓組成 [$(\Sigma CaO) : (\Sigma SiO_2)$] が變化するか或は温度上昇の可能性の差異がある等である。

この意味に於て例へば E. Killing⁴⁾ は平爐滓は冷銑装入の場合よりも熔銑の場合の方が鐵含有量が多いことを確認して居るが此れは同じく彼が報告せる熔銑投入の場合に脱炭曲線の傾斜が大きいと云ふ事實と良く一致する。更に第 27 圖に示せる如く炭素—屑鐵法に依る 150 吨爐の熔解の際の時間—炭素量曲線の變化に於て計算と觀察とが良く一致するといふことは、此

¹⁾ Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engr. 70 (1924) 176.

²⁾ Amerikanisches Patent Nr. 940784 参照

³⁾ 原著第二卷 44 頁、(前號翻譯) 参照

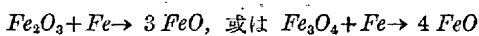
⁴⁾ B. R. Hennecke: Bericht des Stahlwerksausschusses des Ver. dtsh. Eisenhüttenw. Nr. 119(1926); K. Mittank, Diss, T. H. Berlin 1932.

⁵⁾ Stahl u. Eisen, 49 (1929) 1821

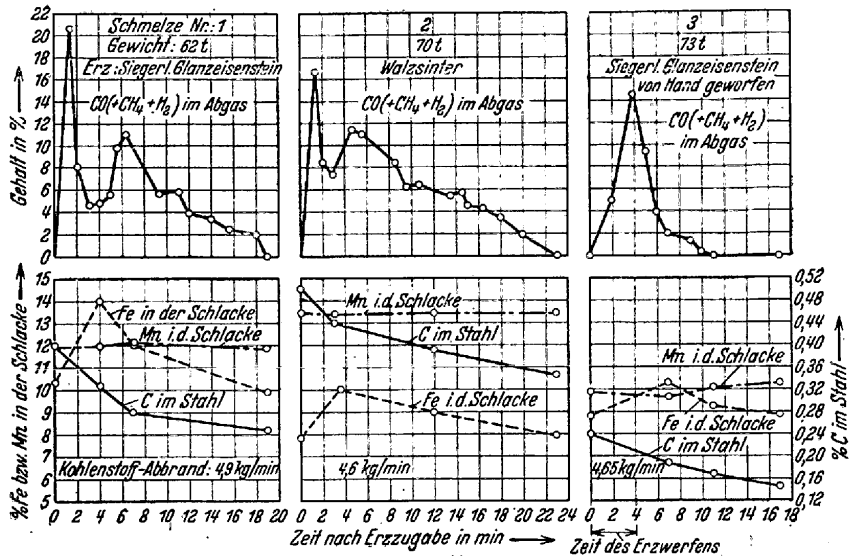
の場合にも鋼滓の鐵含有量には一定の相互關係があり、特別な操業法を用いたからとして決して變化するものでないことを示してゐる。

總じて第22圖～第27圖の時間-炭素量曲線は此處に示した相互關係に満足な定量的證明を與へたものであるが、此れを鐵の熔減りと云ふ見地から見るとは尙もう少し詳細な説明が必要である。此處に注意を要するのは、炭素曲線と溫度曲線とが略々同一である Körber の熔解 No. 10¹⁾と No. 1. (第22及23圖)が鋼滓の石灰量及珪酸量に於ては著しく相違して居ながら、 $(\sum Fe)$ に關しては吾人の結論と一致して居る點である。此の關係をもつと良く證明したのものとしては“鹽基度” $(V = (\sum CaO)/(\sum SiO_2))$ が増大するに従て鐵の熔減りが増大すると云ふ R. Back²⁾, A. Sonntag³⁾及 N. Wark⁴⁾ 其の他の人々の觀察や非常に高温で熔解を行つた時の鋼滓は鐵含有量が少いことに依り識別せられると云ふ P. Kühn⁵⁾ の報告等がある。それ故に第18及19圖(53頁)は鋼滓の鐵含有量を判定するのに十分利用出来るものと思はれる。物理化學的觀察の意味に於ては炭素反應の經過や溫度、鋼滓の鐵量及び其の他成分の間の關係を説明する爲に鋼滓の酸化鐵が如何なる形で供給せられるか、即ち酸化焔に依つて熔鋼が酸化せられ此れが鋼滓に分配せられるか、鑛石或は壓延及鍛造スケール等の附加に依るとか云ふことはどうでも良い事なのである。

これ等の附加物は其の物理的及び化學的性質(例へば個々の大きさ、密度、有孔性、不純物、酸化程度等々)に於て明かに著しい相違がある。S. Schleicher⁶⁾ の研究に依れば壓延屑を附加した時と塊狀の鑛石を附加した場合では效力を發生する迄の時間に本質的の差違は無いやうに見受けられ、從て濃度の均一化は略同じ速さで行はれるやうに見える。W. Alberts⁷⁾ は屑鐵法の場合にも斯る觀察の正しい事を確證することが出来たが、これに反し凡そ二倍の鋼滓量を有するタルボット製鋼法に於ては、塊狀鑛石の代りに壓延スケール或は鑛石粉を使用するとき0.01% Cの軟鋼の熔解時間は1~1.5分も長くなることを確かめた。實際鋼滓量が多いと擴散路が長いので濃度の均一化が遅延し同時に軟鋼熔解の時には沸騰運動もなくなると云ふことが考へられる。更に吾々の注意しなければならぬのは、重い塊狀の鑛石を少くとも短時間に熔鋼の近くに附加する時は、普通の鋼滓と熔鋼との間の交互作用の場合に考へられるのと全然異つた條件が現れるといふことである。重鑛石が鋼滓中に沈んで行つて熔鋼の近くで熔解すると其處に局部的に、他の鋼滓成分の乏しい酸化鐵溶液が生成せられ此れが鋼中に極めて多量の酸化鐵を移入させることが出来る。鐵の高級酸化物も石灰と鐵酸鹽を作つて行かぬ限り次式に依て定量的に分解せられる。



斯様にして此の現象は熔鋼に局部的に多量の酸化鐵を送り込み沸騰を起させ濃度均一化及微細な鑛石粉の移動を促進させるこ



第 30 圖

鑛石或は壓延屑を附加した後の鹽基性平爐に於ける脱炭經過の例 (Schleicher)

となる。鋼滓組成は徐々に均一となり、同時に遊離酸化鐵が結合するので鋼滓は再び、局部的に著しく多量にある鋼中の酸化鐵を吸収し遂には分配平衡 $(FeO) = [FeO] : L_{FeO}$ が成立すると云ふ事になる。此の爲に又炭素に依りて酸化鐵は一部消費されるから附加後、始めは高かつた脱炭速度は再び徐々に減退する。此れは例へば Schleicher の研究(第30圖)に良く示されてゐる。注目すべきことは Schleicher 並に E. Killing⁸⁾ に依れば、鑛石附加後 30mnの間の觀察では、毎分分解される炭素量は凡そ 4.5kg であると云ふ事である。斯る數値の現はれることは O. Schwarz⁹⁾ も指摘して居る。

鑛石を選ぶ際には經濟的及冶金學の見地より考究すると同様特に夾雜物の問題が考慮されねばならない。斯くて磷及硫黃含有量の少い鑛石が選ばれる。鹽基性爐で精鍊する場合には、鋼滓は脱磷性の點で珪酸量の高くないこと及熔減りの點で石灰量の高くないことが要件である。鑛石に石灰或は珪酸量が多い爲許容値を超過するやうな時には、夫々砂或は石灰を添加して其の作用を打消すやうにしなければならない。

鑛石精鍊の際に鑛石の各成分が鑛石全消費量に及ぼす影響に就ては E. Killing 及 S. Schleicher が前述の報告に若干の計算例を掲載して居る。精鍊劑としての經濟的性質が鑛石中の酸素の結合形式、即ち酸化第二鐵としての量或は四三酸化鐵としての量等に影響されるか否かの問題に就ては E. Killing は四三酸化鐵の鑛石-磁鐵鑛が有利であると信じて居た。彼は鋼滓中の全鐵の濃度は酸化第二鐵を附加した後の方が四三酸化鐵を附加した後に比してその値が高い事を觀察してゐる。最初の材料としてどの酸化物が使用されたかと云ふことは變化の結果には問題にならないから、理論的には此の觀察はさして重要なものではない。鋼滓の全鐵量は多くの事情に依つて影響されるものであるから、Killing の報告は實驗に用いた鋼滓の鹽基度が凡そ同一であるとしても系の状態を一義的に記述する事は不可能である。尙又同著者の他の研究の實驗結果並に赤鐵鑛を附加して行つた Schleicher の觀察は、鑛石酸素の結合形式は

1) Stahl u. Eisen 51 (1931) 359.

2) Arch. Eisenhüttenw. 4 (1930/31) 242.

3) Schweiz. Patent Nr. 152014 參照

4) Stahl u. Eisen 49 (1929) 458~464, 50 (1930) 1049~1061.

5) Stahl u. Eisen 50 (1930) 1061.

6) Stahl u. Eisen 49 (1929) 527~531, 1087

7) Stahl u. Eisen 49 (1929) 464

鐵の熔減りが増加する際に判る筈であると云ふ見解に相反するものである。

炭素の酸化は装入物中の金属マンガンを節約する爲に屢マンガンを添加して行はれる。マンガンを添加する作用は、反應を次のやうな多くの段階に分解して考へると自ら明かとなるであらう。

1. 金属に依る高次マンガ산화物の分解, 例; $Mn_3O_4 + Fe \rightarrow 3MnO + FeO$.
2. 金属と酸化マンガンの反應; $MnO + Fe \rightleftharpoons Mn + FeO$.

第一の變化は實際上完全に右へ移行するが此れと反對に、第二の變化は後述するやうに明確なマンガン反應の平衡状態に依り制約されて居る。兩過程とも先づ酸化鐵を生ずるが此れは一部分鋼滓の中に結合される。従て鋼滓の全鐵量 (ΣFe) が或る程度高められるが其の程度を知る爲には、變化 2. の平衡位置を知らなければならぬ。精錬過程に對しては前述の變化に依つて得られた全鐵量 (ΣFe) は鐵添加の場合に得られるのと同じ作用を有する。變化 2. は温度が上昇するに従て次第に右の方に移行するから、マンガンの精錬作用は高温の場合の方が低温の場合よりも明瞭である。

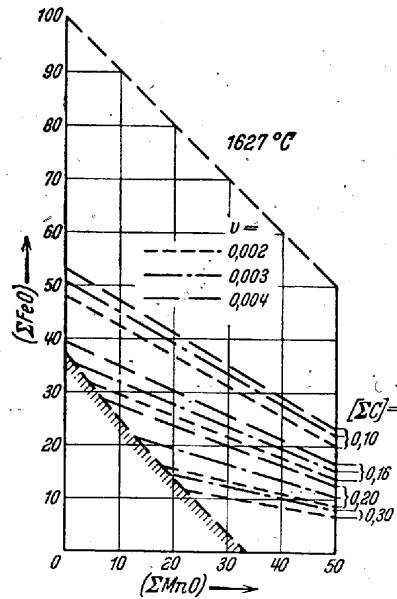
4. 酸性平爐に於ける炭素反應

酸性平爐法に於ける脱炭過程、鋼滓の性質及温度との間の相互關係を論究する基礎は既に 47~49 頁に詳述した如く一酸化炭素の分壓及鋼滓中の遊離酸化鐵 (FeO) の作用を解明することに依つて與へられる。更に酸性鋼滓の全組成と遊離酸化鐵の濃度との關係は 36~38 頁にて説明した所であり、其の結果が第 1 表 a-d 並に第 7 圖及第 8 圖に掲げられて居るから、次のやうな方法にて一鹽基性方法及と全く同様一所要の關係を求めることが出来る。吾人は次の基本式 [式 (1a), 47 頁] $v = k_1 \cdot L_{FeO} \cdot (FeO) \cdot [\Sigma C] - k_2 \cdot p_{CO}$ に依つて、一定温度に於て任意の炭素量 (ΣC) 及脱炭速度 v に對して (FeO) の大きさがどれ位になるかを定め、それから第 1 表 a-d に依つてどのやうな組成の鋼滓がこの (FeO) の値に相應するかを求めることが出来る。この方法を系統的に反復することに依り一温度の異つて居る場合も一種々の鋼滓の下に於ける脱炭の可能性を豫知する事が出来る。

例へば第 31 圖は斯様にして得られたもので、熔鋼を鎮靜させる (即ち平衡, $v=0$) とする全酸化鐵量 (ΣFeO) 及全酸化マンガ

量 (ΣMnO^1) との關係を各炭素量に就て描いたものである。それ故、此の炭素量は、相當する鋼滓の下に鋼が作られる場合の最少限度の炭素量²⁾である。或る炭素量にする爲の鋼滓の酸化鐵含有量は珪酸が酸化マンガンを置換される程、又温度が高くなる程次第に減少することは明かである。第 31 圖に示したやうな濃度の下に脱炭を行はしめるならば、温度を上昇させるか或は鋼滓中の酸化鐵濃度を増すことが必要である。

鋼滓が遊離の固體珪酸を含有する場合には第 31 圖及第 32 圖に於てこれに對應する炭素量は遊離酸化鐵に就て 37 頁 (第 6 圖) に記載した方法と同様にして求められる。



第 32 圖 鋼浴を種々の脱炭速度で精錬した場合各炭素濃度に對する酸性平爐滓の組成

脱炭速度が鋼滓成分に依つてどのやうな影響を受けるかといふことは、第 32 圖に於て 1,627°C の場合の例が示す通りである。温度一定の時は沸騰作用は鐵渣又はマンガンを添加して活潑化されるが、前者は圖表的に描かれた第 33 圖 a 及 b より容易に推察されるやうに其の作用が遙かに優勢である。

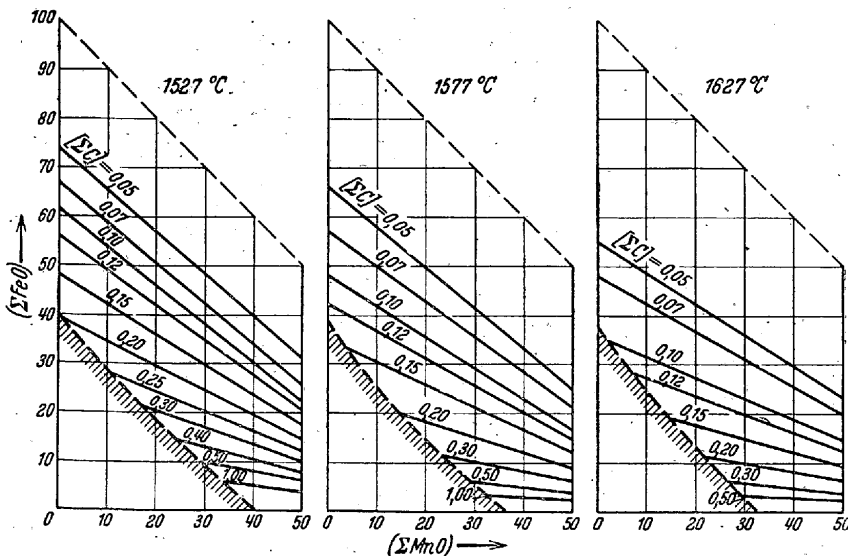
第 33 圖 a に於て A 點の組成を有する鋼滓に純酸化鐵の型の鐵渣を添加したものと假定する。其の結果 (ΣFeO) は増加し (ΣMnO) 及 (ΣSiO_2) は稀釋されて減少する。鐵渣を添加した結果得られる鋼滓の組成點 B は A から純添加物即ちこの場合は (ΣFeO) = 100% に相當する點 x 迄直線を引いて圖表的に容易に求められる。然る時は點 B は直線 A-x の上にあり、A からの距離は直線を次のやうに分配して求められる。即ち

$$\frac{\text{線分 } x-B}{\text{線分 } B-A} = \frac{\text{鋼滓の始めの重量}}{\text{添加物の重量}} \quad \text{或は}$$

$$\frac{\text{線分 } x-A}{\text{線分 } x-B} = \frac{\text{鋼滓+添加物の重量}}{\text{鋼滓の始めの重量}}$$

第 33 圖 b に於ては組成 A の鋼滓に純酸化マンガンを添加した場合組成は直線 A-y に沿つて變化し點 C の組成になる。點 y は純添加物の組成即ちこの場合は (ΣMn) = 100% に相當する。C の位置は上と同様にして求められる。

酸化マンガンを添加すると鋼-鋼滓系はマンガン反應に關しては平衡が移動するので、酸化マンガンの一部は $Fe + MnO \rightleftharpoons Mn + FeO$ に従て還元せられ、酸化鐵の濃度は増加する³⁾。故に點 C は更に D の方へ移行し、この移行は温度が高くな

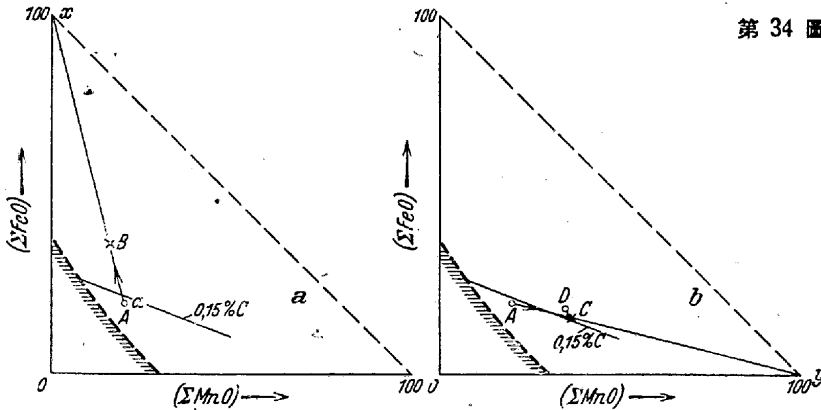


第 31 圖 炭素量の種々異なる鎮靜鋼浴に對する酸性平爐鋼滓の組成

1) 残りは珪酸である。
 2) 原著第二卷 50 頁参照。
 3) 原著第二卷 144 頁以下参照。

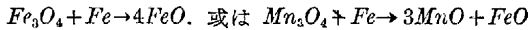
る程益々大きくなるけれども、附加以前の (ΣFeO) の始めの値 (點 A) に達する程増大する事はない。

第 33 圖 a 及 b に於ける圖形は酸化鐵及酸化マンガンの附加量を同一にせる場合を選んである。前者即ち酸化鐵附加物が脱炭に本質的に好適なことは明かである。後者にあつては上述の如き點 C から D への移行が主として脱炭作用を助成させるものである。此の移行は温度上昇につれて増大するものであるから、マンガン鐵附加の効果は實際高温の場合に始めて現れるものである。

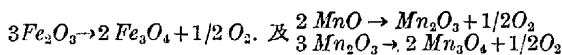


第 33 圖 鑄石附加に依る鋼滓組成變化の圖表的求め方

附加物が一前に假定したやうに純酸化鐵或は酸化マンガンでなくて、高級酸化物より成つて居るとすれば、



の如く高級酸化物が鋼に依つて還元される點を考慮して、同じ方法を踏襲使用して良い。即ち鋼滓の變化を求めるには、斯様な反應式に依つて附加物の量を當量の純第一酸化物の量に直して使用する。唯注意しなければならないのは、製鋼の温度に於ては鐵及マンガンの最高級酸化物は既に其の酸素の一部が次の式に従つてガス態に分離せられることである。



分離した酸素は加熱ガスと共に運び去られる。

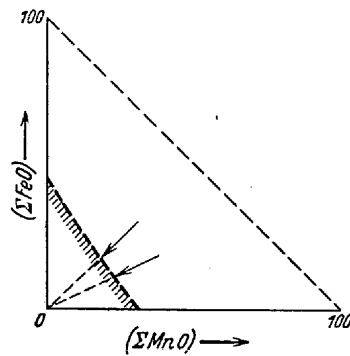
鑄石が珪酸の外に他の岩石等を含有するとすれば、鋼滓組成の變化は計算で求めなければならない。附隨不純物の影響に就ては後に詳述しよう。

第 31 圖及第 32 圖に依れば 0.2% C 以下の如き低炭素鋼の脱炭は鋼滓の酸化鐵量を非常に多くしなければならぬが、此れは鋼滓の流動性を著しく増し爐床を強く侵蝕することになる。従て當然酸性平爐に於ては、軟鋼の製造は出来るだけ避けねばならぬのである。

酸性平爐の裏付材料の侵蝕は爐床と鋼滓の接觸面のみならず、鋼浴の下にも起る。それは爐床が溶鋼と平衡にならうとする傾向があり、其の結果熔融鋼滓を生成し其の組成は溶鋼の酸化マンガン量及酸化鐵量並に温度に依つて支配せられる。其の作用は次のやうに考へられる。即ち爐床の珪酸は溶鋼から酸化鐵を生成し、同時に $FeO + Mn \rightarrow MnO + Fe$ に従つて酸化マンガンが生成される¹⁾。

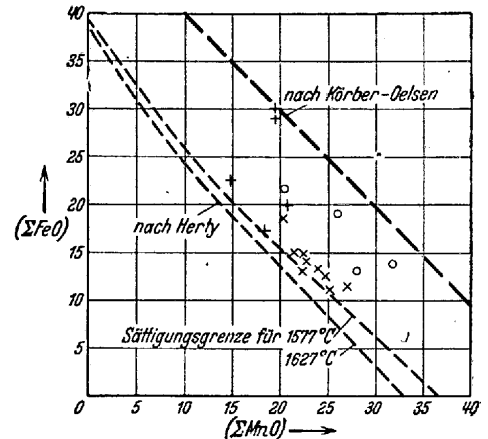
兩酸化物が爐床の固體珪酸と結合して徐々に熔融液となり爐床から離れ鋼滓となつて上昇する。此處に於て鋼滓の珪酸量は徐々に増

¹⁾ 此れに関する詳細な論述は原著第二卷 145 頁参照。

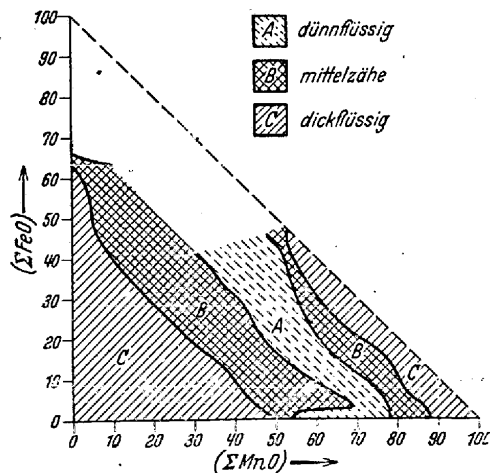


第 34 圖 酸性鋼滓の組成に及ぼす爐床の影響

加する。従て酸性鋼滓の成分は——熔鋼或は鋼滓に何等の附加物を加へない限り一過程の進行に伴ひ第 34 圖の三角形の左の頂點に移行することが見られる。鋼滓が珪酸の飽和限界に達すると移行は普通静止する。何故ならば此處では熔融液と固體珪酸との間に平衡が成立し、従て爐床をそれ以上侵蝕する傾向がなくなる



第 35 圖 酸性平爐溶解の終末鋼滓の成分 (種々の觀測者に依る)



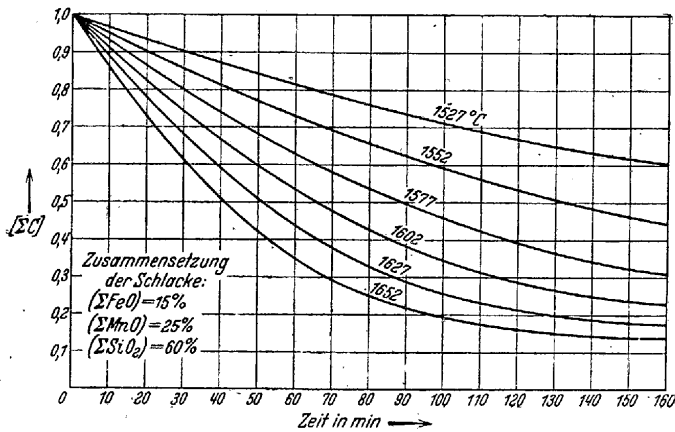
第 36 圖 1,550°C に於ける FeO-MnO-SiO₂ 鋼滓の流動性程度の比較 (Herty 及其の協同研究者)

からである²⁾。實際終末期の鋼滓を分析して見ると概して飽和限界に密接して居る³⁾ (第 35 圖参照)。上述の如き考へ方に依れば

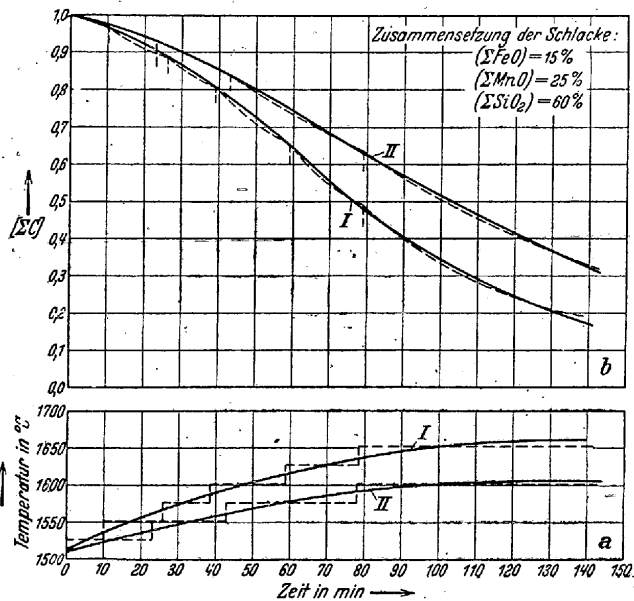
²⁾ 熔解末期には、鋼滓と溶鋼は實際上殆ど平衡に達してゐるから、鋼滓が爐床と平衡にある限り、溶鋼中に溶けてゐる酸化鐵が爐床を侵蝕する事は無い。

³⁾ 實際の酸性鋼滓は他に 6% 程の異物質を含むからその飽和限界は純粹の三成分 (FeO, MnO, SiO₂) から成る鋼滓に對して Körber 及 Oelsen の與へた數値より變位し Herty のあたへた數値に合致する。

同時に温度上昇が起つて脱炭速度に良い影響を及ぼすやうなことが無い限り爐床の侵蝕は脱炭妨害の作用がある筈である。然し實際には温度の上昇は一方で爐床の侵蝕をも進展させるから完全に脱炭のみを促進させる事にはならない。更に多量の珪酸を吸収すると鋼滓の粘度が大になる。第 36 圖は C. H. Herty 及其の協同研究者¹⁾が描いた酸性鋼滓の比粘度に関する記録であるが此の種の危険性を良く示してゐる。



第 37 圖 種々の温度に於て組成不變の鋼滓に依る酸性平爐の脱炭曲線



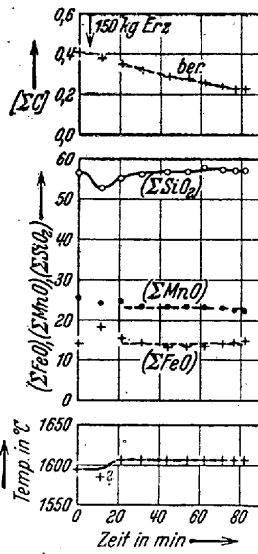
第 38 圖 鋼滓の組成不變で加熱速度を種々變へた場合酸性平爐の脱炭曲線

圓滑に温度を上昇させ得ると云ふことが脱炭過程にどんなに影響を與へるか云ふことが第 37 圖及第 38 圖に依つて明かにせられる。この兩圖は鋼滓の組成が次のやうであると假定して計算されたものである。即ち $(\Sigma FeO)=15\%$, $(\Sigma MnO)=25\%$, $(\Sigma SiO_2)=60\%$,

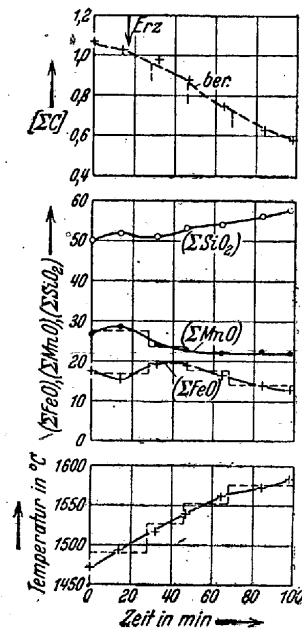
新様な鋼滓の遊離酸化鐵含有量は内挿法に依つて第 1 表から知ることが出來次の如くなる。

t°C	1,527	1,552	1,577	1,602	1,627	1,652	1,677
(FeO)	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7	5.05	5.4

¹⁾ C. H. Herty, J. E. Conley u. M. B. Royer, Stahl u. Eisen 51 (1931) 1174.



第 39 圖 酸性平爐に於ける炭素溶減少の觀測したものとの比較



第 40 圖 第 39 圖と同様

脱炭の論述の際説明した如く¹⁾, 此の場合にも先づ鋼滓中に於ける遊離酸化鐵の濃度並に温度が炭素反應の經過を支配して居り、鋼浴が沸騰して居る場合には擴散現象は十分迅速に行はれるものと見て良い。

酸性鋼滓は不純物として普通少量のアルミナを含有して居り、其の濃度は凡そ 5% である。大抵の操業では鋼滓は更に最高凡そ 12% 迄の石灰が混じてゐる。

アルミナは珪酸、酸化マンガシ及酸化鐵と違つて中性のものと考えられてゐる。これは、珪酸がアルミナで置き換へられるので珪酸鹽として結合する酸化鐵が幾分少くなると云ふ點で¹⁾ 稍遊離酸化鐵濃度に影響を與へる。其の爲に同一温度で而も (ΣFeO) 量と (ΣMnO) 量が同一なる鋼滓の場合でも (FeO) 量從て脱炭速度が上昇するの

¹⁾ 原著第二卷 57 頁以下参照(前同翻譯), 其の考へ方はその儘酸性平爐に移して差支へない。

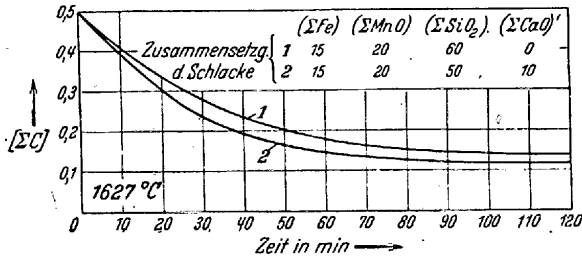
* 本誌 27 (昭. 16) No. 12. 988 頁左欄

である(式(1)原著第二卷 38 頁及第 8 圖を見よ)。

これに反して石灰を加へる時は其の結果に著しい影響がある。石灰と酸化鐵は鐵酸鹽を生成するので、遊離酸化鐵の濃度が減少するであらう。然しこの作用には、同時に珪酸石灰を生成し、其の結果として、珪酸鐵と珪酸マンガンを分解して、酸化鐵と酸化マンガンを遊離すると云ふ作用が加はる。後者の現象が起ると鐵酸石灰の生成が抑制されるから酸性鋼滓に石灰を附加した結果は遊離酸化鐵(FeO)が増大することになる。それ故酸性平爐法(及電氣爐法)の鋼滓に石灰を附加して、精鍊作用を行はせる事が出来るのである。

石灰を含有する酸性鋼滓の遊離酸化鐵濃度の量的概念は第 II-IV 表並にそれより得られた第 11 圖(40 頁)に依つて得られる。

例へば第 11 圖より、 $(\Sigma Fe)=15\%$ 、 $(\Sigma MnO)=20\%$ 及 $(\Sigma SiO_2)=60\%$ なる量の鋼滓は、 $1,627^\circ C$ に於て遊離酸化鐵量; $(FeO)=5.5\%$ なることが推察される。10% の珪酸を石灰と取り換へると考へれば、鋼滓の全成分は $(\Sigma Fe)=15\%$ 、 $(\Sigma MnO)=20\%$ 、 $(\Sigma SiO_2)=50\%$ 、 $(\Sigma CaO)'=10\%$ ²⁾ となり従て遊離酸化鐵量は同温度にて 6.6% に變る。この (FeO) の増加は、第 41 圖に示される如く³⁾、脱炭速度が上昇したことを意味する。

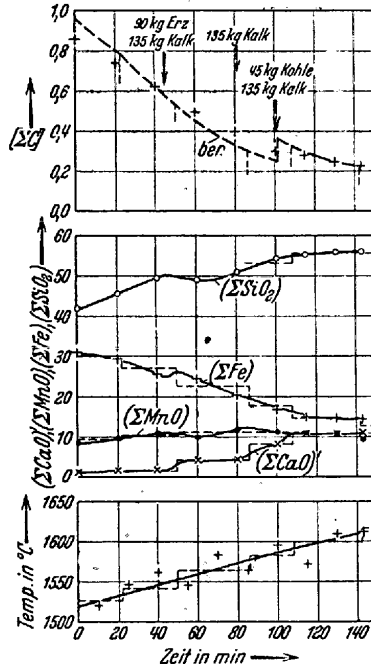


第 41 圖 酸性平爐に於て鋼滓の珪酸を一部石灰に置換せる際脱炭に及ぼす影響(1,627°C, 鋼滓成分表記の如し)

石灰に依つて遊離酸化鐵の濃度が高められ、従て鋼浴に脱炭作用が行はれるものとすれば、當然他方に於て温度一定ならば酸性鋼滓は、同一脱炭経過が見られる限り、其の石灰量が増大するに従て鐵の含有量は益々少くなる。鐵と石灰の濃度 (ΣFe) と $(\Sigma CaO)'$ との間に如何なる關係が存するかと云ふことは既述の(原著第二卷 42 頁 f) 第 12 圖及第 13 圖より推察されるところである。

²⁾ 酸性鋼滓は磷酸を含まぬから此の場合 (ΣCaO) と $(\Sigma CaO)'$ とは同じである。

³⁾ 第 41 圖は第 37 圖と同様にして得られたものである。



第 42 圖 第 39 圖と同様

酸性鋼滓に石灰を附加することは特に J. N. Kilby⁶⁾ の推奨するところであつて、彼は其の利點として、石灰含有鋼滓は(飽和限界が移行する結果)珪酸濃度を高くする事が出来(62%迄)而も流動性が大きい。従て鋼中に懸吊せる鋼滓が鋼に吸収され易いことを舉げて居る。しかし B. Yaneske⁷⁾ は石灰を含有する酸性鋼滓が著しい流動性を示すのはその珪酸量が 60% に達しないときだけである事を立證してゐる。更に、本質的なことで注意しなければならない點は、石灰を附加した時には十分の用心が必要なことである。過程の初期に於ては自然酸化せんとする條件が豫め存して居るに違ひないから、石灰附加物が多いと云ふことは何等の悪影響も及ぼさないが、末期には、石灰に依て何れも酸化鐵を遊離させ、次にこれを熔鋼の中に多量移行させるやうにしなければならぬ。

⁴⁾ J. Iron Steel Inst. 108 (1923) 108. 熔解番號 51161.

⁵⁾ 鋼滓層を光學的に測定した。第 42 圖下圖参照

⁶⁾ J. Iron Steel Inst. 95 (1917) 69.

⁷⁾ J. Iron Steel Inst. 99 (1919) 255~273, Stahl u. Eisen 40 (1920) 1129.

最後に第 42 圖酸性操業に於て装入物の數倍の石灰を加へ、H. Styri⁴⁾ の報告せる経過に従て炭素の精鍊曲線の計算を試みた。Styri が選んだ温度測定法は幾分不確實な點があるから⁵⁾ 一少し高過ぎるやうである—計算と観測との比較は十分満足すべきものではないやうに思はれる。然し定性的に云へば石灰附加に依つて脱炭を容易に促進し得ることは疑を容れぬところであり、用心深く脱炭作用を活潑にしようとする場合には多くの操業に於ては石灰の使用が行はれてゐる。