

# 含酸鋼の二三の性質に就て

(昭和三年十一月日本鐵鋼協會第四回講演大會講演)

井 上 克 巳

K. Inouyé:— ON SOME PROPERTIES OF STEEL CONTAINING OXYGEN AS FERROUS OXIDE.

## 緒 言

- |     |                   |                  |
|-----|-------------------|------------------|
| 第一、 | 電 氣 抵 抗           | (6) 合成試料に對する炭滲試験 |
| 第二、 | 炭 滲 組 織           | (7) 冷却速度の影響      |
| (1) | 鋼中に機械的に含蓄さるゝ瓦斯の影響 | (8) 鍛鍊度の影響       |
| (2) | 窒素の影響             | (9) 異常組織に對する考察   |
| (3) | 炭酸瓦斯中に加熱せる場合の影響   | 第三、              |
| (4) | 水蒸氣流中にて焼鈍せる場合の影響  | 炭 滲 の 深 度        |
| (5) | 各種元素の影響           | 第四、              |
|     |                   | 結 論              |

## 緒 言

本研究の目的に就ては已に鐵鋼協會より發行せられた第四回講演大會に酸素が酸化第一鐵 (FeO) の形態で含まれて居る場合該鋼材の性質即ち含酸量の變化に伴ふ電氣比抵抗の相違の程度、第二に炭滲を加へた場合に生ずる組織及其炭滲深度の變化、同時に含酸量の變化に依つて試料の結晶粒の大きが如何に變化すべきや等に就て研究調査せるものである。

## 第一、電 氣 抵 抗

第1表は鹽基性平爐製鋼爐より其製鋼中爐内より採取せる試料に就て其の電氣比抵抗を求めたものである。

試 料 番 號	分 析					比 抵 抗		
	C	Mn	S	P	Si	觀 測	計 算	
A	(1)	0.24	0.48	0.078	0.023	痕跡	12.2	14.1
	(2)	0.17	0.48	0.091	0.016	"	12.0	13.6
	(3)	0.10	0.50	0.063	0.008	"	11.3	13.2
	(4)	0.16	0.70	0.054	0.015	0.046	14.6	14.6
B	(1)	0.30	0.40	0.068	0.021	痕跡	12.4	14.1
	(2)	0.26	0.40	0.052	0.016	"	12.4	13.8
	(3)	0.17	0.40	0.073	0.016	"	12.2	13.2
	(4)	0.19	0.70	0.066	0.024	0.060	15.2	14.8
C	(1)	0.77	0.50	0.098	0.051	痕跡	14.3	17.9
	(2)	0.48	0.50	0.079	0.033	"	13.2	15.9
	(3)	0.21	0.50	0.086	0.031	"	12.5	14.0
	(4)	0.29	0.72	0.089	0.049	0.046	16.0	15.6
D	(1)	0.79	0.52	0.057	0.008	痕跡	15.1	18.1
	(2)	0.61	0.50	0.069	0.008	"	13.8	16.6
	(3)	0.41	0.55	0.061	痕跡	"	13.8	15.6
	(4)	0.45	0.80	0.055	0.020	0.046	17.1	17.1
E	(1)	0.96	0.60	0.078	0.020	痕跡	15.0	19.7
	(2)	6.74	0.58	0.073	0.011	"	14.2	18.1
	(3)	0.52	0.60	0.076	0.016	"	14.3	16.6
	(4)	0.62	0.80	0.072	0.033	0.060	18.0	18.3

以上 A は極軟鋼、B は軟鋼、C、D は半硬鋼、E は硬鋼の熔製を同時にしたものである、猶 A、B、C、D、E の右側に夫々 (1) (2) (3) (4) と記したのは (1) は熔融鋼に對し脱酸劑たる滿俺鐵を投入する1時間前に爐中より採取せるものの意で同じく (2) は45分前に汲取せるもの (3) は脱酸直前のもの (4) は脱酸劑を投入せる直後に汲取つた試料である。之等は夫々約 1.5 kg の小鋼塊に鑄込みたる後鍛鍊して棒狀に延し 950°C で45分間軟化し爐中にて徐々に冷却せしめたのである。電氣抵抗の測定には長さ 130 mm、徑 8 mm のものに就きポテンシオメーターに依つて 100 mm 間に一定電流 (5~8 アンペア) を送つてポテンシアル、ドロップを測定する方法を用ひた即ち

$$V = Ri \quad V \text{ 電壓} \quad R \text{ 全抵抗} \quad i \text{ 電流} \quad R = \frac{V}{i} = \frac{V}{\text{constant}} \quad R = \rho \frac{L}{A}, \quad \rho = \frac{AR}{L}$$

$L$  は試料の長さ  $A$  は其の斷面積である第1表中比抵抗項目の下に觀測として記したのは斯して得た値である。

次に計算として記した値は  $\rho = 10 + 7C + 5Mn$  なる實驗式から得たもので Le Chatelier 及 Mahler 兩氏に依つて與へられて居る所のもので鋼中硅素を含有せざる鹽基性平爐鋼の電氣抵抗に對する近似値を知るには便利である、式中 10 は純鐵に微量の不純物に對するもの係數 7 は炭素の 1.0% に就き 7 マイクローム増加する意、5 は滿俺の 1.0% 毎に 5 マイクローム宛増加する事を示せるものである、爾來化學成分と電氣抵抗との關係に就ては猶種々の實驗式が與へられて居るが兎も角上記の簡單なる式に依つて計算して得た値と觀測して得た値とは略ぼ一致する事は已に Le Chatelier & Mahler 先生方の實驗せられ當時の雜誌に發表せられた處である。

第1表に就て見るに A、B、C、D、E 何れの試料に於ても脱酸作業を施したものは即ち (4) なる試料に於ては觀測に依る値と計算して得たる値とは兩者略ぼ一致せる數値を示すも脱酸せざる試料即ち酸化物を含有せるものに於ては此の兩者の値が相當異つて居る事と認める、此の原因は丁度鋼中 (Capr) に磷、砒素の如き元素が固熔體として存在する時は其電氣傳導度が降下するが酸化物となつて遊離狀態を保つ様になると却つて傳導度がよくなると (勿論或る範圍に就て) 云ふ事實と同様に考へ (1) (2) (3) なる試料に於て實驗式から得た値は諸元素が盡く金屬狀態として存在せるものと假定した。

含有量から計算して得たもので觀測して得たものの値が少ないのは此場合固熔體として存するものが割合に僅少であつて酸化物として存在するものが大部分を占むるに依るものと考へらる。

## 第二、炭 參 組 織

上述の如き試料 (1) (2) (3) (4) を 1 cm<sup>3</sup> 大に切り同一の條件の下に即ち木炭粉末 60%、BaCO<sup>3</sup> 40% の混合劑に依り夫々 950°C、1,000°C 及 1,050°C の溫度に於て炭滲試験を施した、炭滲時間は2時間以上 10 時間で炭素を充分浸入せしめ組織の變化を明瞭に認めんとするには 950°C で4時間も、實驗を行へば充分である事を認めた、炭滲箱と爐中にて徐冷した後試片を炭滲面に直角に切り切斷面を研磨しピクリン酸を以て腐蝕して得た顯微鏡組織を第1圖乃至第5圖に示した、

通常炭滲法を施し表面層の炭素含有量を 0.9% 以上に含ましてハイパーユークトイド組織にすると第2圖の如く遊離セメンタイトは網状に又パーライトは層状を呈する事は衆知の事實であるが(1)(2)(3) 試料の如き滿俺鐵を加へざる脱酸前のものに於ては第1圖(第3、第4、第5も同様)の如く遊離セメンタイトは全然前者と反對に網状を呈せずして凝集状態となり且つフェライト状組織を共伴し中央に粒状パーライトを出現する、斯くの如くハイパーユークトイド層にフェライト状組織を現出するものを假りに異常組織と名付ける寫眞第5圖はシヤン化加里を木炭末に 10% 混合せる滲炭劑を以て 950°C にて 5 時間滲炭せるもののハイパーユークトイド層の組織を示したもので一般に強力な炭滲劑を使用すると早くハイパーユークトイド層を生成するから如上の異常組織を現出するや否やを任意の試料に對して檢するに便利である。

以上の如く異常組織を現出するものは第1節にて述べた電氣比抵抗の計算値と觀測値との相違を示すもの即 (1)(2)(3) (A, B, C 試料に就て) の試料で何れも脱酸前のものである、換言すれば其中に瓦斯が含まれて居るとか又は窒化物とか或は酸化物が含まれて居るものと想像し得るものである。茲に於て如上の物質がはたして炭滲に依るハイパーユークトイド層に異常組織を現出する原因を與ふるものなりや否やに就て探究せんため次の如き實驗を施した即ち

#### (1) 鋼中に機械的に含蓄されて居る瓦斯の影響

瓦斯が影響するか否やを試驗するため No 2, No 3 の如き異常組織を與ふべき試料を一端を閉ぢたる石英管に入れて電氣爐中に挿入し直ちに真空ポンプに依り管内を排氣し爐を加熱する事 950°C ~ 1,000°C の溫度に 10 時間保持す、此間管内の壓力は水銀柱 4m.m. である、次に此減壓状態の儘爐を冷却したる後試料に前同様の炭滲法を行ひ (1,000°C, 6 時間) 切斷面を檢鏡するに何れもハイパーユークトイド層には前同様の異常組織を示すのである。

Ehn 氏は<sup>(1)</sup>熔鋼に酸素の吹入を行つて其影響を試驗されたが其結果を見ると 2 分間の酸素吹入を行ひしものゝ炭滲組織は通常の組織即ち遊離セメンタイト及パーライトよりなるを認めたが 5 分間の吹入れに依るものは炭滲後のハイパーユークトイド組織はフェライトを現出し上述の如き異常組織を呈すると云ふ。

之に依つて 2 分間の如き單時間の吹入に於ては酸素は酸化物として熔解せず單に瓦斯の形態にて存在するものと見做し得、換言すれば如何なる瓦斯も單に機械的に鋼中にひつかかつて居る状態にては前述の異常組織の原因にはならぬと思われる。

(2) 窒素の影響 窒素が異常組織を與ふる原因となるや否やに就て試驗せんため No 4 の如き鋼即ち通常組織を示す試料を窒素氣流中にて 950°C に 10 時間~20 時間加熱した、此際窒素瓦斯は豫め含有せる酸素をパイロガロールウムを通じて除去し又水分は鹽化カルシウムを通じて除去したもので之を試料に接觸せしめた、一定時間上述の如く加熱せる後爐を徐々に冷却し試料を上述の如く炭滲して檢鏡するに全く變化を認めず遊離セメンタイトとパーライトがハイパーユークトイド層に現

出する。

次に窒素瓦斯氣流中にて No (4) の試料を熔融す、即ち試料をマグネシア坩堝に入れアルセム式真空爐内に挿入し真空ポンプに依り爐内壓力を 3 mm に保持し、次に前述の如き酸素及水分を除去せる窒素瓦斯を通じつゝ試料を熔融す。2 時~3 時間窒素瓦斯を送りて後同じく窒素氣流中にて徐冷せしめた。該試料を檢鏡するにパーライト及フェライト組織に窒化物の針狀組織が存在する事を認め、斯の如き試料を 1,000°C に 6 時間炭滲を施してから顯微鏡下で檢するにハイパーユークトイド層に現出する組織は全く窒素氣流中にて處理せざる場合と同様の通常組織を呈する事を知つた。

米國の Dr. Weber<sup>(2)</sup> は鋼材の鍛接を窒素瓦斯中にて行われたが其部分を炭滲して見ると異常組織を呈したと報告して居る、即ち余の場合と反對の結果を示して居るが之は同氏の使用せる窒素中に水分が飽和して居り猶且つ酸素が 0.6 % も含有されて居るから實際純窒素氣流中での熔融試験を行つたものゝ炭滲試験と見做す事は適當でないと思ふ。

### (3) 炭酸瓦斯中にて通常組織を示す試料を加熱せし場合

窒素瓦斯を試料の高温度に加熱せしものに接觸せしめた場合と同様に炭酸瓦斯を送りながら通常組織を示す No (4) の試料を 950°C に 14 時間加熱した、試料の冷却後表面に生成せる酸化鐵(スケール)を剝脱せしめた後 1,000°C, 6 時間炭滲を施して見るとハイパーユークトイド層の最上面には異常組織を現出する事を認めた、但し此異常組織の存在する部分は極めて僅かで以下は直ちに通常組織を呈して居る、之に依つて試料は其表面に成生せる酸化鐵が温度と時間に應じて酸化鐵が鋼中に擴散した結果此酸化鐵が炭滲の際異常組織をハイパーユークトイド層に生成せしめたものと想像し得る。

### (4) 異常組織を示す試料を水素氣流中にて焼鈍せし場合

No (1) No (2) No (3) の如き異常組織を現出する試料を 1,000°~1,100°C の温度にて 12~14 時間水素氣流中にて保持す、水素瓦斯は酸素の定量用として電解装置に依り發生せしめたもので猶パイロガロール。五酸化磷等に依つて酸素及水分の如きを驅除せるものである。

試料の焼鈍後 1,000°C, 6 時間炭滲を施すと表面ハイパーユークトイド層の組織は遊離セメンタイト及パーライトより成る通常組織である(但し實驗の結果此部分は水素に依つて豫め表面の脱炭される範圍内に止る) 之に依つて試料は水素瓦斯のため鋼中に溶解せる酸化鐵が還元せられ異常組織を示す原因と考へらるゝ酸化鐵が除去されし結果通常組織を示すものに至つたと想像せらる。

### (5) 各種元素の影響

鋼中に存在する各種の元素が炭滲後の組織に如何なる影響を及すかに就ては未だ實驗に着手して居ないから茲で説明する事が不可能であるが Brearly 氏は其著書 Case hardening of Steel に於て鋼中に滿俺の僅少なる場合は炭滲を行つて得た組織のパーライトは divorce する即ち前述の如き粒狀組織になりやすいと説明されて居るが之は滿俺其物の影響でなくて脱酸劑として投入した滿俺の少なかつた結果鋼中に分解して居る FeO が充分に分解されないので FeO のまま残留して居るためであるふと考へる。

(6) 合成試料に對する炭滲試験

以上の如き豫備實驗に依つて大要鐵の酸化物即ち FeO がハイパーユークトイド層に表わるゝ組織に關係を有する事が想像せらる。依つて余は先づ酸素として幾%含有せられし場合如上の異常組織が現出せしめらるべきかに就て含酸量の種々異なる試料を合成した、即ち基本試料として炭素 0.085%、滿俺 0.4% を有するものを使用した、再熔融して其酸素量を決定せるに 0.042% を示せるもので猶又炭滲を施せるに明に通常組織を示した。該基本試料に對し酸素を種々の分量に配合せしむるものであるが之が爲めクリプトル爐を用ひ試料をマグネシア坩堝内にて熔融せしむるのであるが試料の熔融後鐵滓の浮遊する事あれば注意して除去し清淨なる熔融鋼中に純 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を装入して直ちに攪拌する、斯くする事 2~3 分にして豫め加熱してある小塊に鑄造す (約 500 gr)

斯して得た試片に就て含有金屬元素及酸素を定量したものが第 2 表である。

試料番	分 析						炭滲後ハイパーユークトイド層の組織
	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	O <sub>2</sub> (%)	
1	0.085	痕跡	0.39	0.045	0.038	0.050 0.036 0.040	0.041 Cm+P
2	0.083	"	0.36	0.047	0.033	0.052 0.045 0.050	0.049 Cm+P
3	0.082	"	0.36	0.044	0.035	0.062 0.060	0.061 Cm+P
4	0.080	"	0.37	—	0.033	0.022 0.066 0.070	0.070 Cm+P
5	0.070	"	0.34	0.043	0.038	0.086 0.092 0.098	0.092 Cm+P+F
6	0.071	"	0.30	0.048	0.032	0.102 0.096 0.100	0.099 Cm+P+F
7	0.071	"	0.32	0.047	0.040	0.119 0.122 0.117	0.119 Cm+P+F
8	0.070	"	0.32	0.045	0.037	0.135 0.131	0.132 Cm+P+F
9	0.068	"	0.31	0.048	0.035	0.148 0.134 0.140	0.141 Cm+P+F
10	0.065	"	0.30	0.050	0.040	0.172 0.161 0.159	0.165 Cm+P+F
11	0.067	"	0.28	0.052	0.035	0.176 0.180 0.184	0.180 Cm+P+F
12	0.064	"	0.25	0.048	0.032	0.205 0.196 0.202	0.201 Cm+P+F
13	0.062	"	0.23	0.045	0.036	0.241 0.221	0.232 Cm+P+F

酸素の分析に對しては獨逸オーバーホッフエル教授の方法を採用した即ち試料をエーテルを以て充分に洗滌し粉末試料を更に窒素氣流中にて加熱したものに同様處理せる錫鉛合金を混和し磁製ボートに装入し之を一端閉塞せる、シリカ管内に入れ電氣爐内にて所要の溫度に加熱しつゝ水素瓦斯を送り

て還元せしむるものでオーバー・ホツフエル教授の指示されし装置を真似て實驗を行つた、水素瓦斯も電解方法に依つて發生せしめ試料に接觸せしむるに先ちよく洗滌乾燥をなしたものである、總て分析は能く其操作に熟練する事の必要なるは論を俟たない處で殊に酸素の如き煩雜にして長時間を要するものに向つては猶更である、オーバー・ホツフエル教授の方法が鋼中の酸素 (FeO, 及 MnO の如き状態にて存する場合) を分析する一方法として信頼し得る事は米國ビュローオブスタンダードの真空熔融法に依り瓦斯を採取し重量法に依つて定量する方法及同様真空熔融法に依り發生する瓦斯を容量法に依つて定量を行ふ方法と其の結果が一致する事から判斷せらる。余の場合には還元温度は1,200°Cで還元を要する時間は120分とした、猶水素氣流の速度は豫めU管に依りカリギュレートして得た曲線から1分間に100c.cを通過せしむる程度である。

第2表中 No 1~No 13 に至る各試料を琢磨し檢鏡するに番號の増加せるもの程酸化物の班點の豊富に散在せるを認むるが酸素0.2%の如き多量を含むものになると結晶粒境界面にあらわれて來る傾向がある即ち酸化物が高温度にては熔解して居るが冷却に伴つて境界面に一部出現せるものと考へられるが酸化物 FeO はオーステナイトにもフェライトにも固溶體として飽和するものと想像せらる。

Harder 及 Dowdell<sup>(3)</sup> 兩氏は X 線分析に依つて酸素含有量の多き鋼は其空間格子の距離が含酸量少なき試料に比較して長いと報じて居る、之に依つても酸素はフェライトと固溶體を作るのであると考へらる。

度温に於ける酸素の溶解度は從來の學者の最近の報告に依ると第3表に示す様になつて居る。

第 3 表

觀測者	温度(%)	温 度	
1. Austen	0.280	—	Jul Iron & Steel Test (1915) 92
2. U. S. Bureau of Standard	0.21	熔融點	Chem. & Met. Eng. (1922) 26
3. Tritton and Hauson	0.21	熔融點以上	Jul of Iron & Steel Test(1924)109
4. Herty	0.27	同 上	Traus (1926) 73

以上第2表に示す試料 No 1 ~ No 13 を同一の炭滲函中に配列し同一の條件の下で炭滲を施し(1,000°C, 6 時間) 徐冷後各試料に就て其炭滲組織を檢鏡せるに其結果は第2表に示せる如き状態であつて即ち含酸素量 0.07 %迄は通常組織を示すが 0.092 %以上は何れも異常組織を現出する事を確める事が出來た、唯 0.07 %より 0.092 %迄の中間の含酸量のものを合成し得なかつたので此の邊が不確である事は免れぬ。

茲に於て第1表に示した製鋼爐より採取せる試料 No (1) (2) (3) (4) に就て同様酸素の定量を行ひたる結果異常組織の表わるゝ試料には大體酸素が 0.1 %以上含まれ No(4) の如きは皆 0.08 %以下になつて居る事を認めた、即ち第4表は之を示すものである。

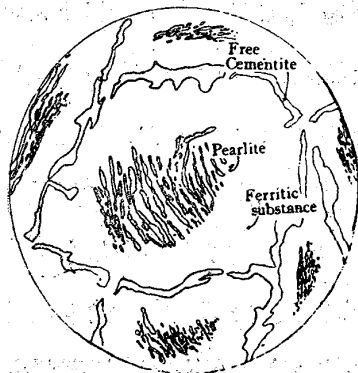
第 四 表

試 料 番 號	炭滲後ハイパーユーク トイド層に顯わるゝ組織	酸素含有量%
A	No (1)	Cm + P + F
	No (2)	Cm + P + F
	No (3)	Cm + P + F
	No (4)	P + Cm
B	No (1)	Cm + P + F
	No (2)	Cm + P + F
	No (3)	Cm + P + F
	No (4)	Cm + P
C	No (1)	Cm + P + F
	No (2)	同上 Cm + P + F
	No (3)	〃 Cm + P + F
	No (4)	Cm + P
D	No (1)	Cm + P + F
	No (2)	Cm + P + F
	No (3)	Cm + P + F
	No (4)	Cm + P

第2表及第4表に於て夫々 Cm は遊離セメントイト、P はパーライト、F はフェライト状組織の意である。

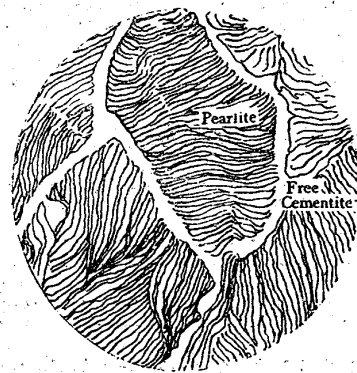
寫眞第6第7第8圖は酸素含有量夫々 0.049%、0.165%、0.2% なる試料に對し 950°C に 6 時間炭滲を施せるもの、ハイパーユークトイド層の組織でピクリン酸曹達で處理せるものの檢鏡寫眞である、即ち含酸量の大なるもの程網状セメントイトを呈せずして凝集し同時にフェライト組織の出現する量も増加せる事を認め得。

Showing disintegrated Cementite, granular Pearlite and Free Ferritic substance.



第 1 圖

Showing Presence of Pearlite together with regular configuration of excess Cementite.

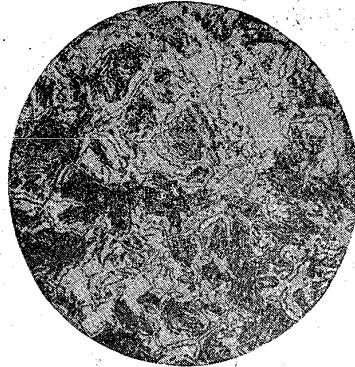


第 2 圖

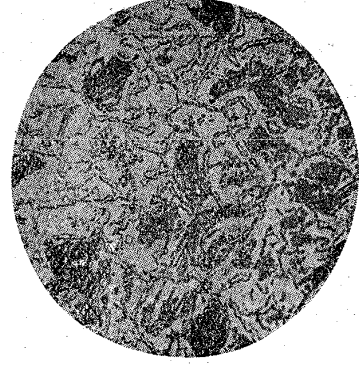
第 3 圖



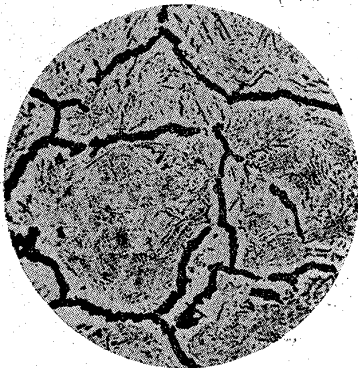
第 4 圖



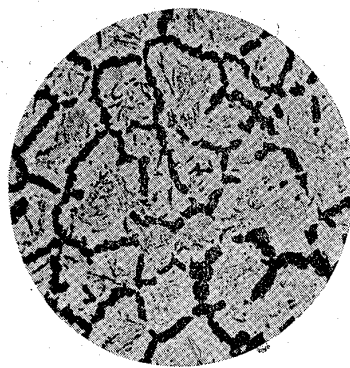
第 5 圖



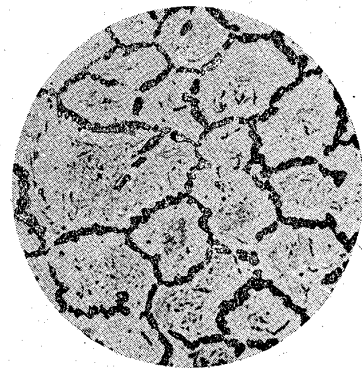
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖

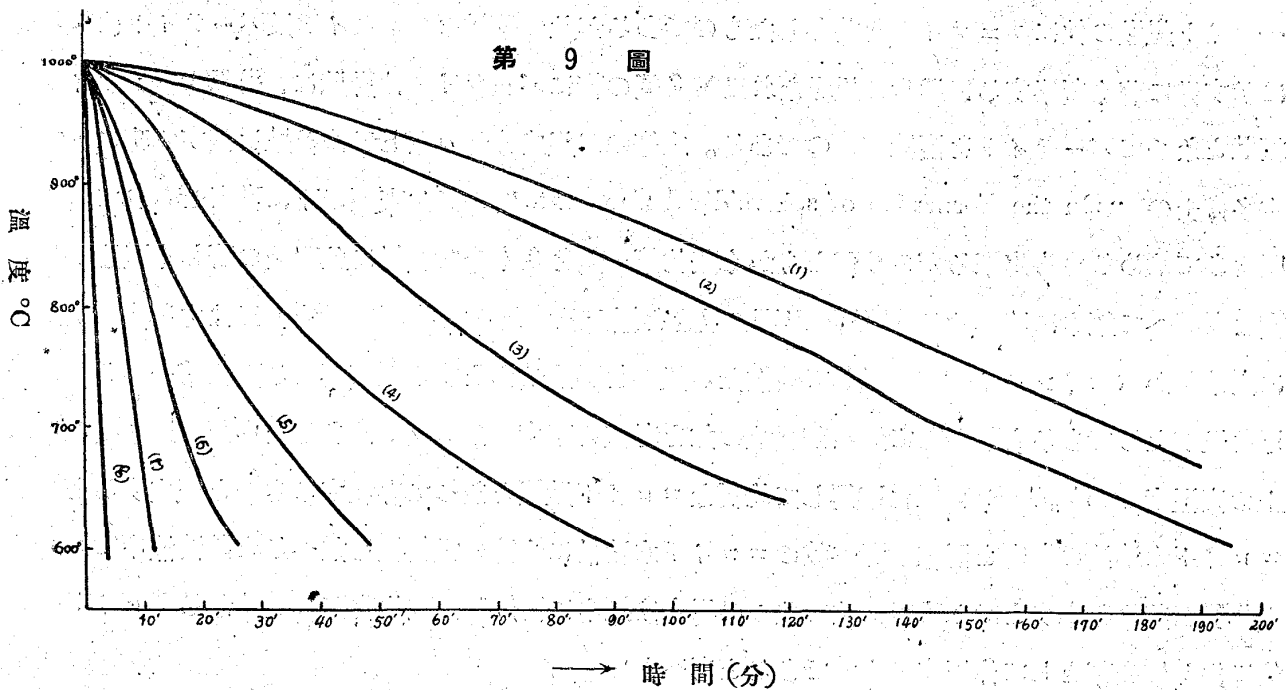


### (7) 炭滲温度よりの冷却速度の影響

以上記述した組織の變化は何れも含酸鋼を炭滲函中にて炭滲を行ひ該高温度より炭滲函と共に爐中にて徐冷却せしめたものに就て(其冷却曲線は第9圖に示す)明瞭に認め得るものである、従つて冷却速度を順次大ならしめたる場合如上の異常組織の出現が如何なる影響を受くべきかに就て次の如き實驗を施した、即ち含酸鋼を $1,000^{\circ}\text{C}$ にて6時間炭滲せるものを炭滲函共第9圖の如く各種の冷却方法に依り冷却速度を變ぜしめた、即ち以上冷却速度に對しては炭滲函中炭滲劑中に熱電堆を挿入し之に依つて試料の受くる温度並びに冷却速度を測定する事にした、第9圖中曲線(1)(2)は爐中冷却(3)は爐中冷却なるも空氣を自由に流通せしめた場合(4)(5)は爐外に炭滲函を取出し砂中にて冷却せるもの(6)は衝風冷却(7)は油中に急冷せるもの(8)は同様水中に冷却せるもの、曲線である、實驗の結果に依ると冷却速度の増加するに従ひて遊離セメンタイトもパーライト・セメンタイトも凝集する傾向は著しく減少してくる、之は冷却の迅速なるが爲め溶解して居る、 $\text{FeO}$ がセメンタイトの凝集作用に及ぼす時間に不十分な爲めである、然し含酸量の大なる試料No(10)(11)(12)(13)の如きに至つては油中冷却の場合と雖も猶粒狀パーライト及凝集せる遊離セメンタイトの混合せると認める。勿論斯る冷却速度の大なる場合には遊離セメンタイトの針狀組織の出現する事は記述する迄もない、水中冷却に於ては此傾向益々大となり層狀パーライト及網狀セメンタイトが著しく存在し通常組織の如き觀を呈するが猶フェライト狀組織の僅かに殘留するを認める、冷却速度の徐々なるに伴ひ益々異常組織の發達が明瞭となる、従つて含酸量の大なるもの程冷却速度の影響を蒙る事が少なく異常組織



を現出せしむべき原因たる FeO の作用は冷却速度に依つて完全に除去する事を得ない。



(8) 鍛錬度と異常組織との關係

異常組織を示す含酸鋼即ち第 1 表に示す如き試料に對し炭滲を施すに先つて鍛錬度を種々變化し其断面縮少率を夫々 60% 70% 85% として炭滲試料を作製し前同様の條件の下に炭滲を行ふて其組織を檢鏡するに異常組織は依然として存在する事を認めた。

猶第 1 表試料 A (2) B (3) に就て抗張試験を行つて夫々次の如き結果を得た即ち

	抗張力(kg/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)	断面縮少率(%)
A (2)	35.4	24.6	70.4
B (3)	34.8	25.1	68.7

但し試片は以上の如く内部組織に歪を與へたものに就て次の如き處理を施した。

- (1) 700°C に 10 時間焼鈍した後爐中にて徐冷却を行つた、之に依つて炭滲に先ち試料に對し結晶粒の大きさを充分大ならしめたものである。
- (2) 内部歪力を除去するため試料を 900°C にて 30 分間ノルマライズした。
- (3) 試料を 700°C に 8 時間加熱し次で 950°C に同様 8 時間保持して徐冷却をなした。即ち之に依つて炭滲試験を受くる前充分長時間の焼鈍を與へた事になる。

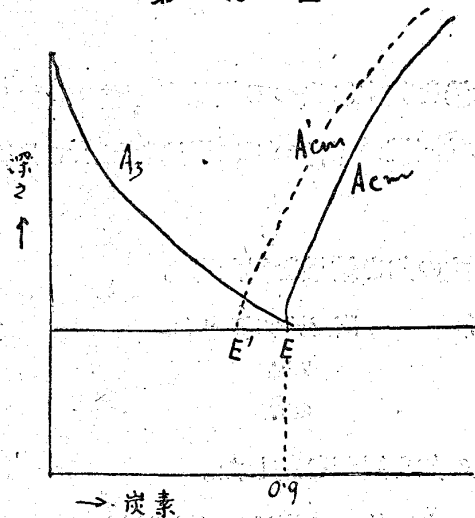
以上 3 種の處理法を施した後夫々の試料に就て炭滲試験を行ふにハイパーユークトイド層に異常組織が何れの試料にも現出する事を認めた。

以上諸種の實驗に依つて考ふるに異常組織を現出せしむる原因となるもの即ちヒストリー(history)と云ふものが常に存在して機械的乃至熱處理に依つても之を除去する事を得ないと云ふ事がわかる。

(9) 異常組織に對する考察。

以上説述せし如く炭滲後ハイパーユテクトイド層に現出する異常組織とは遊離セメンタイト及パーライト組織の他にフェライトを共存したものであるが此の遊離セメンタイト及パーライトは第1圖に示す様に著く凝集する、通常の組織なれば第2圖の様にパーライトは層狀に、遊離セメンタイトは網狀となつてパーライトを圍繞するのである。之等の二組成分が凝集し又は粒狀を呈する事に就ては本多博士の“On the Formation of spheroidized Cementite”と云ふ表題の下に發表せられて居る説明をあてはめる事も出来るだらうがともかく酸化第一鐵を多く含む試料に此現象の著しく發達する事實より考へて鋼中に溶解せる  $FeO$  の影響に重きを置かねばならぬと思ふ、Ehn 氏は之を説明するのに固溶體からセメンタイトが分離して整然たる組織を形成せんとする際溶解せる酸化第一鐵が反撥作用を及すためであると説明して居るが猶次の如き考察を下すのが穩當ではあるまいか、即ち變態點以上の高温度で  $Fe_3C$  が  $\gamma$  鐵に溶解して均質なコロイド状態となつて存在するものと假定すると恰もコロイド水溶液の場合と同様に考へ彼のコロイド水溶液に少許の電解質を加へると該溶液中でコロイド物質が凝集を來すと云ふ事實に依て我々の場合は鋼中に溶解した酸化物が  $Fe_3C$  なるコロイドの凝集に對し媒介劑として作用するものであると考へたい。

第 10 圖



次に異常組織の特徴としてフェライトがハイパーユテクトイド層に出現する機構に就て考ふるに第10圖鐵-炭素系の平衡圖に於て  $Fe_3C$  の溶解曲線たる  $A_{cm}$  は鋼の成分の如何に依つて右又は左に移動する、例へば滿庵、クロームの如く炭化物を生成するものは  $A_{cm}$  線を右方に移動せしむるのであるが鐵と固溶體をなすもの即ちニツケル又は珪素の如きものなれば左方に動かすものである事はよく知られた事實である。酸化第一鐵も後者の如く固溶體を形成して存在する量が相當あるものと考へられるから點線曲線を想像し之に依つて酸化第一鐵が  $Fe_3C$  の溶解曲線を左方に移動せしめた曲線とする、従つてユテクトイド點 E が  $E'$  に移る事になるが此の  $E'$  點の位置は主として固溶體として存在する酸化第一鐵の量に關係するものと考へられる、斯く  $A'_{cm}$  線を想像すると固溶體から遊離セメンタイトの分離して來る温度が(同一の炭素含有量に對して)幾分上昇して來る事になるのであるが此點は寧ろ遊離して來たセメンタイトが凝集作用をなすのに好都合と思われる。

斯くて過剰のセメンタイトが分離し終ると  $E'$  點に於てセメンタイト及フェライトは同時に結晶してパーライトを形成する。此際既述の如く酸化第一鐵の影響を蒙つて遊離セメンタイトの網狀を呈せざると同様パーライトも亦粒狀組織を形成する事となるが此パーライトを組織するセメンタイト分子は已に  $A'_{cm}$  線に沿つて遊離して存在せるセメンタイトの方に移動する (diffuse するの意) ものと

考ふれば第1圖の如く粒状パーライトと遊離セメンタイト組織との間にフェライトの現出する事は察知せらるゝが粒状パーライトの形で中央部に残留するのは遊離セメンタイト迄への距離が遠い爲め移動し難い結果である。然しパーライト、セメンタイトが遊離セメンタイトの方に移動すると云ふ上記の説明は含酸鋼に於ては其中に  $\text{FeO}$  が溶解されて居るために該鋼の分子配列状態が或る disturbance を受けて居るものと假定されなくてはならぬが兎も角パーライト中のセメンタイトが移動すると云ふ機構は恰も黒心可鍛鐵に於て炭素核の方にセメンタイトの分解生成物たる炭素粒子が移動し凝集するのと同じであると考へ度い。

異常組織の特徴と考ふべきフェライト組織の現出に對する第2の考察として次の如く想像する事も出来る、即ち炭滲温度より該鋼材の冷却し  $A'_{cm}$  線に沿ふて遊離セメンタイトが分離するに際し鋼中に溶解せる  $\text{FeO}$  の影響を受けて過冷却 (Super cooling) をなしパーライト線以下に降下するものと想像せば即ち過剰に遊離セメンタイトが分離したとせばパーライトを形成する成分以上のフェライトが母體組織中に存在する事となるから茲に此餘分のフェライトが遊離セメンタイトの結晶に連続して分離し結局  $E'$  に相當する成分に至つて始めてパーライトを構成するものとも考へらる。

第3には顯微鏡寫眞の上から判斷して圖に見ゆる白色部たるフェライト (但し此場合のフェライト組織とは酸素含有量の多き固溶體を意味す) が遊離セメンタイトの析出後に現出するに非ずやとの事明である、即ち  $A_{cm}$  線に依つて第一段に先づ遊離セメンタイトが析出した後残留母體より第2の組成成分として上述固溶體を分離し最後にパーライトを現出するものなりとの見方である、即ち之に依れば  $A_{cm}$  線以上の温度ではオーステナイト及  $\text{FeO}$  を溶解せるオーステナイトが共に一樣なる固溶體として存在するが炭滲温度より冷却するに當り  $A_{cm}$  線にて先づ遊離セメントが析出すると母體には  $\text{FeO}$  をとがして居るオーステナイトが存在する事となり引續き温度の下降に伴つて此のオーステナイトと  $\text{FeO}$  との溶解度に變化を生ずる事となり斯て  $\text{FeO}$  の含有量高き組成分は其の溶融度 (fusibility) の大なるため先づ最初に遊離セメンタイトの結晶後に續いて析出する事となりパーライト線に至り始めてパーライトが同時に結晶するものである、然し第二段に表われた組織がはたして上述の如き固溶體であつて第1及第2の考察に述べた如き眞のフェライトと異りたる性質のものなりや否やに就ては未だに自身に取つては解決されない。通常の硝酸又はピクリン酸アルコール溶液の如き腐蝕劑を以て處理した處では全くフェライトと同様の状態を示すのである。

獨國アーヘン工科大学鐵冶金學教室に於ても純鐵—酸素系の試料を作成し即ち酸素含有量 0.048%、0.160% 及 0.225% の試料に對し夫々同一の條件の下に  $950^{\circ}\text{C}$  に 6 時間炭滲を施せるに余の場合と同様酸素含有量の異なる試料程セメンタイトは凝集し猶又フェライト様固溶體の現出する量の異なる事を示して居る。

### 第3、炭滲深度

酸素含有量の變化に伴ひ該鋼材の炭滲深度に及ぶ影響に就て調査せんが爲め第2表に示せる各試料

第 5 表

950°Cにて2時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $5.5 \times 10^{-4}$	0.17 0.61
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $5.9 \times 10^{-4}$	0.16 0.60
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $6.3 \times 10^{-4}$	0.16 0.61
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $7.1 \times 10^{-4}$	0.16 0.60
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $7.8 \times 10^{-4}$	0.17 0.60
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $8.2 \times 10^{-4}$	0.16 0.61
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $10.3 \times 10^{-4}$	0.17 0.61
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $10.8 \times 10^{-4}$	0.16 0.61
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $11.8 \times 10^{-4}$	0.17 0.62
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $19.8 \times 10^{-4}$	0.15 0.62
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $29.7 \times 10^{-4}$	0.18 0.62
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $50.6 \times 10^{-4}$	0.19 0.63
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $102.8 \times 10^{-4}$	0.18 0.62
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $116.5 \times 10^{-4}$	0.19 0.63

第 6 表

950°Cにて4時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $5.5 \times 10^{-4}$	0.42 0.91
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $5.9 \times 10^{-4}$	0.42 0.90
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $6.3 \times 10^{-4}$	0.43 0.91
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $7.1 \times 10^{-4}$	0.42 0.92
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $7.8 \times 10^{-4}$	0.41 0.91
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $8.2 \times 10^{-4}$	0.42 0.92
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $10.3 \times 10^{-4}$	0.42 0.90
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $10.8 \times 10^{-4}$	0.42 0.92
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $11.8 \times 10^{-4}$	0.42 0.92
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $19.8 \times 10^{-4}$	0.43 0.93
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $29.7 \times 10^{-4}$	0.41 0.93
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $50.6 \times 10^{-4}$	0.43 0.94
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $102.8 \times 10^{-4}$	0.43 0.93
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $116.5 \times 10^{-4}$	0.43 0.94

第 7 表

950°Cにて6時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $5.5 \times 10^{-4}$	0.47 1.17
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $5.9 \times 10^{-4}$	0.48 1.17
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $6.3 \times 10^{-4}$	0.46 1.16
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $7.1 \times 10^{-4}$	0.48 1.16
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $7.8 \times 10^{-4}$	0.46 1.14
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $8.2 \times 10^{-4}$	0.49 1.18
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $10.3 \times 10^{-4}$	0.48 1.17
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $10.8 \times 10^{-4}$	0.50 1.19
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $11.8 \times 10^{-4}$	0.50 1.19
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $19.8 \times 10^{-4}$	0.51 1.20
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $29.7 \times 10^{-4}$	0.51 1.21
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $50.6 \times 10^{-4}$	0.49 1.19
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $102.8 \times 10^{-4}$	0.51 1.22
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $116.5 \times 10^{-4}$	0.52 1.22

第 8 表

950°Cにて8時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $5.5 \times 10^{-4}$	0.55 1.42
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $5.9 \times 10^{-4}$	0.53 1.41
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $6.3 \times 10^{-4}$	0.56 1.41
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $7.1 \times 10^{-4}$	0.55 1.42
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $7.8 \times 10^{-4}$	0.56 1.43
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $8.2 \times 10^{-4}$	0.57 1.43
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $10.3 \times 10^{-4}$	0.58 1.41
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $10.8 \times 10^{-4}$	0.58 1.42
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $11.8 \times 10^{-4}$	0.57 1.45
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $19.8 \times 10^{-4}$	0.58 1.47
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $29.7 \times 10^{-4}$	0.58 1.48
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $50.6 \times 10^{-4}$	0.60 1.46
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $102.8 \times 10^{-4}$	0.60 1.48
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $116.5 \times 10^{-4}$	0.59 1.48

第 9 表

1,000°Cにて2時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $7.2 \times 10^{-4}$	0.37 1.21
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $7.5 \times 10^{-4}$	0.36 1.21
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $7.9 \times 10^{-4}$	0.34 1.20
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $9.4 \times 10^{-4}$	0.36 1.21
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $9.5 \times 10^{-4}$	0.35 1.19
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $14.0 \times 10^{-4}$	0.36 1.22
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $16.3 \times 10^{-4}$	0.37 1.22
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $16.8 \times 10^{-4}$	0.37 1.21
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $18.6 \times 10^{-4}$	0.36 1.23
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $25.4 \times 10^{-4}$	0.37 1.22
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $34.4 \times 10^{-4}$	0.37 1.22
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $58.6 \times 10^{-4}$	0.38 1.21
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $110.8 \times 10^{-4}$	0.36 1.23
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $121.3 \times 10^{-4}$	0.36 1.24

第 10 表

1,000°Cにて4時間與炭

試料番號	ユ-テクトイド層迄の深さ(粒)	全炭滲の深さ(粒)
1 酸素(%) 與炭前の粒の大きさ	0.042 $7.2 \times 10^{-4}$	0.77 1.70
2 酸素 粒の大きさ	0.049 $7.5 \times 10^{-4}$	0.77 1.71
3 酸素 粒の大きさ	0.061 $7.9 \times 10^{-4}$	0.76 1.72
4 酸素 粒の大きさ	0.065 $9.4 \times 10^{-4}$	0.77 1.71
5 酸素 粒の大きさ	0.075 $9.5 \times 10^{-4}$	0.76 1.72
6 酸素 粒の大きさ	0.092 $14.0 \times 10^{-4}$	0.78 1.72
7 酸素 粒の大きさ	0.099 $16.3 \times 10^{-4}$	0.77 1.73
8 酸素 粒の大きさ	0.116 $16.8 \times 10^{-4}$	0.77 1.73
9 酸素 粒の大きさ	0.132 $18.6 \times 10^{-4}$	0.75 1.71
10 酸素 粒の大きさ	0.142 $25.4 \times 10^{-4}$	0.78 1.74
11 酸素 粒の大きさ	0.165 $34.4 \times 10^{-4}$	0.80 1.76
12 酸素 粒の大きさ	0.180 $58.6 \times 10^{-4}$	0.79 1.74
13 酸素 粒の大きさ	0.201 $110.8 \times 10^{-4}$	0.80 1.76
14 酸素 粒の大きさ	0.232 $121.3 \times 10^{-4}$	0.80 1.76

第 11 表

1,000°Cにて6時間與炭

試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$7.2 \times 10^{-4}$	1.02	2.10
2 酸素 粒の大きさ	0.049	1.02	2.11
3 酸素 粒の大きさ	$7.5 \times 10^{-4}$	1.00	2.10
4 酸素 粒の大きさ	$7.9 \times 10^{-4}$	1.03	2.12
5 酸素 粒の大きさ	0.065	1.02	2.11
6 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	1.03	2.12
7 酸素 粒の大きさ	0.075	1.02	2.11
8 酸素 粒の大きさ	$9.5 \times 10^{-4}$	1.03	2.12
9 酸素 粒の大きさ	0.092	1.03	2.12
10 酸素 粒の大きさ	$14.0 \times 10^{-4}$	1.03	2.12
11 酸素 粒の大きさ	0.099	1.03	2.12
12 酸素 粒の大きさ	$16.3 \times 10^{-4}$	1.03	2.13
13 酸素 粒の大きさ	0.116	1.03	2.13
14 酸素 粒の大きさ	$16.8 \times 10^{-4}$	1.03	2.12
15 酸素 粒の大きさ	0.132	1.03	2.12
16 酸素 粒の大きさ	$18.6 \times 10^{-4}$	1.04	2.15
17 酸素 粒の大きさ	0.142	1.04	2.15
18 酸素 粒の大きさ	$25.4 \times 10^{-4}$	1.03	2.14
19 酸素 粒の大きさ	0.165	1.03	2.14
20 酸素 粒の大きさ	$34.4 \times 10^{-4}$	1.05	2.16
21 酸素 粒の大きさ	0.180	1.05	2.16
22 酸素 粒の大きさ	$58.6 \times 10^{-4}$	1.06	2.18
23 酸素 粒の大きさ	0.201	1.06	2.18
24 酸素 粒の大きさ	$110.8 \times 10^{-4}$	1.05	2.18
25 酸素 粒の大きさ	0.232	1.05	2.18
26 酸素 粒の大きさ	$121.3 \times 10^{-4}$		

第 12 表

1,000°Cにて8時間與炭

試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$7.2 \times 10^{-4}$	1.15	2.44
2 酸素 粒の大きさ	0.049	1.15	2.43
3 酸素 粒の大きさ	$7.5 \times 10^{-4}$	1.15	2.45
4 酸素 粒の大きさ	$7.9 \times 10^{-4}$	1.13	2.46
5 酸素 粒の大きさ	0.065	1.15	2.45
6 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	1.16	2.47
7 酸素 粒の大きさ	0.075	1.16	2.46
8 酸素 粒の大きさ	$9.5 \times 10^{-4}$	1.16	2.48
9 酸素 粒の大きさ	0.092	1.17	2.46
10 酸素 粒の大きさ	$14.0 \times 10^{-4}$	1.18	2.49
11 酸素 粒の大きさ	0.099	1.18	2.51
12 酸素 粒の大きさ	$16.3 \times 10^{-4}$	1.20	2.50
13 酸素 粒の大きさ	0.116	1.19	2.52
14 酸素 粒の大きさ	$16.8 \times 10^{-4}$	1.20	2.52
15 酸素 粒の大きさ	0.132		
16 酸素 粒の大きさ	$18.6 \times 10^{-4}$		
17 酸素 粒の大きさ	0.142		
18 酸素 粒の大きさ	$25.4 \times 10^{-4}$		
19 酸素 粒の大きさ	0.165		
20 酸素 粒の大きさ	$34.4 \times 10^{-4}$		
21 酸素 粒の大きさ	0.180		
22 酸素 粒の大きさ	$58.6 \times 10^{-4}$		
23 酸素 粒の大きさ	0.201		
24 酸素 粒の大きさ	$110.8 \times 10^{-4}$		
25 酸素 粒の大きさ	0.232		
26 酸素 粒の大きさ	$121.3 \times 10^{-4}$		

第 13 表

1,050°Cにて2時間與炭

試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$6.5 \times 10^{-4}$	0.55	1.61
2 酸素 粒の大きさ	0.049	0.54	1.60
3 酸素 粒の大きさ	$6.9 \times 10^{-4}$	0.54	1.60
4 酸素 粒の大きさ	$7.6 \times 10^{-4}$	0.56	1.62
5 酸素 粒の大きさ	0.065	0.54	1.62
6 酸素 粒の大きさ	$8.8 \times 10^{-4}$	0.55	1.64
7 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	0.55	1.64
8 酸素 粒の大きさ	0.092	0.56	1.62
9 酸素 粒の大きさ	0.099	0.56	1.62
10 酸素 粒の大きさ	$10.8 \times 10^{-4}$	0.52	1.63
11 酸素 粒の大きさ	$11.8 \times 10^{-4}$	0.55	1.64
12 酸素 粒の大きさ	0.116	0.57	1.65
13 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	0.58	1.66
14 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	0.60	1.67
15 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$	0.59	1.68
16 酸素 粒の大きさ	0.142	0.58	1.68
17 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$		
18 酸素 粒の大きさ	0.165		
19 酸素 粒の大きさ	$50.6 \times 10^{-4}$		
20 酸素 粒の大きさ	0.180		
21 酸素 粒の大きさ	$93.3 \times 10^{-4}$		
22 酸素 粒の大きさ	0.201		
23 酸素 粒の大きさ	$158.8 \times 10^{-4}$		
24 酸素 粒の大きさ	0.232		
25 酸素 粒の大きさ	$170.5 \times 10^{-4}$		

第 14 表

1,050°Cにて4時間與炭

試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$6.5 \times 10^{-4}$	1.04	1.90
2 酸素 粒の大きさ	0.049	1.04	1.89
3 酸素 粒の大きさ	$6.9 \times 10^{-4}$	1.05	1.92
4 酸素 粒の大きさ	$7.6 \times 10^{-4}$	1.05	1.92
5 酸素 粒の大きさ	0.065	1.03	1.90
6 酸素 粒の大きさ	$8.8 \times 10^{-4}$	1.05	1.93
7 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	1.06	1.92
8 酸素 粒の大きさ	0.075	1.07	1.94
9 酸素 粒の大きさ	$9.5 \times 10^{-4}$	1.07	1.95
10 酸素 粒の大きさ	0.092	1.08	1.96
11 酸素 粒の大きさ	$10.3 \times 10^{-4}$	1.08	1.98
12 酸素 粒の大きさ	0.099	1.09	1.98
13 酸素 粒の大きさ	$10.8 \times 10^{-4}$	1.10	1.96
14 酸素 粒の大きさ	$11.8 \times 10^{-4}$	1.10	1.98
15 酸素 粒の大きさ	0.116		
16 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$		
17 酸素 粒の大きさ	0.132		
18 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$		
19 酸素 粒の大きさ	0.142		
20 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$		
21 酸素 粒の大きさ	0.165		
22 酸素 粒の大きさ	$50.6 \times 10^{-4}$		
23 酸素 粒の大きさ	0.180		
24 酸素 粒の大きさ	$93.3 \times 10^{-4}$		
25 酸素 粒の大きさ	0.201		
26 酸素 粒の大きさ	$158.8 \times 10^{-4}$		
27 酸素 粒の大きさ	0.232		
28 酸素 粒の大きさ	$170.5 \times 10^{-4}$		

第 15 表

1,050°Cにて6時間與炭

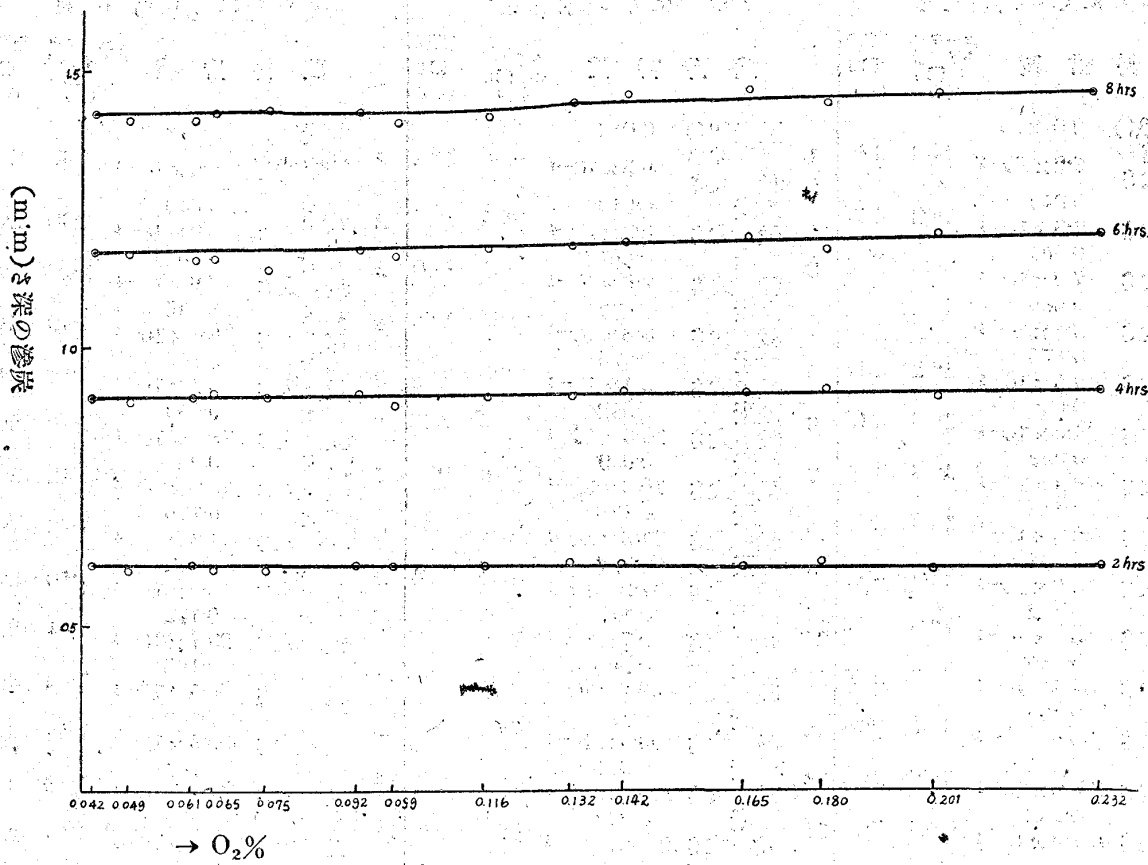
試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$6.5 \times 10^{-4}$	1.38	2.82
2 酸素 粒の大きさ	0.049	1.38	2.83
3 酸素 粒の大きさ	$6.9 \times 10^{-4}$	1.40	2.83
4 酸素 粒の大きさ	$7.6 \times 10^{-4}$	1.39	2.82
5 酸素 粒の大きさ	0.065	1.40	2.82
6 酸素 粒の大きさ	$8.8 \times 10^{-4}$	1.42	2.85
7 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	1.42	2.84
8 酸素 粒の大きさ	0.092	1.43	2.87
9 酸素 粒の大きさ	0.099	1.40	2.84
10 酸素 粒の大きさ	$10.8 \times 10^{-4}$	1.44	2.88
11 酸素 粒の大きさ	$11.8 \times 10^{-4}$	1.42	2.88
12 酸素 粒の大きさ	0.116	1.42	2.88
13 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	1.44	2.90
14 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	1.42	2.90
15 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$	1.45	2.90
16 酸素 粒の大きさ	0.132		
17 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$		
18 酸素 粒の大きさ	0.165		
19 酸素 粒の大きさ	$50.6 \times 10^{-4}$		
20 酸素 粒の大きさ	0.180		
21 酸素 粒の大きさ	$93.3 \times 10^{-4}$		
22 酸素 粒の大きさ	0.201		
23 酸素 粒の大きさ	$158.8 \times 10^{-4}$		
24 酸素 粒の大きさ	0.232		
25 酸素 粒の大きさ	$170.5 \times 10^{-4}$		

第 16 表

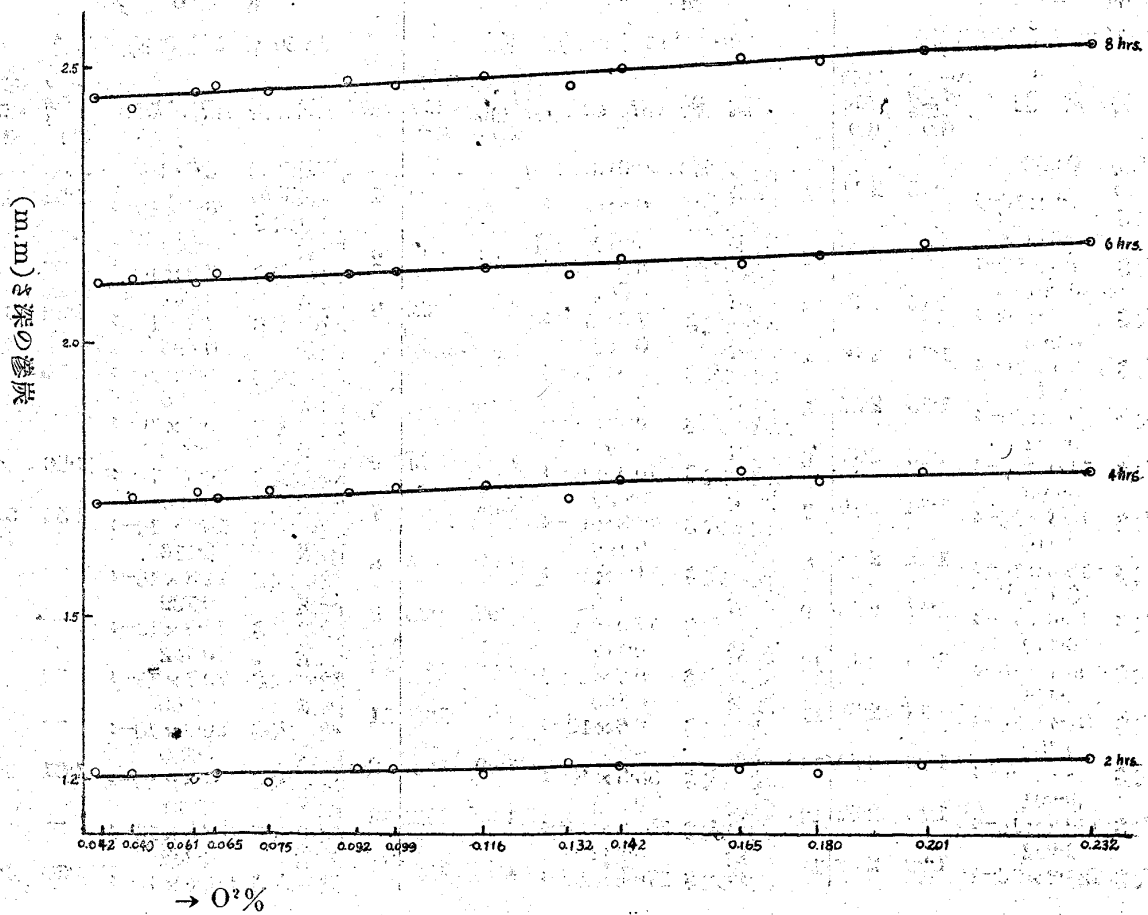
1,050°Cにて8時間與炭

試料	番号	ユーテック トイロ層 迄の深さ (%)	全炭滲 の深さ (%)
酸素(%)	0.042		
1 與炭前の 粒の大きさ	$6.5 \times 10^{-4}$	1.52	3.30
2 酸素 粒の大きさ	0.049	—	—
3 酸素 粒の大きさ	$6.9 \times 10^{-4}$	1.52	3.28
4 酸素 粒の大きさ	$7.6 \times 10^{-4}$	—	—
5 酸素 粒の大きさ	0.065	—	—
6 酸素 粒の大きさ	$8.8 \times 10^{-4}$	1.56	3.34
7 酸素 粒の大きさ	$9.4 \times 10^{-4}$	1.54	3.35
8 酸素 粒の大きさ	0.075	—	—
9 酸素 粒の大きさ	$9.5 \times 10^{-4}$	—	—
10 酸素 粒の大きさ	0.092	—	—
11 酸素 粒の大きさ	$10.3 \times 10^{-4}$	—	—
12 酸素 粒の大きさ	0.099	—	—
13 酸素 粒の大きさ	$10.8 \times 10^{-4}$	—	—
14 酸素 粒の大きさ	$11.8 \times 10^{-4}$	—	—
15 酸素 粒の大きさ	0.116	—	—
16 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	—	—
17 酸素 粒の大きさ	0.132	—	—
18 酸素 粒の大きさ	$17.9 \times 10^{-4}$	—	—
19 酸素 粒の大きさ	0.142	—	—
20 酸素 粒の大きさ	$29.7 \times 10^{-4}$	—	—
21 酸素 粒の大きさ	0.165	—	—
22 酸素 粒の大きさ	$50.6 \times 10^{-4}$	—	—
23 酸素 粒の大きさ	0.180	1.61	3.40
24 酸素 粒の大きさ	$93.3 \times 10^{-4}$	—	—
25 酸素 粒の大きさ	0.201	—	—
26 酸素 粒の大きさ	$158.8 \times 10^{-4}$	—	—
27 酸素 粒の大きさ	0.232	1.60	3.42
28 酸素 粒の大きさ	$170.5 \times 10^{-4}$	—	—

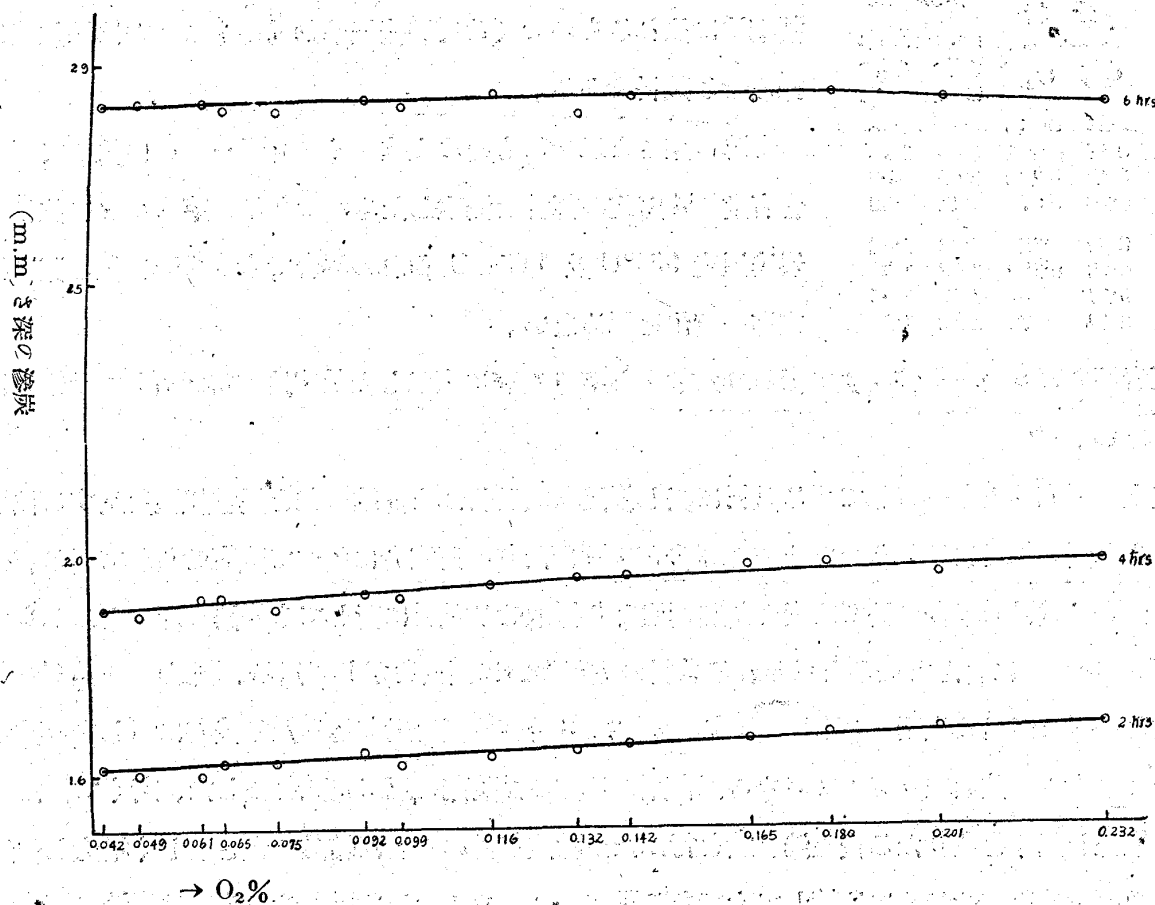
第 11 圖 950°C 炭 滲 試 驗



第 12 圖 1,000°C 炭 滲 試 驗



第 13 圖 1,050°C 炭 滲 試 験



を夫々 1 cm<sup>2</sup> の大きに切り炭滲を受く可き面を除き他面を電解法に依つて銅を沈澱附着せしめた電解液として硫酸銅 60grs. 苛性曹達 50grs. 酒石酸曹達 160grs. を水 1,000cc に混合せるものを用ひアノード極として電解銅を使用した、電流強度はカソード極に於て 0.1—0.5 amp/decimeter<sup>2</sup> アノード極に於て 1.04amp. を用ひた。

以上の方法に依つて沈澱銅の厚さが 3/100~4/100 mm を得れば 1,000°C—1,050°C の炭滲温度に於て炭素の侵入を充分完全に防ぎ得。

斯して得た試料を夫々 950°、1,000°C、1,050°C の温度に於て 2. 4. 6. 8 時間に亘る炭滲試験を施し冷却後炭素の侵入せる深さをルシヤトリエ式顯微鏡に附せるマイクロメーターに依つて觀測した、第 5 表—第 16 表(第 11 圖乃至第 13 圖)には此の實驗の結果を示せるもので炭滲深度は 3—4 箇所に於ける讀みの平均値である。以上の表にて知らるゝ如く同一の炭滲温度及炭滲時間に於ては試料に生ずる炭滲深度は酸素含有量の異なるものに稍々異なるを認むる。

然るにエーン氏の報告に依れば含酸量の異なるものは含酸量の少なきものに比して却て炭滲に依る深さが浅い。余も亦製鋼爐より採取せる試料に就て炭滲温度 950°C 及 1,050°C の下に夫々 6 時間の炭滲を施して見たが其結果は次の第 17 表に示す如くである。

第十七表

試料番	分析		炭滲温度		
	C%	O <sub>2</sub> %	950°C	1,050°C	
			炭滲の深さ	炭滲の深さ	
A	(1)	0.24	0.145	1.12	1.98
	(2)	0.17	0.141	1.08	1.98
	(3)	0.10	0.142	1.09	2.00
	(4)	0.16	0.074	1.11	2.02
B	(1)	0.30	0.123	1.08	1.92
	(2)	0.26	0.120	1.08	1.96
	(3)	0.17	—	1.10	1.95
	(4)	0.19	0.078	1.12	1.96

茲に試料 A B は第 1 表に示せると同一の意味を有し F は轉爐製鋼法に依れるもので (1) は滿俺鐵添加前のもの (2) は添加後に採取せる試料である。

炭滲の深さと示せるものは上述マイクロメーターに依つて炭素含有量 0.4%迄の部分測定したものである、第 17 表に依ると炭滲温度 950°C 及 1,050°C 何れの場合でも其炭滲に依る深さは左迄の變化を認めない。

此の兩者即ち第 5 表—第 16 表に表われた數字と第 17 表に表示した數字は左迄矛盾した現象とは考へられない。

脱酸程度の不充分と考へられて居る試料に對し炭滲試験を行ふと前述の如き異常組織を呈する他炭滲の深さも良質の鋼材に比し少ないと云ふ報告が米國あたりの研究者に依つて發表せられて居る、余の場合には合成試料の場合に於ては素より製鋼爐より採取せる試料に對しても炭滲の深さと云ふものは寧ろ FeO を多量に含んで居ると思われる試料の方が大いに傾向を示して居る、獨乙國の C. Carell 氏の實驗を見ると同氏は炭素 0.35% を有する熔鋼に 3 分間空氣を送り込みたる後其に對し夫々硅素鐵、アルミニウム、硅素鐵及アルミニウム混合劑の 3 種の脱酸劑を以て脱酸を施した、斯くて得た試料を夫々鍛鍊し試片を造りたる後炭滲試験を行ふたが脱酸以前の試料は結晶の大きさ著しく増大し炭滲の深さも他の脱酸を施せる物に比較して大である猶アルミニウムを以て脱酸せるものは炭滲の深度が最少であつたと報告して居る。

一般に不良の鋼材と稱するものに炭滲の深さが寧ろ少ないと云ふ米國の報告と余の實驗とは相反する現象と見らるゝが之は不良の鋼材と云ふ試料に於ては勿論 FeO が存在するが猶其鋼質中に脱酸に依つて生成した硅酸、乃至アルミナの如き酸化物が充分除去されず所謂 Sonims として残留して居るのであつて之等の酸化物(Sonims)が炭滲の際炭素の内部に侵入する行程を妨害する結果 sonims の存在しない良質の鋼材よりも炭滲の深さが浅いと云ふ事になるであらう。

余の合成試料乃至鹽基性製鋼爐より採取せる試料の場合に於ては酸素は總て前述の如き FeO の形態で溶解されて居るのであつて前者の硅酸又はアルミナの如きソニムスに比較すれば高温度に於て炭素分子に依つて還元される事も容易であるからソニムスの如き酸化物の存在せざる單に FeO を含む試料に於ては炭素分子の鋼内部組織に向つて進入する事も容易である、ソニムスが鋼中に存在すれば此の炭素の進入を機械的に妨害するのであらうと考へらる。

加ふるに鋼中に於ける酸素は夫れが FeO の形態で溶解される時は漸次鋼の結晶粒の大きさを増大するものである、第 5 表以下第 16 表は此の事實を列擧せるもので表中に示す數字は合成試料を硝酸溶液にて腐蝕しゼフリー教授の方法を以て觀測計算して得たものである、此の含酸試料の結晶粒の増大する傾向に就ては其原因猶明白でないが表中に顯われた分析上の數字から酸素含有量の異なるもの程



炭素量の減少せる事及び酸素が固溶體としてフェライトに溶解せらるゝ事等が少くとも一因をなして居る様に思われる、斯の如く結晶粒の大きさが含酸量の大なるもの程發達する事實及び炭滲の深さが合成試料中含酸量の大なる物に於て比較的深いと云ふ事實より考察して FeO は侵入する炭素に依つて容易に還元され炭素の侵入を妨害するものに非ず又結晶粒の發達せるもの程炭素の深く侵入する事は結晶粒の大なるに従つて境界面の數は減少す即ち境界面の多きものは炭素の侵入に對し機械的に妨害をなすものであると見做さなくてはならぬ、以上述べた如く彼我の研究の結果は一致しないものがあるが此炭滲の深さなるものは等しく酸素に依つて影響さるゝものであると云つても夫れが如何なる形態で存在するものであるかと云ふ事を確めなくてはならぬ、換言すれば酸素の含有量と云ふよりも寧ろ酸化物の種類大さ及分布状態と云ふものが重大なる影響を及すものである事を知らなくてはならぬ。

### 結 論

以上記述した事を結論として列擧すれば下の如くである、即ち

- (1) 製鋼中各異りたる時期に採取せる試料に就て該鋼材の有する電氣抵抗を測定した、之に依つて觀測せる値とルンヤトリエー教授及マーレル氏の與へられたる實驗式より得た値とは一致せず、且脱酸を充分に行へる試料に就ては上記の實驗式に一致するも含酸量の大なる試料に對しては實驗式を用ひて電氣抵抗を計算するも眞の値と見做す事を得ない。
- (2) 製鋼爐より得たる試料に就て炭滲試験を施した、然して含酸量の大なるもの即ち脱酸前の試料に於ては炭滲に依つて生ずるハイパーユークトイド層は異常組織を生成する事を認めた。
- (3) 該異常組織の出現する原因に就て種々實驗を施し結局酸素が化學的に結合した酸化第一鐵 FeO が最大の原因をなすものと結論した。
- (4) FeO が異常組織に對する最大原因なりとせば含酸量幾何にして該組織を發達せしむべきやに就て合成試料を熔製し該試料に就て炭滲試験を行ひ結果酸素含有量約 0.07% 以上含有する場合異常組織の出現する事實を認めた。
- (5) 含酸量の大なる試料に對し鍛鍊度を種々變化し又は歪を與へ更に焼鈍を行ふ等の作業を施すも炭滲後に生ずる異常組織には何等の變化なき事を認めた、猶又炭滲温度よりの冷却速度をも變化せしめた場合の影響をも調査したが不良の原因たる FeO の影響を除去する事は不可能である。
- (6) 異常組織の特徴たるフェライト組織の出現及セメンタイトの凝集状態を呈する現象に關して考察を試みた、即ち前者に對しては三様の考察をなし一つはパーライト生成の際該組織中のセメントタイト分子が遊離セメンタイトに移動し凝集せるものならんとの解釋、第二には酸化鐵の影響に依り Cm 線のパーライト線以下に過冷却をなしたるに非ずやとの解釋、第三にはフェライト組織と考察したるは含酸量の多き固溶體に相當するものとの解釋の下に該組織の出現に對する機構を考へて見た。

(7) 炭滲に依つて生ずる深さが含酸量に依つて如何に變ずるやに就て調査した、即ち余の場合に於ては含酸量の多き換言せば FeO の大なる試料に於ては FeO は炭素の侵入に對しては何等妨害をなすものに非ず且つ FeO としてこの酸素は該鋼の結晶粒を著く發達せしむる結果寧ろ含酸量の大きな試料に於ては炭滲に依る深さは大となる傾向ある事を指摘した。

終りに本研究に對し基礎的指導を賜れる佛國ソルボンヌ大學ル・シャトリエー教授の御厚情を感謝し猶酸素定量に對してはゴレツヂ、ド、フランス無機化學實驗室マチニヨン教授より大なる便宜と御厚意を受けたるを衷心より謝意を表し度い、又歸朝後研究の試料を與へられたる當時の製鐵所第一製鋼課長井村技師及兒玉技師に御禮の言葉を捧ぐ。

### 參考文獻

- (1) Ehn, Jourl of Iron and Steel Inst. (1922) No. 2.
- (2) Weber, Trans. Am. Soc. Steel Treat (1927)
- (3) Harder, Dowdell, 同 12, (1927)
- (4) Ehn 前掲
- (5) C. Carell Stahl u Eisen 17Jan. (1927)
- (6) Stahl u Eisen 4 Oktober (1928)

## 砲金の湯加減

諏訪常次郎

JUDGEMENT OF TEMPERATURE OF MOLTEN BRONZE BY OBSERVATION WITH NAKED EYE. by *Tsunejiro Suwa*. its Judgement of temperature by observation with naked eye has been trained to be fairly accurate in practice. The author has measured the temperatures of molten bronze at the various states, and made a standard for estimation of temperature of the molten metal with naked eye.

### 緒論

湯加減とは云ふ迄もなく熔解した金屬及び合金を各種の型に注入して堅牢な鑄物を拵へるに適する溫度を云ふのである。此湯加減と云ふことは鑄物を作る上に於て非常に考へなければならぬ事其出來不出來は此が重なる原因を爲すと云つてもよい位である。それで諸大家を始め此の事に就て大に論じて居る。

例へば第1圖は銅 88% 錫 6% 亜鉛 6% 合金の砂型鑄物の性質と鑄造溫度との關係を示し、第2圖は銅 88% 錫 10% 亜鉛 2% 合金の砂型鑄物に及ぼす鑄造溫度の影響を示したものである。又諸書に散見する所を參考として列記して見れば

適當なる鑄造  
溫度 C

銅% 錫% 亜鉛%

摘

要

1,080°~1,180°

88

10

2

此溫度以下にては健全なる鑄物を得られず又以上なる時は熔離を起す。 Homfray and Adam.