

## 抄 録

### 2) 耐火材料並に燃料及驗熱

**鐵鋼工業に於ける高爐ガス及コークス爐ガスの使用に就て(其2)**(其1は次項の次にあり)(The Iron and Coal Trades Review, Jan. 5, 1940, p. 9.) 燒鈍爐及加熱爐 燒鈍爐, 燒準爐及加熱爐に於ては其の操業温度は通常 1,200~1,700°F にして餘熱, 均熱を必要とせられて居るから, 一般に燃燒空氣の豫熱は行けない。斯る爐に對しては高爐ガス又は高爐ガス及コークス爐ガスの混合ガスにして發熱量低きものが, その焔の温度の點より最も適當して居るが實際上は之等の爐は一般にその消費量は僅かにして且地理的關係と高爐ガスの供給不便なる場合が多い。Radiant-tube type の燒鈍爐に對してはコークス爐ガス又は發熱量の高き混合ガスを使用する可きである。

**汽 罐** 汽罐に對しては通常高爐ガスに粉炭又は重油を混用し之等補助燃料の供給は自動的に調節される様なされて居り、高爐ガス供給不足の場合は補助燃料單獨にて加熱可能なる如く設備されて居る。高爐ガスは焔の温度低く、低き爐温を得るから汽罐用燃料としては最も適したものである。汽罐に使用される高爐ガスは除塵器から得られた。過熱状態に於ける湿度を含有し、灰塵 3 gr/ft<sup>3</sup> gas にしてその温度 300°F なる場合と、濕式清淨後の冷飽和状態なる場合とがある。温汚染ガスを使用するときは發生蒸氣量約5%を増大すると言はれ、この場合はガス清淨費用も省くを得て益々經濟的となる。このガスに依り爐中に運び込まれるダストは粉炭に於ける灰に匹敵し、灼熱してガスの點火を容易ならしむ、温ガスは斯くの如き利點を有するが、一方に於てガス移送管の直径大ならしむるを要し且ガス中の顯熱を保たしむる爲移送管に煉瓦の裏積みが必要となる。

高爐ガスは稀には乾式電氣清淨器でその顯熱の大部分を失はしめずに灰塵 0.25 gr/ft<sup>3</sup> gas 位に清淨される事がある。斯るガスは汽罐又は大格子積みを有する熱風爐に最も適當したものである。洗滌ガスを汽罐に使用せんとする場合は灰塵 0.15 gr/ft<sup>3</sup> gas 又はそれ以下に清淨されたものにして特に湿度小なるものなる事が必要である。時として灰塵 0.3 gr/ft<sup>3</sup> gas にして相當量の湿度を有するものも使用する事はあるがバーナー及ガス移送管に對して種々の困難を惹起し之に加ふるに冷濕ダストはガスの燃燒を不良にし、且水分を蒸發過熱する爲に 1/5 b. t. u. per grain of water の熱量を吸収するからガスの有する本來の發熱量を發揮せしむる事が出来ない。汽罐に對して温ガス或は冷ガスの何れを使用するかの問題は四圍の状況に依り決せらる可きものにして、若し少量且不定量のガスを使用せんとする場合は他の使用目的の爲に準備せられた状態に於けるガスを其儘使用すればよいが大量ガスを規則正しく汽罐に使用せんとする場合は温ガスが經濟的に有利なる事を考慮す可きである。コークス爐ガスは他に有效な使用方面を有するから汽罐用に使用される事は稀れである。著者はこの他に混合ガスのガス機關に對する適性に就て述べて居る。

**燃料の混用** 平爐に於てはコークス爐ガスを屢ター又は重油と共に使用するが時として豫熱された發生爐ガスと共に使用する事もある。然し之は過剰コークス爐ガスの處分の場合以外には餘り使用

され無い。この他に高爐ガスと重油との混用等もあるが之は未だ餘り利用されて居ない。然し之は確かに有效の如くである。

**混合ガス** 燃料の選定及適用を最も有效且能率的ならしむる爲には次の二つの事項を考慮する必要がある。第一 操業に適した爐温を得る事。第二 煙突に逃げる熱の損失を減少せしめ燃料消費量を小ならしむる事である。後者に對しては煙道に於ける廢氣ガスの熱量を燃燒空氣又は燃燒空氣及ガスの豫熱に使用する事が必要である。廢氣ガスの温度は概ね平爐に於ては 2,700°F 均熱爐に於ては 2,000°F 連續加熱爐に於ては 1,000°F にして燃料經濟上より之等から充分の熱量を回収せねばならぬ。

工場に於て二つの性質相異なる副産ガス體燃料が得らるゝ事は必要に應じてその内の何れか一つ又は兩者を最も當適と思はるゝ混合に於て使用し得る特點を有するものである。混合ガス使用に依る諸利益に就ては近時盛に認識され來りつゝある。

燃料中の發熱量 100 b. t. u. に對する可燃混合體の容積に就て高爐ガスをコークス爐ガスに比較せば前者は後者の 1.66 倍にしてその燃燒成生物の重量は前者は後者の 1.9 倍である。斯くの如く前者の燃燒成生物は容積並重量大なるから、混合ガスにしてコークス爐ガス混合率 30% 以下なる如き發熱量低きものを使用する場合には特に廢氣熱量の回収が大切となる。

**使用燃料の限界** 或る爐に依て消費し得べき熱量及燃料の量は一方に於ては燃燒速度、ガス速度、煙突のヒキ等に依り、他方に於ては装入物に對する傳熱の能力に依り制限を受ける。

二つの燃料に於て發熱量 100 b. t. u. に對する燃燒成生物の容積並重量の小なる方が一定爐に於ける熱の放出が大であり、即ちコークス爐ガスの方が高爐ガスより大である。之に加ふるに發熱量大なる燃料の焔は高温なる爲、装入物と焔との温度差を大ならしめ輻射及對流に依る熱傳導を有效ならしむるから冷鋼の急激加熱に對しては有利である。

燃燒成生物の容積が大なる事は發熱量小なる燃料にとつて有利なる事にして、装入物の温度高く、燃料の供給を加減しつつ適量の熱を放出せしむる場合特に然りである。即ち燃燒成生物の容積大なれば容積を十分に満たす事を得て、熱分布及對流に依る熱傳導を良好ならしめ、装入物と焔の温度差を減少させ得るのである。この種燃料の長焔も亦爐内温度の均等化に役立つ。之等は總て發熱量小なる燃料の利點である。

爐内に冷装入物を入れるれば發生された熱量の上部を之が吸収するから爐温を保たしむる爲の熱量の大部は之に奪はれ、その結果平均爐温は理論上の焔の温度の約 50% 迄に引き下げられる。然し装入物が次第に加熱されるに伴ひ爐温と装入物との温度差は減少し遂に装入物は爐内發生熱量の極小部分しか奪はざるに至り爐温は次第に上昇して來るのである。或る瞬間に於ける爐温は爐内發生熱量中如何程が爐温上昇の爲に役立つかに依て定まる。標準作業状態に於ける平均爐温は理論上の焔の温度の大略 75% である。この近似%を適用して次の事が言ひ得る。

(1) 豫熱温度を増せば爐温を増し加熱能率を上昇せしめ、豫熱温度の 750°F の増加は爐温を 200°F 上昇せしむ。

(2) 發熱量大なる燃料は爐温を高く保ちて良好なる加熱能率を得せしむ。

(3) 冷装入物に依る爐温の低下は發熱量小なる燃料に於て、發熱量大なる燃料に於けるよりも大にして、従て後者の使用は加熱速度を大ならしむ。若し發熱量小なる燃料を低温豫熱に於て使用せんか冷装入物に依り爐温は低下し遂にはガスの點火を危くするに至る。

(4) 發熱量大なる燃料の使用は低温豫熱に於ても装入物に一定の熱量を與へて爐温を一定に保つ事を得。

(5) コークス爐ガス混合率 30% 以下なる如き混合ガスを 1,000°F に豫熱したるものを以てしては空爐と雖も 3,250°F の爐温を得せしむる事は出来ぬが、之を 1,750°F に豫熱するときは良好なる加熱能率を得せしむるに至る。又高爐ガスの場合は 1,750°F の豫熱では全發生熱量を以てして辛じて 3,250°F に達するに過ぎぬ。

(6) 發熱量大なる燃料を使用する時装入物が大部分の熱量を吸収するに非れば爐温は耐火材の耐火度以上に上昇する。故に發熱量高きガスを高温豫熱にて使用せんとする時は過度の爐温上昇を防止す可く注意深く燃料の供給を調節する事が肝要である。若し爐内に於ける熱分布又は装入物の熱吸収が均一を缺く様な場合、高温に豫熱されたる發熱量高き燃料を使用すれば危険なる層を生ぜしめ局部的過熱に陥り易い。斯る場合は豫熱温度を低くして局部的温度上昇の危険を少くする注意が肝要である。

(7) 發熱量高きガスを高温に豫熱して使用する事は装入物の溶解の爲には大變良好である。併し加熱の終期に於て装入物に少量の熱量を與へんと欲する時には、燃料供給の制限調節の失敗又は不均一の熱分布、局部的の過熱等を防止する爲に發熱量の低いガスを使用する事が望ましい。實際作業に於ては加熱の進行に従つて混合ガスの發熱量を徐々に調製されるのである。

(8) 混合ガスにしてそのコークス爐ガス混合率、容積にて 80% (420 b.t.u./ft<sup>3</sup>) なるものはその可燃混合體が 1,750°F に豫熱されれば装入物に充分の熱量を與へつゝ爐温を 3,250°F に保つ事が出来る。斯る混合ガスは加熱の頭初に使用されて良好なるものである。この可燃混合體は約 80% が空氣であるから、空氣のみを豫熱するとせば、その豫熱温度は 2,150°F にて同様の結果が得られる。この豫熱空氣をコークス爐ガス 20% を含む混合ガス (170 b.t.u./ft<sup>3</sup>) に適用せばこの可燃混合體の温度は約 1,300°F となり、装入物に熱の吸収が殆んど無い場合は爐温は 3,000~3,250°F を保つ事が出来る。故にコークス爐ガス混合率 20% なる混合ガスは空氣のみが 2,150°F に豫熱される平爐に使用し得る最小發熱量のものである。

(9) 爐温 2,500°F を要求する加熱爐に高爐ガスを使用して壓延温度に急加熱をなさんとするには相當高温に豫熱したるものを使用しなければならぬ。高爐ガスを使用しその可燃混合體を 1,000°F に豫熱した加熱爐では壓延温度附近で Sluggish となる。

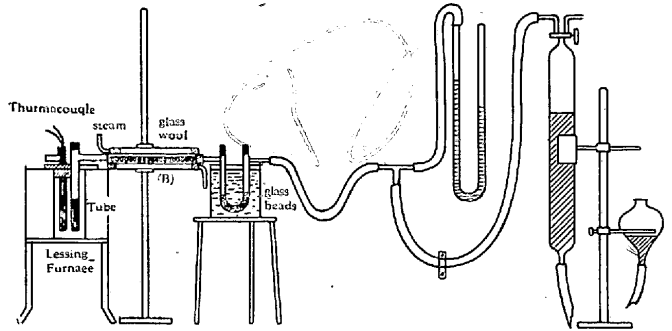
(10) 發熱量高きガスを高温に豫熱したるものを使用せば爐温を屢々壓延温度以上に上昇せしめ不均一加熱或は装入物表面の溶解を惹起する。故に高温豫熱を採用せる加熱爐に對しては發熱量小なる燃料を、又低温豫熱を採用せる加熱爐には發熱量大なる燃料を使用す可きで全く豫熱を行はざる場合は最も發熱量大なる燃料を選擇す可きである。

(秋元)

ガス發生爐用炭のタール得量 (Mott, R. A. & Spooner, C. E.: *Fuel in Science and practice* Nov. 1939.) Lessing の揮發分測定装置を用ひて石炭よりのタール量を測定した。之に依れば 45 分で測定が完了する。之の結果と 3~4 時間を要する

第 1 圖

Rapid Method for determining the yield of tar from coal



Gray-King 及 Fischer 法の結果とを比較した。又石炭の水素含有量又は揮發分と發熱量からタール得量を算出する數種の式を求めた之の裝置は第 1 圖に示す如くであつて試料を B.S. 篩 72 メツシュを通したるもの 1gr をレット (A) に入れ、タールトラップ (B) の周圍に 15 分間蒸氣を通じて温める。而して電氣爐を 925°C に加熱せる内にレットを入れ 7 分間加熱したる後爐より出して冷却しタールトラップの重量増加を測りレットに附着せるものはクロ、ホルム處理をなし回收タール量を前者に加算する。測定中ガスの吸引壓力に 2''~3'' w. c. に保たしめる。Lessing 法は Gray-King 及 Fischer 法よりも高温短時間處理をする爲に二次分解を起さぬ故後者に比し稍高い値を示す。タール量の少ないガス發生爐用炭程度のものには之方法が適當である。

分析値に依るタール得量の計算 標準狀況下に於ける乾燥状態且鍍物質を含有せぬ良質炭からのタール量はその水素含有量に關係するが實際には二次分解が起ると或る程度影響される。B. M. ~ A. G. A. は次式を與へてゐる。

900°C に於けるタール得量 = 5.75(H-4.20)P.C. (1)

600°C に於けるタール得量 = 7.6(H-4.20)P.C. (2)

又 Fischer 及 Gray-King 法に對しては

タール得量 = 10.3(H-4.20)% (3)

石炭の元素分析は測定繁雜なる故既知の揮發分及發熱量から關係的に水素量を求める事が出来る即揮發分と元素分析との關係は

V<sub>p</sub> = 11.0 H - 1.6 C + 112.7 (%) (4)

又發熱量と元素分析との關係は

Q<sub>p</sub> = 223(C + 3.13 H - 34.1) btu/lb. (5)

兩式より水素量は

3,570 H<sub>p</sub> = 223 V<sub>p</sub> + 16 Q<sub>p</sub> - 12,960 (%) (6)

而してタール得量は次式にて得らる。

タール = 0.65 V<sub>p</sub> + 0.0465 Q<sub>p</sub> - 80.5 (%) (7)

之のタール得量は純炭から得らるべきものであるから普通の石炭中に存在する純炭の割合に換算せねばならぬ之の爲めに 100-m/100 を乗ずる。茲に m は石炭の全濕分及鍍物質即 W + 1.08 A + 0.55 S にして W.A.S. は各々全濕分、灰分、硫黄含有量なりとす。

次にガス發生爐用炭の大部分は Sheffield-North 及 Derbyshire 地方のものである。之の乾燥状態且鍍物質の含有なきものとした場合の水素含有量は 4.7~5.5% である。ガス發生爐作業に於けるタール得量として (2) 式を適用すれば之のタール得量は次の如くなる

(a) 4.7% H<sub>2</sub> 炭...タール = 7.6(4.7-4.2) = 3.8%

(b) 5.5% H<sub>2</sub> 炭...タール = 7.6(5.5-4.2) = 10.0%

又石炭 1t から發生爐ガス 147,000 ft<sup>3</sup> を生じ全部のタールが蒸氣と

Table I Analysis of Coals and Their Tar Yields.

	Analysis (% air-dried basis)							Yield (% air-dried basis)					
	Ash	H <sub>2</sub> O	S	C	H	V.M	Cal value	Gray-King		Lessing		Fischer	
								Tar	Liquor	Tar	Liquor	Tar	Liquor
Anthracite	2.18	2.67	0.86	88.3	3.19	6.1	14,650	nil	3.8	nil	3.2	—	—
Cumberland M.	7.82	2.06	1.55	76.6	4.99	33.1	13,750	14.2	4.7	14.3	4.8	—	—
Barnsley H. M.	1.9	3.4	1.43	77.8	5.18	33.8	13,850	11.6	11.2	11.8	10.7	11.4	10.1
Two Foot Nine	2.93	0.94	0.61	86.0	4.46	21.0	14,757	6.1	2.6	7.1	3.3	6.4	2.5
Cannel	6.1	2.5	1.78	72.5	6.36	45.8	14,450	25.0	5.25	20.9	5.9	24.8	5.7
Welsh Steam	8.08	0.88	0.78	82.2	4.25	14.0	14,130	2.7	2.4	3.3	2.3	—	—
Welsh Coking	4.23	0.84	2.88	84.1	4.65	20.3	14,815	6.3	2.4	7.6	2.9	—	—
Durham Coking	3.68	1.36	0.52	84.1	4.95	24.5	14,750	8.1	3.8	—	—	—	—
Yorkshire Coking	4.32	2.18	1.41	79.0	5.35	32.5	14,070	13.0	6.1	14.9	6.0	—	—
Derbyshire	4.97	4.46	1.43	72.0	4.85	36.3	12,644	12.4	11.0	13.4	10.1	—	—

Table II Comparison of the Analysis of Coal and Their Tar Yields

	Pure coal basis		Tar%(pure coal basis)			
	C%	H <sub>2</sub> %	Gray-King	Les-sing	Calculated formula	
					(3)	(7)
Anthracite	93.5	3.37	nil	nil	nil	nil
Welsh steam	91.3	4.65	9.9	4.0	4.6	1.8
“ coking	90.5	4.99	6.7	8.4	8.1	6.0
Durham coking	89.0	5.25	8.7	—	10.8	8.0
Cumberland Moresby	85.8	5.53	15.7	16.0	13.7	14.1
Yorkshire coking	85.5	5.65	14.0	16.0	15.0	12.0
Barnsley H. M.	83.1	5.52	12.5	12.6	13.6	11.0
Derbyshire	80.5	5.39	13.7	15.2	12.3	10.8
Cannel	80.6	7.03	29.2	25.9	29.2	26.2
Two Foot Nine	89.7	4.66	6.2	7.4	4.8	5.3

して含まれてゐるとすれば標準状況下にて (a) 炭のガスはタール 4.0 gr/ft<sup>3</sup> (b) 炭のガスは 10.7 gr/ft<sup>3</sup> である。(2) 式にて得られる石炭よりのタール得量は発生ガス中の 1 ft<sup>3</sup> より得られるタール量の数値と略同一なりと云ふ事が出来る。

第 1 表に石炭の元素分析と 3 種の方法にて得たタール得量を示した。又第 2 表には測定結果と (3) 式及 (7) 式にて得たる計算値を比較した。(S. S.)

**鐵鋼工業に於ける高爐ガス及コークス爐ガスの使用に就て** (其 1) (The Iron and Coal Trades Review. Dec. 29, 1939, p. 894) Freyn Engineering Company, Chicago の Gordon Fox 及 W. B. Clemmitt 兩氏の發表したる數字に依れば 1937 年中に於ける米國合衆國の製銑量は大約 37,000,000 t にして、これが爲にコークス化する可き石炭の數量は 54,000,000 t である。又この工業に於て生ずる副産物ガス總量は之を熱量に於て換算すれば 32,000,000 t の石炭に相當し、若し之にコークブリーズやタールをも加算すれば全副産燃料の熱量は 35,000,000 t の石炭に相當し、米國に於ける石炭消費量の約 75% となる由である。

コークス爐ガス コークス爐に装入された石炭の發熱量の約 25% に相當するコークス爐ガスが得らる。これは發熱量約 520 b.t.u.

ft<sup>3</sup> のガスである。ガスの性質並に成分はコークス爐に於ける石炭装入割合に依て異り、コークス化時間の變化に依るコークス製産能率の變化はガス發生量に影響する。コークス爐ガスは貯藏槽又は供給管より昇壓機に送られ此處より壓送される。一般に大量に使用される方面に對しては少くとも 5 lb/in<sup>2</sup> の壓力で良いが燒準爐の如き少量使用方面に對しては 5~10 lb/in<sup>2</sup> が必要とされ斯る場合は昇壓機に依り 15~20 lb/in<sup>2</sup> とすを常として居る。このガスは白色を呈する短き透明焰として燃焼し非常に軽い。燃焼空氣は 1 ft<sup>3</sup> のコークス爐ガスを完全燃焼せしむるに 5 ft<sup>3</sup> を要する。然し實際は混和を良好ならしむる爲に上記量より稍々過剰の空氣を必要とするのである。焰の温度高きと、燃焼速度大なる事は一般の工業用ガスに比して扱ひ難い點である。又コークス爐ガスは 500°F 以上に豫熱すると炭化水素が分解して蓄熱室又は豫熱室に炭素を堆積せしむるから一般に豫熱は行はない。

高爐ガス 高爐ガスは高爐に装入されたコークスの有する熱量の約半分の熱量に相當するものが發生される。高爐ガスの成分、熱量及高爐々頂に於ける温度等は製銑の種類に依り異なるがその熱量は通常 85~100 b.t.u./ft<sup>3</sup> である。一の高爐作業に於てもガス成分は一定せず熱量に於て約 5% の増減あるを常として居る。高爐作業は羽口交換其他の事故の爲屢々 5 分より 1 時間の中止を餘儀なくされ、この間ガスの發生が中絶される。又送風の割合も要求された製産量に從て廣範圍に變化される尙 3 年に約 1 回 2, 3 ヶ月間は修理の爲送風を中止せねばならぬ。

多くの施設に於ては餘り多くの高爐を有せざるが故に一爐の休止は發生ガス量に大いに影響し最近の如く大高爐主義の傾向は益々かゝる缺點を増大せしむるのである。要するに高爐ガスはコークス爐ガスに比して、その發生に變動多く、圓滑なる供給を期待し得ぬと云ふ事が出来る。又高爐ガスは發生量大なるから之を充分に貯藏する事は出来ない。例へば 10,000,000 ft<sup>3</sup> のガスホルダーと雖も 1,000 t 高爐 1 基より發生する 2 時間分のガスを貯藏し得るに過ぎぬのである。從て發生ガス量と消費ガス量との調制が必要となつて來る。高爐ガスは高爐々頂に於てその温度 250~700°F 壓力、水柱 15~60" にしてコークス爐又はガス機關用として使用される場合はその清淨程度は一般に 0.01 gr/ft<sup>3</sup> dust 又はそれ以下。平爐及加熱爐に使用される場合は 0.05 gr/ft<sup>3</sup> 以下となされて居る。又熱風爐に於てはその格子積煉瓦間隔 3.5~4" にして熱効率 80% のものに對し

ては  $0.25 \text{ gr/ft}^3 \text{ aust}$  又  $2.5 \sim 3''$  間隔の格子積にしてその熱効率 85% のものに對しては  $0.15 \text{ gr/ft}^3$  更に格子積間隔小なる  $2 \sim 2.5''$  にして熱効率 90% のものに對しては  $0.03 \text{ gr/ft}^3$  以下が使用される。

高爐ガスは低熱量低壓の爲その移送管の直径は比較的大なるを必要とする。コークス爐ガスは一般に副産ガス燃料中の小部分をしか占めては居らぬが、その供給は連続的であり、熱量高き清淨ガスにして貯蔵並移送に便にして、燃燒に際しては多量の空氣を必要としその焔は高温にして光輝は無い。高爐ガスは副産ガス燃料中の大部分を占め、汚染ガスにして容積大なる爲貯蔵並移送に不便である。燃燒空氣は比較的少量にて足り、燃燒或生物の大量を生じ爐は低温である。

コークス爐 コークス爐は従來コークス爐ガスを使用して居たが近年大部分のコークス爐は高爐ガスを使用し得る様に改造されたコークス爐は比較的低温作業であるから之に對しては高爐ガスが頗る適當して居るのである。(コークスは  $1,750 \sim 2,200^\circ\text{F}$  に於て爐から取出される) 高爐ガス及空氣は共に豫熱して使用される。煙道を詰めない爲にはガスは  $0.01 \text{ gr/ft}^3 \text{ aust}$  以下に清淨されたものを使用する可きである。

コークス化作業は連続的に行はるゝものであるから使用ガスの量的變化其他の故障があつてはならない。燃料の中絶は直ちにコークスの品質に影響を及ぼし又爐材の膨脹收縮に依り爐體を破壊する様な事にもなる。然し斯る場合は高爐ガスをコークス爐ガスと切り替へる事が出来るがこれには小1時間を要し調製を完了する迄には數時間を要する。故に切替へを屢々やる事は餘り勞しからぬのである。一般に補助燃燒に對する設備はないがコークス爐に於ては先づ燃料供給の回滑を期する爲ガスホルダーに於ける貯蔵を考慮する事が必要である。

平爐 平爐に於ては最も高温度を必要とし、この點に於てコークス爐ガスは最も適して居る。コークス爐ガスは無光輝焔として燃燒し、輻射力を缺き從て熱の傳導は對流に依て行はれるから熱傳導に對してはガス速度、ガス分布等が重要役割りを演ずる事となる。之等焔の缺點を除く爲にはター又は重油を混用し光輝焔となし之を熔鋼表面に導きて能率的に熱傳導を行はしめる。一般に平爐供給全熱量の 10~25% のター又は重油を混用することが適當なりとされて居り、コークス爐ガス供給量に制限がある場合にはこの不足分は液體燃料で補ふ事となる。

近時は高爐ガス及コークス爐ガスの混合體を平爐に使用されるに至た。このガスは青味を帯びて透明焔として燃燒する。合衆國に於ける一例ではこのガスを炭化水素の分解溫度迄豫熱して光輝焔を得て居ると云ふ事である。

混合ガスはコークス爐ガス單一の場合と比すれば焔の温度は低く從て爐温も低いが爐内の熱分布を良好ならしめ耐火材の局部的過熱を少くすると云ふ利點がある。混合ガスを使用する平爐に對してはガス供給の不適當なる場合に備へてター又は重油の燃燒裝置を施しておく事が必要である。

均熱爐及加熱爐 均熱爐及加熱爐はその要求する熱量の點にて平爐とは大いに異り、平爐操業温度が  $2,900 \sim 3,250^\circ\text{F}$  なるに對して  $2,300 \sim 2,500^\circ\text{F}$  である。均熱爐及加熱爐では鋼の温度を内部迄均一に壓延温度迄上昇せしむるのが目的であり、最初は熱の鋼に對する浸透は稍大でも差支ないが後に至ては徐熱をする事が均熱上望ましい。鋼の表面と内部との温度差が餘り大なるは鋼のために良くないから加熱速度はこの點より一定の制限を受けるのである。又加

熱速度は被加熱物の品質に依ても影響されるのである。

均熱爐及加熱爐にはコークス爐ガス、混合ガス、又は高爐ガスが使用され後二者の使用は比較的新しい試みであつて久しい間コークス爐ガスが使用されて居たのである。

コークス爐ガスは清淨且取扱ひ便であるが燃燒空氣が豫熱された場合は加熱操作に注意を必要とする。

徐熱の爲供給熱量の多きを要せず且熱傳導の大部が對流に依て行はるゝ均熱爐に於ては高爐ガスを使用する事が最も適當である。然し乍ら連續加熱焔の如く別に燃燒空氣を高温に加熱する空氣豫熱室を必要とするものに對しては高爐ガスの使用は費用嵩となる。

再熱爐に對してはコークス爐ガス、高爐ガスの混合ガスを使用することが最も良い。混合ガスに依て得らるゝ軟かい分布加熱は特に小物の加熱を行ふ場合に最も適當である。又混合ガスは發生爐ガスに比して清淨なるが故に自動燃燒調節器の使用を可能ならしめる。混合比は一般にコークス爐ガス 33%、高爐ガス 67%、熱量  $230 \text{ b.t.u./ft}^3$  又はこれより稍々コークス爐ガス混合%の大なるものである。

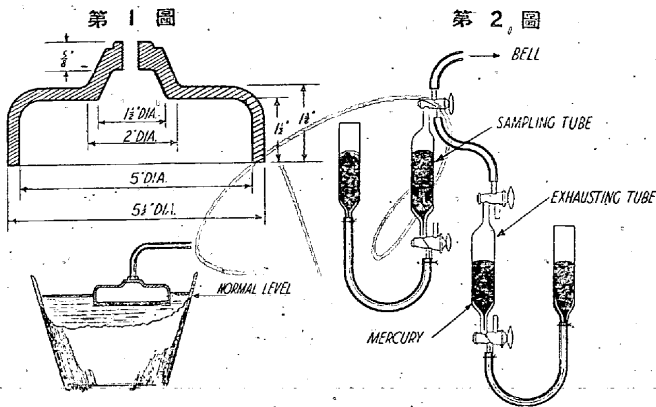
(秋元)

## 5) 鐵及鋼の鑄造

取鍋にグラハイトの添加に就て (Foundry Trade Journ. Vol. 61, No. 1215 p. 370) 鑄物工場ではキューボラの種にグラハイトを加へて鐵の縁がチルする或は hard spots をつくるのを少くする。A. H. Dierker 他二氏がグラハイトを鍋に加へると鐵の機械的性質にどんな影響を與へるかを實驗用キューボラを用ひ 40% 屑鐵 23% 銑鐵, 38% 鑄物屑の割合の裝入で溶かし之を取鍋から hand shanps に移しその中に 0.11% の割合で熔鐵に對しグラハイトを添加し、之を標準 A.S.T.M. bar に鑄込んで此の物から抗張力試驗體を採取して調べたのにグラハイト添加は確實に鑄鐵のチル傾向を減少する事、チル化の減少にも不拘、鑄物の機械的性質は少量の添加で何等大した影響を受けぬ事が分た。尙ほグラハイトは天然のもの 2種 No. 8 Mexican なる稍粗いものと、普通に使用されるもの、人工のもの 3種 8~14 目篩, 14~35 目篩, 35 目篩以上とを用ひてその最上ものを決定せんとしたが之は人工グラハイトの稍粗い方のものが better である事が分た丈で尙ほ今後の研究を要すると。

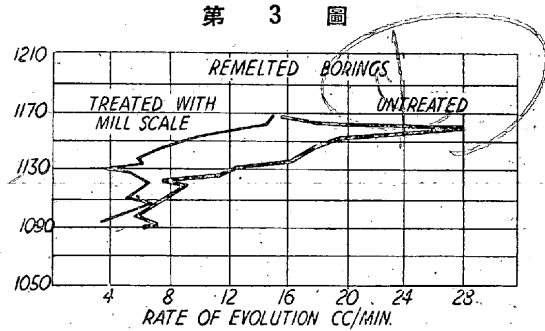
(I)

鑄物鐵中のガスの豫備的研究 (Buchanan, W.M. Y. Foundry Trade Journ. Dec. 21 & 28 1939) 鋼の中のガスの研究は最近の事ではあるがその重要性が認識せられて盛になつて來たが鑄物鐵の方は未だそれ程注意を受けてゐない様である。之は鋼に比し割合安く取換が出来るのと小鑄物工場では研究が容易でない事に依ると思はれる。そこで著者は鑄物の方面に於て之に手を着けんとして先づ本文の實驗を試みた。その前に鋼の方面に於ける参考文献を擧げ次に鑄物鐵中に生ずる氣孔の一般的原因として、鑄型の通氣率の小さい事、鑄型表面近く含まれる大粒の異物、中子の形、搗固めの過度中子の燒き不充分、粘結劑の過量、湯口の位置、生砂作業に於て繼目に刷毛をかけ過ぎる事、生砂の湿度過大、冷し金使用の場合之に凝縮した水分等を列擧した後本文の目的たる熔鐵中に溶解せるガスに就て、凝固の際發生するガスが問題であつて、凝固後尙溶けた儘で殘存するガスは本質的に鑄物に影響するものでなく從て本實驗でも大氣壓の下で凝固の際發出するガスを捕集研究してゐる。ガス捕集裝置としては熔鐵から來る障害を出来る丈無くして鑄造條件の下で容易に反復可能ならしめるために第1圖の如き鑄鐵製の鐘型捕



集器を造た。熔鐵に漬けると損傷を受けたので耐火剤を試みたが之がガスを放出するので断念し實驗毎に新品と切り換へる事にし之を豫め熔鐵を満して空ける事二、三回にして完全に黒味を焼き裏付を乾燥した取鍋又は shank に標線迄湯を注入した中に浸け湯から出るガスを大氣壓の下で空気を遮断して第2圖の如き試料採取装置で集め 15 秒毎に時間-温度グラフ及温度-發生率グラフを作るために容積と温度の讀みを取た。温度の測定には平常出銑及鑄込の際使てゐる Cambridge の光高温計を使用した。結果は第1表及第2表に示した通りである。O は其儘の形では存在し得ない事は之と反應し易い C, Si, Mn, S, Fe 等がある事を考へれば分る。CO<sub>2</sub> も C と反應するから其儘の状態で存在する量は少い。H は CO と伴て多量に存在してゐるであらう事は C + H<sub>2</sub>O = CO + H<sub>2</sub> の反應を考へれば良い。N は爐中に燃焼後の殘ガスが多量にある事から説明されるが CH<sub>4</sub> の存在は一寸突飛な事で今説明が直ぐつかないが此の物は酸化の作用を受けて CO と H<sub>2</sub> をつくる。上に示した例から發生ガスの 35~90% は酸化作用を受けるもので除去の目的を以て直接固體酸化物處理を行つて見た。先づ 78 lbs の熔鐵を入れた shank

中に 1oz のすりつぶした銹を加へた所激しい反應が起た。次に 2oz の Al 合金屑を加へて過量の酸化物を除いた。此の處理に依りガス量は決定的に増加した。即ち殆んど倍加したので之は不適當である事を知りミルスケールを用ひて見る事にし之を粉にして加へたのに速やかに反應し取鍋に注ぎ終てから僅かの間に反應は終り最上のガス減少を示した。温度の低下も來きなかつた發熱反應の爲と思はれる。又 total C の量も減少を受けること云ふ事は殆んど無かつた。成生した鑄滓は鐵の珪酸鹽で容易に上昇して軽い固い殻をつくり掻き出しも容易であつた。然し此物は流れもせず他の酸化膜も引き寄せたので掻き出しの要はなかつた。一つ面白い事は S を僅かに減少せしめた事で 0.103% のものが 0.6% ミルスケール添加で 0.008% に減じた。ガス容積に對する作用は第3圖に示してある如くでスケール添加を行はなかつたものの約半分に減少してゐる。装入物は 73% loose borings と 27% 銑鐵からなりガスは此の半融狀の borings の再熔融に依り生じたものと思はれる。熔銑爐装入物が極めて細いにも不拘ガス發生量が少いのは面白い事である。本文で述べてゐる熔鐵には 18" 熔銑爐のもの他は全部鑄滓状態を良くする爲に曹達灰を加へてゐる。取鍋中に粒狀曹達を加へたのはガス抜きを目的であつて CO<sub>2</sub> の攪拌洗滌作用に依りガスを除くつもりであつた。曹達灰添加の場合の發生ガスの成分は次の如



除くつもりであつた。曹達灰添加の場合の發生ガスの成分は次の如

TABLE I.—Influence of Various Treatments on the Composition of Gas Evolved from Cast Iron.

	Furnace.	Treatment.	Gas analysis. Per cent.							Cast-iron analysis.				
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N	T.C.	Si	Mn.	P.	S.	
Hard	54-in. balanced blast	None	1.22	0.7	11.67	Nil	42.6	43.8	3.19	1.18	0.74	0.42	0.114	
Hard	"	None	0.76	Nil	12.9	37.4	0.83	43.1	3.22	1.28	0.87	0.48	0.120	
Soft	"	None	0.43	0.43	23.9	36.5	27.25	11.47	3.46	1.78	0.96	0.40	0.091	
Remelted borings	32-in. balanced blast	None	Nil	Nil	9.05	35.3	Nil	55.6	3.00	2.38	0.72	0.54	0.116	
All pig	18-in. cupola	None	1.93	Nil	29.27	11.47	2.2	65.4	3.48	3.35	0.83	0.28	0.066	
Hard	54-in. balanced blast	2 oz. scale, 6 oz. Al	3.8	Nil	46.0	37.0	8.0	5.1	3.37	1.52	0.76	0.43	0.108	
Soft	"	3 oz. scale only	Nil	0.3	12.14	38.1	2.2	47.2	3.20	2.26	0.99	0.59	0.106	
Soft	"	6 oz. scale only	0.48	Nil	14.1	63.9	17.2	4.22	3.53	1.92	0.94	0.47	0.094	
Soft	"	Soda ash	1.06	0.24	13.15	Nil	49.28	36.27	3.25	2.10	0.88	0.56	0.062	
Soft (wet ladle)	"	Soda ash + scale	0.86	Nil	13.31	11.87	7.2	66.76			No sample taken.			

TABLE II.—Quantity of Gas Evolved from Various Types of Cast Iron through a Temperature Range.

	Furnace.	Treatment.	Total vol. c.c.s.	Range of temperature. Deg. C.	Average rate of evolution. c.c./min.	Cast-iron analysis. Per cent.				
						T.C.	Si.	Mn.	S.	P.
Soft iron	54-in. balanced blast	None	19.4	1,140—1,070	6.5	3.28	2.18	0.73	0.103	0.55
		None	25.5	1,200—1,090	7.1	3.18	1.81	1.08	0.089	0.54
		None	40.6	1,160—1,090	9.6	3.28	2.43	0.80	0.103	0.55
		Rust	51.5	1,160—1,030	18.7	3.40	2.21	0.83	0.104	0.60
		Soda ash	38.7	1,110—1,030	13.4	3.14	2.23	0.82	0.072	0.63
		Soda ash	61.5	1,230—1,060	20.5	3.15	2.23	0.85	0.065	0.68
		6 oz. scale	44.2	1,150—1,060	11.8	3.15	2.58	0.91	0.108	0.56
		Scale and Al	34	1,120—1,060	9.7	3.21	2.18	0.93	0.107	0.61
		Soda ash and scale	17.5	1,150—1,090	8.8	3.10	1.66	0.83	0.083	0.50
		Soda ash and scale (wet ladle)	44	1,100—1,040	25.2			No sample taken.		
Hard iron	54-in. balanced blast	None	38.3	1,170—1,080	10.2	3.30	0.99	0.805	0.118	0.43
		None	39.1	1,180—1,080	11.2	3.17	1.28	1.00	0.111	0.48
		None	39.9	1,180—1,060	10.0			No sample taken.		
		2 oz. scale	28.0	1,140—1,075	12.4	3.55	1.03	0.715	0.124	0.43
		3 oz. scale	25.9	1,160—1,040	8.0	3.36	1.22	0.76	0.119	0.40
Remelted borings	—	None	44.5	1,170—1,060	13.7	3.16	1.99	0.815	0.139	0.54
		6 oz. scale	21.6	1,170—1,060	7.2	2.99	1.74	0.84	0.118	0.48
All pig 72 per cent. pig and 28 per cent. scrap	18-in. cupola	None	88	1,240—1,130	27.1	3.48	3.35	1.03	0.086	0.28
		None	39.8	1,140—1,060	15.9	3.27	2.69	0.76	0.169	0.68

	total vol	Range °C	Rate
Untreated	44 5	1,170~1,090	13'7cc/mtn
Treated With 6~oz. scale 21'6		1,170~1,090	7'2

くで熔鐵とスラッグの兩方から出るガスを集めたものである。之を曹達スラッグの無い他のものと比較すると CO<sub>2</sub> はスラッグから來る事が分る。然し此の CO<sub>2</sub> が熔鐵中を通して來る時 CO に變化する。

Gas	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>
%	11.5	0.19	1.35	Nil	49.43	46.55

即ち之は一つの酸化作用である。曹達灰を加へたものは加へぬものよりガスの量が多いがスケールを之に加へると熱損失を少くして所望の脱ガスを行ふ。爐の型式としてはバランスドブラスト熔鉄爐からの湯のガス量は高珪素、低珪素鐵共に一樣に低く又普通の熔鉄爐ではガスの多いメタルとなる輕量層を用ひてもバランスドブラスト爐では何等差違を生じなかつた。次に實例からして一般に高度のスクラップ%からなる裝入物の熔解又は何度も再熔融し、低炭素量に保と氣孔疵の%は高%の鉄鐵を含む混合物の場合より甚だ高くなる。然し乍ら純粹に溶解ガスのみに原因する氣孔疵の具體的例を擧げるのは一寸難かしい。結論として (1) Sparking がガスの多いメタルなる事を示すと云はれるが之は誤で sparking は高温低珪素域で起るがガスの量は高珪素鐵の方が多し。(2) 流動性と生命とが存在ガス量の終局的な重要性に重大な役割を持つ。(3) 濕氣は大抵のガス發生の原因となつてゐる。(4) メタル中を急速に逸出するガスは或る程度部分的に凝固を遅延せしめる。(5) 高級鐵ではガスの存在は鐵の流動性及生命を低下する傾があるために低級鐵よりも重大事である。(6) 氣孔の數多の原因を別としても溶解ガスは常に助成の原因であるに違ひない。(7) 更に事情を調べれば熔融鐵中のガスの許容存在量を定める事が出るであらうと述べてゐる。(I)

### 7) 鐵及鋼の性質並物理冶金

構造用鋼に及ぶ Si の影響 (Wilhelm, H., Rerchka, T., Arch. Eisenhüttenwes., 12 (1939), 667) 本研究は 1.3% 以下の Si が構造用鋼の諸性質に及ぼす影響を調べたものである Fe-Si 系に於ては Si の増加と共に α-γ の變態點は上昇すると同時に A<sub>1</sub> 點は降下するが Fe-C 系に對する Si の影響は二、三の研究があるにはあるが不明の點も多い。

Bansmann は Si 鋼の機械的性質の改良は普通鋼よりも 100~150°C 高い温度の熱處理が必要と云へてゐる。又 Buchholtz は 1% Si 鋼は變態温度が 50°C 高いことも述べてゐる。本研究に於ては之等の點を明らかにする爲に第 1 表の成分の鋼に就て熱膨脹計に依て變態點を測定した。測定結果は第 2 表に示す通りのものである。

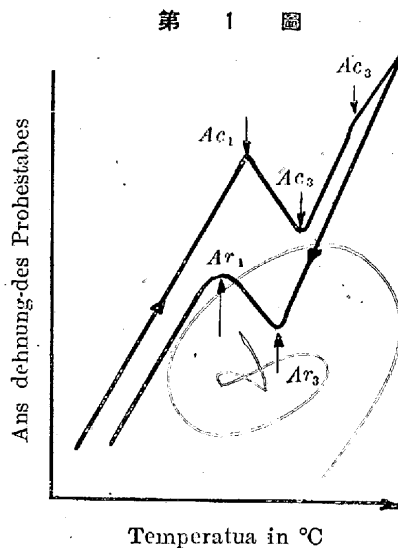
第 1 表

鋼種	成分%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
A	0.23	0.01	0.33	0.025	0.050	0.13	0.12	0.22	
B	0.22	0.30	0.43	0.010	0.038	0.12	0.14	0.24	
C	0.21	0.43	1.25	0.025	0.050	0.12	0.11	0.22	
D	0.19	0.64	1.11	0.125	0.035	0.06	0.11	0.24	
E	0.17	0.88	0.47	0.025	0.040	0.07	0.13	0.25	
F	0.21	0.99	0.48	0.020	0.040	0.12	0.21	0.25	
G	0.19	1.08	0.52	0.015	0.030	0.07	0.13	0.20	
H	0.23	1.17	0.56	0.020	0.035	0.06	0.13	0.20	
I	0.50	1.31	1.15	0.012	0.010	0.01	0.01	0.03	

A<sub>1</sub> 及 A<sub>2</sub> 兩變態點 C 及 Mn 量に左右されて Si に依る影響は

至て少いが 0.3% Si の B 鋼に於て既に第 1 圖の加熱曲線に見る如く、Ac<sub>1</sub> 點より高温に一折點 Ac<sub>3</sub>' 點が現はれて來る。この折點は冷却曲線には現はれない。この Ac<sub>3</sub>' 點は Si 量の増加と共に高温に於て現はれる様になり 0.1% Si に對し約 12°C の割合にて上昇する。Ac<sub>3</sub>' 點に對し著者は次の實驗式を與へてゐる。

$$Ac_3'(°C) = 906 - 20.01\% C - 30.01\% Mn + 12.01\% Si$$



茲に Ac<sub>3</sub>' 點の存在するのは Ac<sub>1</sub> 點で始まつた α-γ 變態が Ac<sub>3</sub> 點で完全に γ 相とならず Ac<sub>3</sub> 點に至て均一な γ 相となる限界を示すもので、顯微鏡試験に於ても Ac<sub>3</sub>' 點以下で焼入たものは、地鐵が残留してゐることを認められるが之以上の温度では均一に溶け込んだ組織となる。例へば 1.1% Si 鋼は 960°C で焼入すると、地鐵が有るが 980°C では最早認められなくなる。

それ故に Ac<sub>3</sub>' 點以下では、材料の完全なる調質は不可能である。そこで問題となるのは Si 量が熱處理と共に機械的性質に及ぼす影響を明かにすることである。

一般に Ac<sub>3</sub>' 點附近で熱處理したものはより低温で行たものより降伏點が著しく上昇する。一方伸び及び抗張力は熱處理に於て餘り變化しない。第 2 圖に一例として 10mm 並びに 50mm の厚の試料に就て行た結果を示した。尙 Si 量の多い G 鋼 (1.1% Si) は Ac<sub>3</sub>' 點より 20°C 低い 960°C にても Ac<sub>3</sub>' 點なる 980°C のものより降伏點は多少劣てゐる。

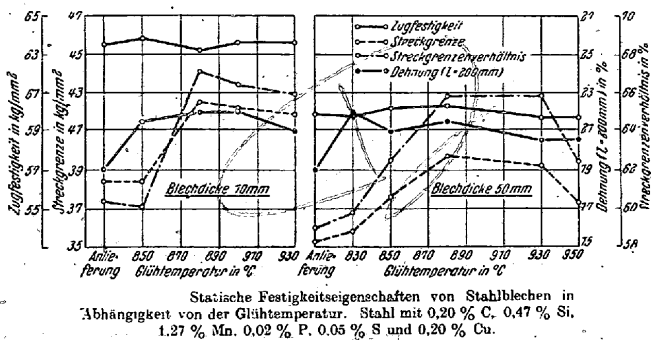
次に 10mm の厚みの曲げ試験では皆 180° の曲げに耐へる。

第 2 表

鋼種	決定せる變態温度				Ac <sub>3</sub> ' - Ac <sub>3</sub>	
	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ac <sub>3</sub> '	°C	0.1% Si
A	720	825	790	—	—	—
	725	825	790	—	—	—
B	720	840	790	890	50	16.6
	730	840	790	890	50	16.6
C	710	825	735	900	75	17.4
	715	825	735	900	75	17.4
D	720	835	745	945	110	17.2
	715	830	745	945	115	18.0
E	730	863	810	965	105	11.9
	735	855	810	960	105	11.9
F	720	850	790	960	110	11.1
	725	845	780	960	115	11.6
G	730	850	795	985	135	12.5
	740	855	810	990	135	12.5
H	745	850	805	985	135	11.5
	740	850	805	990	140	12.0
I	745	770	695	930	160	12.2
	745	780	700	940	160	12.2

鋼種 C 及 D について衝擊試験を行た。壓延の儘の粗材と焼準したもの及燒準後 10% 加工して 250°C 1 時間加熱空冷時致

第 2 圖



したものに就て  $-80^{\circ}\text{C}\sim+250^{\circ}\text{C}$  の温度範囲で行てゐる。

Si 量のなるものは最高衝撃値が高温なる方、即ち F 鋼にて  $100\sim 150^{\circ}\text{C}$  の點に有るが C 鋼では  $50^{\circ}\text{C}$  附近である。又 Si 量の無いものは高温に依る衝撃の低下度が少い。時效せるものは常温で  $37\sim 44\text{m}\cdot\text{kg}/\text{cm}^2$  にて、約 50% 低下してゐる。

次に熔接法の研究に對し次の 3 種の粗材の鋼に就て行た。

第 3 表

鋼種	分析 % C	Si	Mn	P	S	Cu
1	0.17	0.40	1.16	0.015	0.05	0.26
2	0.17	0.88	0.47	0.025	0.04	0.25
3	0.18	1.02	0.40	0.030	0.038	0.25

熔接棒は市販の種々なる被覆棒 4 種に行ひ、之等は St 52 に適するもので、之等に依て熔接割れ、抗張試験、曲げ試験並びに衝撃試験を行た。割れは 2 種の熔接棒のものに生じたが之は本鋼種に適せざるもので一般に特殊鋼の熔接は之に適したものに使用する事が大切である。又曲げ試験は棒の種類に依り  $60\sim 170^{\circ}$  範囲となつた。抗張力並びに衝撃値は熔接棒に關係なく各  $60\text{kg}/\text{mm}^2$  及  $5\text{m}\cdot\text{kg}/\text{cm}^2$  以上である。

之等の結果より見るに本鋼の熔接性は良好である。然し Si 量に依る影響は判然とし無いものがある。(名 黒)

鑄鐵に於ける銅 (Tom Barlow The Iron Age, Jan. 25, 1940 p. 19) 鑄物に於て合金又は合金の組合せはそれが利益を増加し損失を減少せしめる場合即ち鑄物屋又は工業技術家に經濟の増進を齎す様な場合にのみ價値ありとせられるのである。鑄物に於ける銅の使用量が増加して來た事は其價値を物語るものである。Ohio, Columbus の Battelle Memorial Institute の長期に亙る研究のプログラムから銅を少量鑄鐵に加へた時如何なる作用を及すかを明かにする事が出來た。鑄鐵に於ては銅は本質的に穩かな黒鉛化促進劑即ちチル化減少劑である。之は次の黒鉛化能力の比較實驗値を見れば分る事で Si 1.0, Al 0.5, Ni 0.3~0.4, Cu 0.25~0.35, Mn 0.25, Mo 0.35, Cr 1.00, V 2.00~4.00 である。Mn, Cr, Mo, V はネガチブの黒鉛化促進劑即ち炭化物安定劑である。銅のチル化減少作用は多くの場合に、特に機械仕上をする輕量鑄物に用ひられる。例へば小さなピストンでは light sections で所要の工作性 (machinability) を保持しつつ同時に heavy lug sections で所要の密度を得るのが困難な事であるが銅 1.5% 迄位加へると甚だ效果的である事が分て來た。此の様に適當の工作性を保持する爲に銑鐵鑄物の焼鈍の代りに銅が用ひられる。銅の使用に依り scrap が防がれ或は熱處理の必要をなくする事が出來れば銅のコストは scrap 損失の減少、熱處理の費用の減少により充分補償されて尙ほ餘る。

銅はパーライトの分解には實際上作用を有しない、lighter section のチル化を減じるが之に伴て heavy section を弱化或は軟化する様な作用は持てをらぬ換言すれば均質作用を持てゐるのであつて section のサイズの變化に不係鑄物全體を通じて均等の性質を有せしめたい時用ひられる。銅は鑄鐵中の過量の炭化物を分解しチルドコーナーを少くし硬點を除いて light section の硬度を下げるると同時にパーライト地を硬くし heavy section の黒鉛組織を緻密にする即ち section の影響 (section sensitivity) を減少し section 均一性 (section uniformity) を増す或はパーライト組織を安定化するものであると云ても良い。此の性質に就て特殊鋼及鑄物用に 1 日 6i の銅を使ふフォード自動車會社の McCarroll 及 McCloud 兩氏の最近の報文から一寸引用して見る。シリンダーブロックに於ては bore 中の硬度はピストンリングの磨耗作用に耐えるに充分でなければならぬ。而して之に銅を加へると此の鑄鐵が工作がやり易くなる。例へば銅を加へると bore sections を餘り硬くする事なしに余門の圍りの鑄物地を丈夫にする。之を銅を加へる代りに C を下げてやればクラックし易くなり Si を増してやらうとすれば粗鬆になる。此の場合銅は Ni よりも満足な結果を示しコストも少くてすむ。銅のパーライト組織安定作用は密度、工作性、均質性を同時に要求する鑄物例へば高圧用鑄物、ポンプ用鑄物、工作機械鑄物、フライホイール、シリンダーヘッド、滑車輪、滑車、齒車等に應用される。

例へばフライホイールでは sections が甚だ大きい爲粒子を密にするのに何か元素を加へねばならない。銅を加へると低珪素材の如く工作性を害ふ事なく此の目的を達する。又銅の黒鉛化作用の他の利用としてフォード自動車會社でフォードカム軸に於ける應用を述べる。此の鑄物の第 1 の要件として白質カムチップと灰質シャフトとを外部チルを使用しないで得られる様鑄物のチル化傾向を精確にコントロールする事である。之は Si の大部分を銅でおきかへる事に依り達せられる。自動車以外の鑄物工場では此の銅のチル化調節作用をキュボラ或は電気爐の 1 日操業間に於ける化學組成の變動に因るチル及ブリネル硬度の變化を抑へて無くする方法に應用してゐる。例へばチルした鎖止めに於て Si の或る % を銅でおきかへると鑄物の全圍壁に互つてチルの深とを遙かに均一ならしめるのみならず鑄込毎の變化もなくする。

上の如き鑄物に 1.0% の銅を加へると one heat に於て許りではなく one heat から次の heat に互つても強度の一樣性を増すと共に強度そのものも約 20% 増加する。幸ひ銅の比較的安價なると取扱易き事とは益々其の實用性を増す。銅の如き黒鉛化促進劑を強度増加元素と一般に考へられてはゐない。事實銅そのものは Mo, V, Cr, 程の増強度劑ではないのであるが或る場合には銅の特性として増強劑としての効果がある。

銅は鑄鐵の地を硬くし強化するから唯黒鉛化促進劑又はチル化減少劑の目的で用ひられた時でも強度を或る程度増加する。此の點で銅は珪素と異なるのであつて Si は有力な黒鉛化促進劑ではあるが抗張力が甚だしく害ふ。勿論 Si を脱酸劑として用ふる時は例外である。銅の強度増加作用の利用は多々ある。先づ鑄鐵に銅を可成多量例へば 2%, 2.5%, 又は 3% を加へると抗張力は 10,000 から 15,000  $\text{w}/\text{in}^2$  に増加する。低珪素鑄鐵に於て特にそうである。恐らくかゝる多量の銅を加へた場合は添加により生じた黒鉛の弱化作よりも銅の強度増加作用の方が大きい爲であらう。又銅を Mo, V, Cr, の如き炭化物生成元素と共に用ひる時は之等元素の效力を減殺する事な

く鑄鐵の工作性、密度、靱性を増加する。又此の場合各單獨に加へた時よりその効果は遙かに大きく各々の効果の總和よりも大きい効果を示す。鋼は薄い sections に於けるチルを軽減し硬點或は過量の炭化物を減少するが本質的にはブリネル硬度を増し heavier sections の耐摩耗性を増加する。黒鉛組織の緻密化と組織の一様性を増す事は高硬度にも不拘鑄物の工作性を増加する。此の性質は所謂“自由工作性(free machining)”と云はれる性質と共に耐摩耗性、密度を望む鑄物例へばポンプ用、工作機械用鑄物、滑車輪、滑車等に應用される。又此の性質を Cu-Mo, Cu-V の如く他の元素と組合せて用ひる事があり之に依り更に高硬度、耐摩耗性、工作性を増す。此の型の鑄物は普通ブリネル硬度 300 以上でも工作性を持つてゐる。(I)

**固形炭素及鉄鐵によるチタン酸の還元** (Bank'oh, W. u. Durrer, R. St. u. E. 4, Jan. 1940, S. 12) 地殻にはチタンを含有する富鉄鑛が多量埋藏せられて居るが其の製鉄は相當に困難である。普通の鐵鑛石が猶長年月充分に製鉄に供し得るとしても、斯様な鐵鑛石の製鉄も亦多くの方面に重要であらふ。遠い將來に於ては一般的な注目を惹く様になるであらう。

古くはチタン酸は鑛滓を粘性化し、そのために製鉄が困難になると考へられて居たが作業上或は實驗室に於て斯様なことがあらはれて來ない。E. Hondremont は炭化チタンを造るために作業上の困難を生ずると云て居る。チタン鐵鑛製鉄の困難の原因を明かにするためには先づチタン酸の還元を研究するのがよいので、この試験結果の一部を次に報告しよう。

從來の研究報告によればチタン酸が金屬チタン或は炭化チタンに還元するのは相當高温に於てのみ行はれ得る。それは化合熱が 230,000 kcal と示ふ高熱量なるによつても解ることである。E. Junker はチタン酸が C と作用する最低温度が約 870°C であると認めて居る。1,600°C までは低級酸化物になるが炭化物の生成を起さない。流動狀チタン酸は 1,900°C まで C とは作用しても金屬チタンとはならない。還元は困難なることは CO でも或は H<sub>2</sub> でも同様である。O. Ruff の實驗では 1,450°C で炭素爐内で還元し 2Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・3TiO<sub>2</sub> を得た。又 E. Friedrich u. L. Sittig はチタン酸と C を混合し之を水素氣中で加熱したが遂に金屬チタンを發見出來なかつた。彼は高温に於てはチタン炭化物に變ることを期待出來ると考へて居る。

著者は最初の實驗に於ては黒鉛+チタン酸及黒鉛+チタン酸+鐵の混合物を眞空中にて加熱した。その装置は Bank'oh u. Ziebeil が Mn を C で還元した時のもの (Z. Anorg. allg. Chem. 233, 1937, S. 424) と同じである。眞空中に於てチタン酸中の酸素が C によつて除去せられる量は 1,200°C まで是非常に少い。即ち表面還元が行はれて金屬チタンとか炭化チタンの生成までに到らないのである。所が此の混合物中に Ti<sub>2</sub> 或は炭化チタンの熔媒を入れて置くと還元が相當に都合よく行はれる。このために混合物中に鐵粉を入れて試験を行った。この實驗では 1,200°C で 25% で炭素は略完全に除去せられた。レントゲン試験を行つて見るとチタン炭化物になつて居た。

E. Fanst は鐵の Si 含有量と Ti を含有する量との關係に就て實驗を行ひ、温度上昇するに従つてチタン酸の還元が進行すると云て居る。著者は鐵中の C を變へて試験をやつて見たが C 4.06% の鉄鐵を用ひた時も C 2.7% の鉄鐵を用ひた時もチタンの鐵中への合金化には何等變る所がなかつた。1,600°C 以上に於て還元が著しく進行し 1,700°C に於ては鐵中の Ti 2% に達した。(F.K.)

**熔鋼の流動性に関する最近の研究** (Eisermann, F. Stahl u.

Eisen Heft 30. 27 Juli 1939, S57~S61) 熔融せる鐵の流動性の測定は先づ比較的熔融點の低い銹鐵から始められたもので今日迄各國に於て相當研究發表されて來たが未だ純鐵に就ての研究報告は見當らないが P. Oberhoffer, A. Wimmer (Stahl u. Eis n 45 (19°5)) 及 H. Thielmann, A. Wimmer (Stahl u. Eisen 47 (1927)) はこれに就て二、三の結論を下して居るこれ等の諸氏は C 約 2.5% の Fe-C 合金から純鐵に至る迄粘性が對數的減少を示す事を見出し計算により測定したのである。我々は此の Thielmann 及 Wimmer の試験と C. Andrade (Phil. Mag. 17 1934) の水銀、水銀其他の金屬に關する試験結果を對照して鋼の粘性は水より稍大きい程度である事が解る W. Ruff (Carnegie Schol. Mem. 25 1906) は螺旋形の型に熔鋼を流して流動性を測定したが、結果は不同であつたが更に研究を進め熔鋼が流動する場合湯の流れの内部には力學的法則外部には熱的法則が適用される事を見出した。一方英國に於ては I. H. Andrew と其助手が Fe-C, Fe-S, Fe-P, Fe-Cr, Fe-Ni Fe-Cu 系其他につき種々の温度の種々の濃度のものに就て試験し各系につき液相線より 50°C 上に於ける流動性を決定し更に熱分析により各々の熔融點を決定し一般の Fe 合金の流動性を間接的に明にしたのである。氏の試験によると C 0.4% のクロム鋼に於ては Cr 25% 迄は液相線より 50°C 上の温度では流動の長さ 250mm で流動性に何等の變化がない。Ni 鋼に於て Ni 4% 迄は 280mm で變化がないが Ni 16% では液相線が下り同温度で 430mm 迄流動する Andrew はこれ等の試験により温度と成分と流動性の關係曲線を求めこれから所要の鋼の流動性を計算したのである。W. Ruff はこれより更に改良した粘性測定器を案出した。この測定器に鑄造した。試験片の形は C. H. Hertly の鑛滓の粘性測定器に於けるものと類似して居る。測定器は漏斗と目盛のついた溝との二つの部分から成立つ。第 1 表に W. Ruff がこの測定器を用ひて電氣爐鋼の粘性を測定した結果を示す。

第 1 表 鹽基性及酸性電氣爐に於ける熔鋼の流動性試験 (W. Ruff)

熔番	C %	爐の性質	流動性 cm	注
1	0.21	鹽基性	38	—
2	0.25	"	41	—
3	0.45	"	46	—
4	0.15	"	59	Ni-Cr 鋼
5	0.22	酸性	39	非 鎮 靜
	0.34	"	49	爐中鎮靜
6	0.25	"	48	非 鎮 靜
	—	"	51	爐中鎮靜
7	0.24	"	47	非 鎮 靜
	—	"	54	爐中鎮靜
8	0.20	"	43	非 鎮 靜
	—	"	57	爐中鎮靜

この試験によると酸性電氣爐鋼の方が鹽基性電氣爐鋼より流動性が良好である。これは酸性鑛滓の方が鹽基性鑛滓より熱傳導率が小なる爲熔鋼を過熱し易い爲であると説明してゐる。第 1 表に於て鹽基性 Ni-Cr 鋼が特に流動性が大であるのが目立て居る又酸性鋼に於て鎮靜鋼と非鎮靜鋼が何れも流動性が異て居り脱酸後流動性が斯くの如く上昇する事は考慮すべき事である。

T. R. Walker はこの W. Ruff の測定器を用ひて數多くの粘性試験を實際現場で行ひその有效なる事を確認して居る。

R. J. Sarjant, T. H. Middleham の兩氏は化學成分の大體等しいアームコ鐵とスエーデン木炭鐵に就て流動性と温度の關係を試験した處木炭鐵の方が良好なる結果を示した。これは酸素含有量に差



異なる事を物語るものである。Andrew と Sarjant は炭素鋼につき液相線上 10, 30, 50°C 及 1,600°C の各温度に於ける流動性と含有炭素量との関係について試験した結果、炭素鋼の流動性は包晶反応を起すところ迄は急激に低下しこの範囲内では變らず C 0.8% で最高値となり C 1.7% 迄再び低下し C 1.7% で最低値となりこれより C が増すと次第に上昇する事を見出した。I. H. Andrew も大體これと同様の試験結果を得た (Stahl u. Eisen 59, 1939) 尙この際共晶反応の影響も考へる必要がある。即ち共晶合金は誰しも知る如く最も流動性がよく共晶が増す程流動性が増加してくるものである。

J. H. Andrew はこれと同様な影響を Fe-P, Fe-Si 合金に就て試験した。C 0.40% Mn 0.15% の Fe-Si 合金に於ては液相線上 50°C の温度では Si 1% で流動性最低となりそれより Si の増加と共に増加し S 18% で再び降下し初める 1,600°C に於ては流動性 40cm より Si の量に正比例して次第に増加する。C 0.15% の炭素鋼に Al を 0.05, 0.10, 0.30% 添加した處結果不同で或るものは流動性が増しあるものは減少を示した。熔鋼中の Al 添加前の酸素の量と流動性の関係を明にしようとしたが試験の數少く決論に達しなかつた。R. J. Sarjant の試験法によれば Si の添加量が増す程熔鋼の流動性が増すが Al の場合はこの関係が明でないが Al を入れた鋼に更に Si を入れると低温で非常に流動性が増加する。

Sarjant と Middleham は更に C 0.15% の炭素鋼の流動性に及す Mn の影響を調べた。低温に於ては Mn が増すと流動性が増し 1,600°C 以上ではこの逆が成立つ、合鋼鋼では Cu 1% の方が Cu 2% のものより流動性大なる結果を示した。普通構造用鋼に含まれる 0.3-0.5% の Cu は蓋て流動性を増加せしめる。

次に斯かる實驗室的の結果が實作業上にも當てはまるか否かを更に兩氏は研究し 13% Mn 鋼に就て試験した處その結果は大體實作業に於ても變りがない事を確めた。

著者は Hattingen のヘンリー工場に於て Ruff の流動性測定器を實作業に用ひたが充分役立事が判た。只鑄造試験材は 2-3 $\mu$  の少量で熱が下り易いが鑄造を出来るだけ速かに行ふ必要がある又非鎮靜鋼は凝固の際多量のガスを放出する爲測定器の溝の中の流動を妨げる爲試験し難い爲この場合は Al を少量加へた方がよい。

取鋼のストッパーから出る熔鋼で流動性を試験すると取鋼中の熔鋼の壓力が種々變る爲結果が異なる傾向がある。

第 2 表に本測定器を用ひて行つた酸性及鹽基性平爐鋼に就ての試験結果を示した。

第 2 表 鹽基性及酸性平爐に於ける流動性試験

熔 爐 の 性 質 番	鋼の成分%			流動性 cm	注
	C	Mn	Si		
A 酸 性	0.26	0.15	0.10	27	— Cr 添加後 Mn-Si 添加後
	0.24	0.13	0.10	30	
	0.25	0.81	0.32	63	
B 酸 性	0.30	0.17	0.12	47	— Cr 添加後 Mn-Si 添加後
	0.27	0.17	0.12	57	
	0.30	0.37	0.26	69	
C 酸 性	0.31	0.12	0.10	44	— Cr 添加後 Mn-Si 添加後
	0.34	0.70	0.37	56	
D 酸 性	0.24	0.13	0.08	34	— Cr 添加後 Mn-Si 添加後
	0.24	0.73	0.27	55	
E 鹽基性	0.10	0.36	—	35	— Mn 添加後
	0.18	1.26	—	6	
F 鹽基性	0.09	0.29	—	43	— Mn-Si 添加後
	0.09	0.37	—	58	
G 鹽基性	0.08	—	—	53	— Cr 添加後
	0.10	—	—	17	

表に示す如く酸性平爐は Si が高く Al の影響もあるが概して良好の様である。酸性平爐鋼ではフェロクロムの添加後流動性が増加し Mn, Si 添加後更に上昇を示す然し出鋼の際は温度が降下するからこの爲に流動性が低下する事も考へねばならぬ。鹽基性平爐に於ては脱酸前又は後とクロム添加前と後とは流動性に相當の變化がある事がわかる Fe-Mn 添加後流動性が急激に減少するのは普通脱酸生成物たる MnO の析出が熔鋼の内部摩擦を高める爲で MnO が全部熔鋼から分離して終ふと再び流動性が増加する MnO に限らず總て微粉の状態では熔鋼中に存在すれば粘性を高める事になり MnO の外脱酸生成物として SiO<sub>2</sub> 珪酸鹽 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等の氧化物及硫化物等も懸垂状態に存在する事は考慮すべき事である Fe-Mn の反對に Si-Mn は熔鋼の流動性を増す。即ち Si-Mn は流動性のよい珪酸マンガンを形成し熔鋼から短時間に浮び上る爲である。脱酸生成物が懸垂状態にある事は又熔鋼中の酸素の減少を妨げる害をなすわけである。この意味で前表の酸性爐に於て Mn-Si を加へた場合に流動性が高まつたのである。

非鎮靜鋼に於ては出鋼に際しての FeO の量、出鋼温度鑄込條件等がその性質に主なる影響を及すわけであるがこの外に爐中脱酸による粘性の變化も可成大きな影響を齎らすものである。

フェロクロムの添加後流動性の減少するのは主として酸化クロムの皮膜が出来、これが極めて強く結合して切れない爲である。今日迄酸化物の膜が鋼の流動性に及す影響は殆んど試験されて居らぬ。著者は Al 脱酸で出来た酸化アルミニウムの膜についての試験を行つたが此處では結果について省略する。Si 脱酸鋼では SiO<sub>2</sub> の酸化膜は別に關係がない。これ等酸化物の皮膜の表面張力の如何に就ては此處に未だ明に述べられない。これ等に就いては今後更に研究の必要がある。(根 守)

熔融鐵-珪素合金への窒素の溶解度 (Vaughan, J. C. and Chipmann, J. Foundry Trade Journ. Nov. 30, 1939 p. 371) 本文は約 1 氣壓下に於て N<sub>2</sub> ガスの 15.8% 迄の諸種の Si-Fe 合金系の熔融體中への溶解度を測つた結果の報告である。測定法は Sieverts の方法に従つて溶解に依る容積の減少をピュレットに讀む。熔融管は大略 Fig 1 の如きものである。N<sub>2</sub> ガスは 99.8% の A を含まないタンク入りのものを 500°C に熱した Cu lame と P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 中を通したものを使用した。試料は電解鐵と市販の 98.5% Si とを水素氣流中でマグネシア坩堝中で熔融製造した。温度は "Pyro" 光高温計を鐵の融點で補正して硝子窓から測た。吸收中相當多量の煙を發生し之が硝子に凝結して精確な温度の測定を不可能にしたので、始め Si を含まない從て窓に曇を生じない純鐵を用ひて實驗し所要の温度に相當する電力を見ておいて之に依つて温度を調節する様にした。試

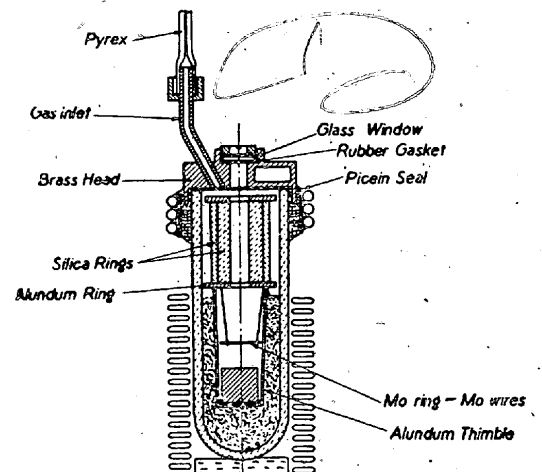


FIG. 1.—FURNACE USED IN EXPERIMENTS.

料は 75g とし、熔融せしめ之に  $N_2$  ガスを迅速に送り大氣壓に達せしめ、壓力を一定に保てピュレットの読みを時々とつた。溫度

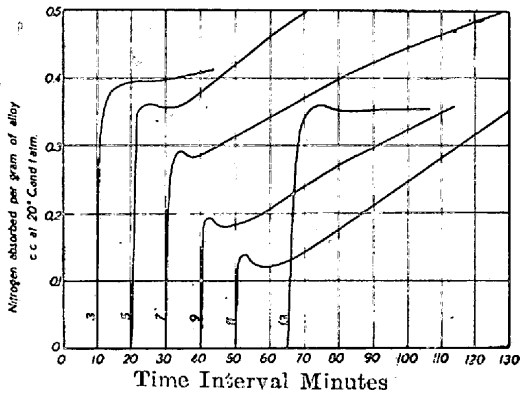


Fig. 2. Absorption curves of representative

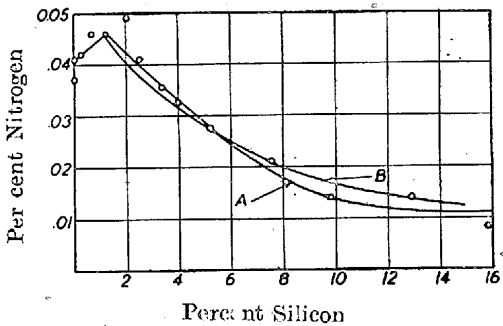


Fig. 3. Computation versus experimental results  
Curve A:  $Fe_3Si$  and  $Fe_3N$ . Curve B:  $FeSi$  and  $Fe_3N$

の調節は甚だ困難で No. 4 の試料以外は凡 1,600° と 1,660°C の間で行はれた。吸収量と時間との關係を Fig. 2 に示してある。此の圖に於て最初の數分は吸収盛んで次いで吸収は止み、かへつてガスの發生を見る。之を著者は最初の過飽和の状態から平衡への回復に因るものと考へる。此の後に緩慢な吸収が永く續くが Si が無い

TABLE I.—Experimental Data on Solubility of Nitrogen in Iron-silicon Alloys at 1,600 to 1,660 deg. C.

Heat No.	Si. Per cent.	Nitrogen. Per cent.		
		Total absorbed.	Evolved.	Analysis.
1	0.23	0.042	—	—
2	0.66	0.046	0.011	0.030
3	1.19	0.046	0.008	0.031
4	2.01	0.039	0.008	0.026
5	2.52	0.041	0.004	0.023
6	3.34	0.0355	0.008	0.017
7	3.99	0.0325	0.006	0.018
8	5.19	0.0275	0.009	0.014
9	7.53	0.021	0.007	0.013
10	9.79	0.014	0.000	0.014
11	12.45	0.014	0.000	0.006
12	15.83	0.0082	0.000	0.005
13	0.001	0.041	0.002	—
14	0.004	0.037	0.000	—

時は此の緩慢な吸収は起らない。此の緩慢な吸収は熔融體そのものの中で起るのでなくその上の蒸溜メタルの中で起るもの如くである。此の蒸溜メタルを取て分析した所 0.21% の  $N_2$  を含んでゐた。又緩慢な吸収には常に靄の發生を伴ひ此の兩者共窒化珪素の生成及凝縮に因るものとして差支へないであらう。熔融體中への  $N_2$  の溶解度に対する値として Fig. 2 の曲線に於ける極小點をとり Table. 1 の第 3 欄に掲げた。又各熔融體の凝固の際 30 秒毎にピュレットの読みをとり發生ガスの量を調べ時間に對し plot して此の

發生ガス曲線から發生ガス量を求め Table 1 の第 4 欄に示した。凝固したメタルは垂直に切断して代表的截片をとり  $Si$  と  $N_2$  を後者は真空熔融法により分析し求めた値を Table 1 に夫々示してある。Table 1 に於て  $N_2$  の溶解度は  $Si$  と共に始めは増加するが直ぐに減少する事實に對し最も簡単な説明として熔融鐵中に  $N_2$  は一原子の  $N_2$  と數原子の  $Fe$  を含む或る化合物を造てとける。  $Fe$  の活性は  $Si$  に依て恐らく或る化合物の生成の爲大いに減少する。  $Si$  量が約 2% 以上で  $N_2$  の溶解度が減少するのは熔融體中の遊離  $Fe$  の減少に因る 2%  $Si$  以前の始めの溶解の増加するのは熔融體中へ或る有限の溶解度を有する窒化珪素の生成の結果である。

溶解度曲線 Fig. 3 の極大點は  $Si$  が此の窒化物を造るのに丁度充分な量存在する時に生じ之以上  $Si$  量を増しても窒化珪素の溶解量には殆んど影響を與へない。之等の假説は含有元素に關する他の既知事實とも一致する。  $Fe$  と  $N_2$  との化合物が一原子の  $N_2$  を含むとすれば、此の化合物の濃度が  $N_2$  の壓の平方根に比例する事實が説明される。又  $Si$  は熔融鐵中に熱を發してとけその活性は理想溶質としてのものより少い。  $Si$  と  $N_2$  は幾つかの窒化物をつくりその中の一つは少くも 1,600°C でも可成安定である。更に溶解時間曲線 (Fig. 2) の析點と熔融管中の靄の發生とが時間的に一致する事は固體窒化珪素が熔融鐵溶液中から沈澱し之が徐々に押發し管の冷所に凝結するものとすれば説明がつく。最後に著者は  $Fe$  と  $Si$ 、 $Fe$  と  $N_2$  の化合物の本質につき次の如き最も簡単な數字上の近似法を行つて、それから算出した  $N_2$  の全溶解度と實驗の結果とを比較してゐる。(Fig. 3 参照) 即ち先づ窒化鐵の分子式を假定し幾つかの濃度で遊離  $Fe$  のモル分率を計算し溶解度曲線に對比して、之の差を決定し之から窒化鐵に與へる可き化學式を決めてゐる。幾つかの  $Si$  の濃度で窒化鐵として溶けた  $N_2$  の量を上に求めた式から計算し極大點以後に於ては窒化珪素の溶解度は不變として、兩方からの  $N_2$  の和を全  $N_2$  量とする。極大點即ち  $Si$  約 1.2% 迄は窒化珪素の量は  $Si$  の量(%) に比例するものとする。かくして  $Fe_3Si$  と  $Fe_3N$ 、 $FeSi$  と  $Fe_3N$  の二つに對し上の如き近似法から計算的に求めた溶解度曲線が A と B で實驗の數値は○印で示してゐる。著者は固態で現はれる化合物の性質が溶液の場合の組成及性質の決定に何等當てにならず、従つて  $FeSi$  の安定なる事、 $Fe_3Si$  が固態では現はれぬ事から又直ぐ B の方が A より better なりと云ふは誤りであらうと述べ Darkin が  $Fe-C-Si$  系の研究に於てグラハイトの  $Fe-Si$  合金系熔融體中への溶解度は熔融體中に  $Fe_3Si$  が現はれるものと考へれば満足に説明される事を見出した例を引いてゐる (I)

11) 雜

光電池に依る輝線強度直讀式火花スペクトル分析 (Tha-nheiser, G. und Heges, J. Mitt. K.-Wih.-Inst. Eisenforschung. 21 (1939) S. 327) 火花中の 2 つのスペクトル線の強度の比を直接測る方法、装置に就て述べてある。それには比較す可きスペクトル線を 2 個のモノクロメーターを使用して遮蔽分離し其の強度を光電池及電氣計を用ひて測定する。實驗に用ひた装置では此の測定の平均誤差は 1.49% であつた。アルミニウム中のマンガシウム及マグネシウムの定量の例を擧げて此の新しい測定方法の實用性を説明してゐる。今進行はれ來た寫眞法と著者等の新しい直接強度測定方法とを比較して分析精密度は殆んど變らぬ由である。(I)