

抄 録

—合金鉄の製造—

鉍石還元分野における工業的研究ノート、75% Si フェロシリコン製造への応用 (A. Palazzi, F. Rinaldi: Rev. Mét., 53 (1956) 2, pp. 92~104)

まず工業研究における計画の不備をつき、次のことをおろそかにしてはいけないといっている。

- (1) 繰返しの観察を行う試験期間は互いに独立で、充分長くなければならない。
- (2) 帰無仮説および危険率の考え方を採用せねばならない。
- (3) ランダムイズの考え方を忘れてはならない。

この論文では実例として、6000 KVA の炉で、75% Si フェロシリコンを如何に経済的に製造するかということを示している。この際原料の quartz の粒度(粗いまゝの G と破砕した M の 2 チャージ) で級別している。還元過程は厳密にいつて半連続的なものであり、実験の単位をきめるには経済性を考えねばならない。

炉容の増すに従つてチャージの寸法を大きくするのが得策だが、定量的には何ともいえない。そこで 6000 KVA, Söderberg 式電極の炉につき、チャージは約 60% quartz, 6% 屑鉄, 34% コークス(細および粉)とし、quartz (約 98% SiO₂) をオレンジ大に破砕したものを使用する新法 (M) と旧法 (G) を共に 13 回ずつ(1 カ月間にわたる) 繰返すこととした。毎回の鑄込重量平均をとるには、サンプルサイズ n を 5 にえらぶこととした。同時に quartz および還元剤の粒度に関する管理図、その他電力、Si 含有量、鑄込時間などについての管理図を画き、管理状態にあることを確かめておく。生産量、Si%, 溶解の正常性、鑄込時間、quartz サイズ、平均エネルギー (kw), 電力消費 (kwh) および還元剤サイズを変数として、平均値間の有意差検定で両法をくらべてみると、10mm 以下の細 quartz に有意差があるため M 法でやゝ %Si の減少を示す他大差はなく、M 法で粉状のものが増して Si 損失が著しくなると操業に困難を感ずることがある。(松下幸雄)

パイライト・シンダーの直接還元(粉鉍のまま電気炉のスラグ浴として)によるフェロシリコン製造法(その 2) (G. Zuliani: J. du four électrique, No. 2, (1956) p. 59)

電気炉の浴中にスラグがエマルジョン化しているのがよく、粉鉍はスラグ層を通りながら、粉鉍—メタルのエマルジョンとなる。Verrès に作った Lubatti 炉は、容量 2,000 KVA, 1 次電圧 5000 V, 2 次電圧 70~120 V (17 段), 電流 12,000 A である。黒鉛電極は 350 mmφ × 360 mm, 単重 ~ 45 kg であり、500~700 mm のスラグ層につかるとともに、固体チャージ(周辺 100~150 mm, 中心部 300~400 mm) にも接触する。チャージ層は厚くし、電導性をよくするために細い石炭を混ぜる。

スラグが粘くて明るい色をしておれば浴中 Si がた

かく、流れがよく褐色のスラグでは Si がひくい。弧光炉では強塩基性スラグとするが、この場合は脱硫を考慮して CaO/SiO₂=1, Al₂O₃ 8~10% ぐらいにする。10~12% Si メタルの実績を示すと

チャージ (/100 kg Fe)	鑄込重量 kg	電力 kwh	CaO/ SiO ₂	Si%	S%	
360	7500	30480	1.04	11.54	0.025	
360	9000	31392	—	10.40	0.031	
360	7000	30288	—	11.64	0.016	
360	8000	29040	—	10.12	0.027	
360	7500	29808	0.96	10.24	0.036	
360	7500	29232	—	10.69	0.028	
360	9000	30336	1.05	10.93	0.015	
360	7000	30192	—	10.65	0.019	
360	7500	30192	—	10.27	0.030	
363	8500	25104	—	10.24	0.049	
360	7000	30576	1.04	11.06	0.022	
360	8500	30240	—	11.11	0.039	
360	8500	30576	—	11.06	0.039	
360	8500	27360	0.89	10.46	0.071	
363	6000	30240	—	10.20	0.061	
363	9000	27408	—	10.00	0.128	
360	8500	29472	—	11.18	0.106	
360	6500	25056	—	12.44	0.106	
363	7000	26304	0.91	11.86	0.103	
363	8000	27408	—	10.74	0.128	
365	6000	25200	—	10.01	0.094	
365	9000	29000	—	10.59	0.091	
363	7000	30000	—	10.65	0.069	
平均	361	7739	28908	0.98	10.61	0.058

これから比電力消費は 3730 kwh/t(平均)となるが、4~7% Si および 7~9% Si に対しては、それぞれ 3510 3540 kwh/t である。

これらは C が低いから直ちにベツセマー転炉に使うことができるし、スラグは水硬性石灰に混ぜて活用する道がある。(松下幸雄)

—製 鋼—

迅速平炉装入 (M. D. J. Brisby: Iron & Steel, 1956, Vol. 29, No. 5, 163~165)

英国の全平炉が 3 基毎に 1 週間 1 度の出鋼を増加出来るとすれば実に 50 万 t の鋼を増産出来るわけである。しかもこれは迅速装入によつて“可能”と言いきる事が出来るのである。なぜならば迅速装入はきまつて装入—出鋼時間の短縮を意味するからである。

この迅速装入には先ずスクラップ置場から搬ばれるどのスクラップ鍋も必ず充実させる事が第一条件である。(現在、熔解工場へ搬ばれるスクラップ運搬車の 40% は荷積みが少ない実状である) 次に大事なことはスクラップの準備作業で、現在英国ではシャー切断と熔切断とプレス切断とを採用しているが、夫々一長一短がある。シャー切断は後の運搬に人手がかゝり、熔切断は寸法に支配されず重量のかゝるスクラップと工場内の圧延スクラップ処理に適している。そしてプレス切断は大重量のスクラップを準備するに満足な方法であるが、これによつ

て用意されたスクラップはその吸収率が平炉全装入量の30~50%という状態である。

B.I.S.R.A. に於て実行されたこの迅速装入の研究は次の結果を示している。

①スクラップの荷積みの割合はスクラップの型と荷積み場の設計によること (スクラップの荷積み率はTable 1の如し)。

②熟練せる起重機操者によるのと未熟な操者によるのでは効率に於て莫大な相異を来すこと。

③スクラップの整理は起重機操者と整理者のよきチームワークであること。

④マグネット起重機の充分な能率の発揮は、スクラップ鍋の充分な荷積みによつて初めて期待されるものであること。

⑤スクラップ運搬車の回転率を上げること (Table 2は毎時平均荷積量を示す)。

⑥工員の交代時間は総ての能率を低下するものである点に注意すること。

要するに、スクラップの整備は鍋の平均荷積重量を上げることが事実であるけれども、自働的な迅速装入の保証にはならない。炉の要求にスクラップ供給が聯動されなければスクラップ整備は無駄になつてしまう。

結局、毎週特別な出鋼を得るためには、①注意深いスクラップの荷積みにより鍋の荷積重量を最高とすること、②そのスクラップ鍋は直ぐに炉に活用すること、③起重機のあいている時熔解工場に空の鍋は放置せざること、④熔解工場が静かな時はスクラップ荷積みは活発なると等が必要である。

Table 1. 運搬車重量の分布
(40×30 Cu. Ft. スクラップ鍋/運搬車)

運搬車 当り重量	重量 %	使用運搬車%	平均重量/ 運搬車
0~2 t	17	40	1.40 t
0~4 t	43	69	2.04 t
4 t 以上	57	31	6.05 t

Table 2. 屑鉄 毎時 荷積量

材 料	平均荷積量
軽い購入屑	14 (t/h)
購入屑	24
圧延屑	48
プレス塊屑	72

(谷 昌博)

工業的真空熔解の現状 (Otto Winkler, Zeitschrift für Metallkunde, 47 (1956) 3, S. 133~144)

金属の工業的真空熔解について脱ガスの原理、材質向上の例、装置の実例、将来の応用等について記している。

脱ガスは基本的には金属-ガス化合物の解離圧以下に減圧する事によつて行はれるが、解離圧の低い酸化物はCやH₂等との反応を利用して還元出来、この場合の脱酸速度は非常に早い。同じ原理によつて鉄属合金中の微量炭素の除去も可能である。

真空熔解による非金属介在物の減少は金属の疲労限、常温及び高温における抗張力、伸び、鍛造性、衝撃値等を向上する。例えば球軸受用鋼 (1% C, 1.5% Cr) について行つた繰返し曲げ疲労試験では同一応力下の寿命が1×10⁴ 倍近くなつたという。又 Ni 基 M 252 合金 (2.5% Ti, 1% Al) では高温 (650~820°C) に於ける伸びが或場合には2倍以上も向上した。又フェライト系 Cr 鋼についての調査によると低温脆性の現れ始める遷移温度は主としてC及びN₂の含有量に関係するらしく、真空熔解でC及びN₂を減少させる事により遷移温度が200°Cも下つた例がある。又以上の様な真空熔解の直接的な効果の外に脱酸元素を減らすか或は全く入れないで済む為に著しい材質向上の見られる例もある。

必要な真空度は大型鋼塊の白点防止等には1 Torr 位で充分であり、耐熱鋼の熔解には10⁻² Torr 程度でほぼ目的が達せられると言われる。然しC及びOを極めて少くする様な目的には10⁻³ Torr 以下の方が勿論好結果が得られる。

最近の工業用真空熔解炉では10⁻³~10⁻⁴ Torr で熔解するのにさ程困難を感じない。

誘導加熱式真空炉では現在傾注コイル式のものが多く容量は約1 ton のものまでである。Balzer 社のVSG-200 (200 kg, 1 KC, 300KW), Consolidated Vacuum 社の1/2 ton の連続熔解式誘導炉 (原料装入、金型の運搬を真空中で行い、真空を破らないで連続6熔解ができる。) 等の構造を示し、種々の型の得失を比較してある。誘導型真空炉で構造上残された問題はヒートショックに強い寿命の長い坩堝材を得る事、コイル間の絶縁を強化してガス放電を防止する事等である。

真空弧光炉は本来 Ti や Mo の熔解に用いるものであるが、耐熱鋼の様に誘導加熱でも熔かせる材料の熔解にも応用しようとする試みも見られる。この炉では液体に保たれる時間が短い為温度が高い為効果的に脱ガスが進み、又凝固速度が早いので坩堝横断面内の偏析が少い。

最後に Bochumer Verein で行はれている取鍋或いは鑄込みに於ける減圧脱ガス処理法を紹介している。この方法では注湯が自らのガス放出のため小滴となつて落下するので、表面積の拡大の結果短時間で相当の脱ガスが行はれる。水素量は処理前の約1/2に減少し、150 t 程度の鍛造用大型インゴットでも白点の生成は殆ど完全に防止されるという。(広岡敏夫)

熔鋼の脱硫 (W. A. Fischer & H. Engelbrecht: Iron & Steel, Vol. 29 (1956) No. 1, 19~20, 32)

高周波炉と石灰+10%螢石ルツボを使用して熔鋼の脱硫を研究した著者は、鋼中の残留Sと熔け込んだCとの間に[C]·[S]=0.011.....(1)なる関係を創つた。Vacher 及び Hamilton は1,600°Cに於て[C]·[O]-0.0025.....(2)なる関係を与えたので之等((1), (2))によつて $\frac{[S]}{[O]} \sim 4$(3)なる式を得た。従つて熔鋼中のS量は鋼中に熔解した酸素で決定される事になる。

Si による脱酸の研究から $K_{Si} = \frac{[Si][O]^2}{a_{SiO_2}}$(4)

なる式が得られ、珪酸ルツボ又は珪酸で飽和されたスラグ中で行う時は、 $K_{Si}(SiO_2)=[Si][O]^2 \dots (5)$ なる式が得られた。そして $K_{Si}(SiO_2)$ の値は温度と直線の関係がある事が Groken と Chipman により示された。それで (3), (4) 式より $[S]=4\sqrt{\frac{K_{Si} \cdot a_{SiO_2}}{[Si]}}$

なる関係が得られ、S が決定されるわけである。

著者の実験によれば、S 量は Si の添加と共に急激に減少して、約 6mn 以内に最低 S 量が得られている。又 0.11~0.15% C の鋼に 0.07% Si を添加せる場合約 6mn 後に復硫を初め、0.10% Si 添加では約 10mn 後に、0.20% Si 添加では約 20mn 後に夫々復硫をはじめている。この復硫の早いことは最初の S 量と O₂ 量が低いためである。O₂ 量が高いと低 Si に拘らず 30mn 以内では復硫は起こさなかつた。又、0.2% Si を添加せる 0.12~0.47% C の熔鋼は最終の S 量が 0.001~0.008% の間にあつて、これも復硫は起こさなかつた。

脱酸生成物たる SiO₂ の活動度は $K_{Si}(CaO)=2.3 \times 10^{-7}$, $K_{Si}(SiO_2)=2.8 \times 10^{-5}$, $K_{Si}=\frac{[Si] \cdot [O]^2}{a(SiO_2)}$ から得られる。即ち

$$SiO_2 = \frac{K_{Si}(CaO)}{K_{Si}(SiO_2)} = \frac{2.3 \times 10^{-7}}{2.8 \times 10^{-5}} = 0.8 \times 10^{-2} \text{ である。}$$

最後に、石灰と螢石による脱硫には次の条件が必要である事を述べている。

- (1) 熔鋼と石灰+螢石層との接触面は出来るだけ大きなこと。
- (2) 石灰中の空気と水分と CO₂ との存在による酸素の圧力は出来るだけ小なること。
- (3) 熔鋼の O₂ 含有量は脱酸剤によつて、脱硫の直前又はその最中に減少するものでなければならないこと。(谷 昌博)

製鉄製鋼における泡とエマルジョンの生成と崩壊

(P. Kozakevitch (IRSID): 私信 (1955 年 6 月の会議資料))

泡とエマルジョンの生成は、表面活性の溶解物質による界面張力の低下(吸着層の生成)、攪拌、気泡発生によつて助長され、媒体となる液体の高粘性、吸着層が粘く或は丈夫なことによつて安定化される。このフィルムの粘性又は剛性には或る極小値が必要となる。

第 1 にフォーミング・スラグに関しては、キューボラ高炉の他、平炉の C, Si の高い溶解に当つて障害となる。FeO が非常に高く、SiO₂ のかなり高い時にフォーミングする。SiO₂ に富化されたフィルムが泡を安定にするが、吸着 SiO₂ は凝集表面網目を作っている。充分 CaO が存在するとフォーミングしないのは、Ca⁺⁺ と結ばれている SiO₄ が吸着されにくくなっているからである。TiO₂ は FeO の中で表面活性であり、酸性スラグの流れをよくし、フォーミングを妨げたり、又それを破壊する。カーボン粒子を含む光輝焰や固鉍ピッチの投入或は焰にタールをインジェクトしたりして、FeO を固体 C で還元するとフォームがこわれる。表面活性な物質によつてフィルムから溶媒分子が駆逐され、少数の溶媒分子が残留して溶媒化フィルムになると泡が安定す

る。フォーミング・スラグに無数の金属滴が含まれることがあり、その安定化はスラグ/メタル界面の Fe⁺⁺/SiO₄⁴⁻ 電気二重層によるものと思われる。

第 2 にスラグ中の金属エマルジョンは、直接分散するもの、溶解化合物の分解によるもの、始め溶解していたメタルが冷却に当つて析出するもの、3通りに別けられるが、こゝでは FeO-SiO₂ スラグの Fe エマルジョンと高炉スラグ中の S 富化の Fe エマルジョンを考えている。酸性転炉では障害が少ないが、塩基性転炉では (CaO+MgO)/SiO₂ を 1.5 位にするとエマルジョンが破壊する。高炉スラグについては界面張力の測定をすることにより、エマルジョンに自己崩壊の性質があつて、転炉スラグと異なることが分かつた。

(松下幸雄)

1550°C における純鉄、コバルトおよびニッケルの表面張力 (P. Kozakevitch, G. Urbain (IRSID): 私信 (1955 年 6 月会議資料))

溶融 Fe, Fe-C 合金の表面張力が S や O のために著しく低下することは、スラグ中のメタル・ショットとかノヂュラー黒鉛の生成に関係がある。こゝではこれまでの研究を発展して、純粋な Fe, Co, Ni を扱っている。カーボン発熱体内のアルミナ加熱管は気密系とし、1atm. の Ar 又は H₂ 中で、耐火サポート上に金属滴を溶かす。温度は光高温計で測り、酸素分圧は 10⁻¹⁸atm 以下になつている。滴とサポートの接触角 φ は 140°C 以上としているから、多少凹で荒い面になるため、Al₂O₃, CaO, BeO などで作る。石灰で安定化した ZrO₂, 又は ThO₂ もよいサポートであるが、X線の透過性がわるいとか、φ の安定化に時間が掛るなどの欠点があるが、その長所を生かして使用した。アルミナ・ルツボとサポートの間には Mo 板をはさんでおく。

かくして滴の X 線像をとり、そのネガに格子線入りのガラス板を当て、赤道の長さ、子午線の切線のなす角を 90°C 又は 60°C としておいてその交点と滴頂との距離などを 1/10mm の桁まで測り、Bashforth & Adams や Chatal の表を使うと、 $\beta = gdb^2/r$ (g: 重力の加速度, d: 密度, b: 滴の曲率半径, r: 表面張力) が求められる。これから毛管常数 $a^2 = r/gd$ (mm²) がでてくる。このようにすると、同一組成のものにつき 4 枚のネガを取つた時、 a^2 のバラツキが前回の Fe-C-S 合金の時より小さくなる。

カーボニル純鉄については、計 77 ケの測定値を得ているが、データ群を検定して a^2 の平均値を 26.0mm² とし、密度を 7.2 ときめて $r = 1835$ dyne/cm と計算した。一般に 0.0008% O の試料を使つたが、0.005 又は 0.008% O でも、或は Zr, Ce で脱酸しても大差はなく、酸素の大部分はサスペンドしたものである。Co, Ni では a^2 がそれぞれ 25.3, 25.8mm², 密度を 7.8, 7.6 に取ると、 r としてはおのおの 1936, 1924 dyne/cm が得られた。(松下幸雄)

高温のエンタルピー測定用の断熱落下式熱量計—1200~1550°C における Si の熱含量

(M. Olette (IRSID): 私信 (1955 年 6 月の会議資料))

まず熱化学データ測定方法について概観し、比熱の直

接測定、熱含量の直接測定および溶融熱の決定に関して述べている。著者は J. C. Southard と同一のデザインで熱含量を測定することとし、 $19 \pm 1^\circ\text{C}$ の部屋に下記のような装置をセットした。電気炉の巻線は2重になっていて、内側は 20% Rh の Pt 線を3部に別けて巻き外側はカンタル線で、炉体を銅コイルで水冷する。1550°C に上げるのに約 2.5kw を要し、両巻線間に Pt-Rh (13%)-Rh カップルをいれて自動温度調節する。1550~1580°C まで 80~120mm が均一な温度 ($\pm 1^\circ\text{C}$) になっている。熱量計は 70 l 水槽中のステンレス容器にいた銅ブロックで、その中に銅カップ (予め約 2g のウツド合金片をいれておく) が設けられ、試料が落下してくるようになっていく。ブロック温度はサーミスターでコントロールし、又 2~3°C の上昇を $\pm 0.001^\circ\text{C}$ で測ることができる。サーミスターはしばしば校正せねばならぬが、記録できるのが長所である。

試料はカプセルにいれ、その容器は予め 10^{-5}mmHg 以下に引いて He でおきかえ封じ込みにする。それを Pt-Rh (20%) 線か Mo 線で電磁石によつて吊り、Ar 雰囲気中で加熱する。熱量計は 99.9% 以上のコランダムで校正し、よく文献にも一致することが分つた。

今回は 0.5mm 径の 99.99% 以上の純 Si を毎回 2~4g 取り、2~5g の透明石英カプセルにいれ、或る同一温度で空と試料入カプセルにつき続けて実験するようにした。cal/g-atm 単位で 1200°C 以上の固体 Si では $H_\theta - H_{25} = 6.53\theta - 652$ 、 1550°C までの液体 Si では $H_\theta - H_{25} = 6.12\theta + 12,024$ ($\theta: ^\circ\text{C}$) となり、溶融点は正確ではないとしても $1412^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、溶融熱は上記 2 直線間の間隔として $12,095 \pm 100$ cal/g-atm となつた。液体でのデータのバラツキ ($\sigma: 70$ cal/g-atm) は Si 生成にもよるであろうが、測温も効いていると思われる。(松下幸雄)

一 鑄 造

鋼の連続鑄造 (Issac Hahter: Iron and Steel Engineer, 33 (1956), April, p. 58~62)

本論文は鋼の連続鑄造に関する Republic Steel Corp と Balcock & Wilcox Co. の共同研究の概略について記したものである。

鋼の熔解は初め誘導炉で行つたが、後には 7t の弧光炉で行つた。この熔解炉と連続鑄造装置の間の熔鋼の運搬には容量 6t の保持取鍋を使用した。この取鍋は少くとも 2h は熔鋼を鑄込温度に保持し、且つその組成を変化させないで保つために单相弧光で外部から加熱されるようになっていくので、その底部のみが普通の取鍋と異つているのである。熔鋼はこの取鍋から tundish に注入され、その tundish から鑄型に鑄込まれるのである。鑄型は管状であつてその外側を高速の水で冷却するようになっていく。熔鋼の鑄型への注入速度管理は X 線によつて自動的に行うようになっていく。鑄型に注入された熔鋼が凝固して鑄型を離れる時には、鋼棒の表面は凝固しているが内部は未だ溶融状態にあるので、鑄型から離れた後にこれを保持するものがないとその鋼棒は脹れて、その結果として内部亀裂が発生する危険がある。そこで補助的な保持装置と冷却によつてこれを防止

する。鋼棒の横断面の形状は楕円形である。この理由としては、楕円形は正方形或は矩形の横断面よりも冷却効果が大いので、鑄造速度を大きくすることが出来るのである。連続鑄造の利点は生産工程の短縮と生産速度の増大であつて、これによつて生産原価を下げる事が可能となる。この他の利点は製品の表面がきれいなこと及び熔鋼の量に対する製品の量の割合の高いことである。すなわち、炉と tundish 内の残留、スケール、切断口及び切捨屑のような鑄造損失は約 4.5%、検査損失は約 2%、圧延損失は約 5.5%、圧延後の検査損失は約 0.5% であつた。従つて全工程に於ける損失は 12.5% であつた。現在連続鑄造に使用されている材料は炭素量 1% 迄で、SAE 52100、その他の低合金鋼及び不銹鋼 (Type 302, 303, 304, 321, 410, 416 及び 430) である。

(平野見明)

大型鍛造用鋼塊の真空脱ガス処理 (Arthur Tix: Iron and Steel, Vol. 29 (1956), No.3, 81~86)

W. Rohn は鋼の脱ガスと純化の目的で、真空下に熔解、鑄込を行う先覚者的実験を行つた。1935年頃の白点研究の結果、大型鍛造品からの白点追放の保証は費用のかさむ熱処理なしに得られないと言ふことになり、この独乙の Bochmer は 1950 年頃より、真空脱ガス法によつて大型鍛造鋼塊の水素含有低下に努力した。

この真空脱ガスの設備方法には、④出鋼せる取鍋を真空容器に入れ速かに取鍋脱ガスする法、⑤真空容器中の取鍋に気密の儘注入 (注入口は熔湯で熔ける Al 板で密封) 鋼流脱ガスする法、⑥真空容器中の鑄型に取鍋より気密口を通して注入、鋼塊を脱ガスする法、等があつてその真空は 1 気圧 20°C 下で行われ、熔鋼温度の降下は $30 \sim 40^\circ\text{C}/\text{mn}$ (10t 容量) を予め考慮する。⑥及び⑦の方法は連続使用が出来、又真空容器の石英硝子の窓からは、注入状況が観察出来る様になっている。

次にこの真空脱ガスの利点としては、鋼流の表面酸化が防止される点、真空容器中への鋼の注入が流れの滴下と攪流により脱ガスを活潑ならしめる点、真空鋼塊の水素含有が著しく減少している点、脱ガス鋼は大気注入鋼より流動性、鑄造性共に大なる点、等が挙げられている。

又、脱ガス処理の鋼性質に及ぼす影響としては次の如きものがある。即ち、大気注入鋼と真空注入鋼の鋼塊中心部の水素含有は前者が 100g 中 3~5cc であるに対し後者は 1cc 程度である事、大型鍛造品の顕微鏡的気孔の除去は困難であるが原因がガスにある以上真空処理によりかなりな程度迄減少出来る事、又白点感受性試験の結果、真空注入鋼塊は大気注入鋼塊に比して著しくその感度が少ない事等である。そして、その白点感受性の試験では、圧延レール材の内、ピット冷却法より白点感度のよい大気放置冷却法を夫々真空処理鋼と非処理鋼に就て行い、後者は 25% も全長に沿うて白点を示したが前者は僅か 5% の孤立白点を示すに過ぎない結果を得ている。又、大型鍛造用空冷鋼の変態温度が白点の作られる温度附近にある時、白点感度を増し、就中、表面疵があれば空冷硬化割を起し易いものである。そして之を防ぐには 300°C の軟化焼鈍が必要とされているが真空脱ガス処理によつてこれ等鍛造品も白点の危険は除去さ

れるわけである。最後に真空処理は鋼の酸素含有量を減じ且つ清浄度を増すので機械的性質に好影響を及ぼすものとされている。

とに角、高合金鋼による成品は真空処理に依つて廃却品が少なくなつた事は確かである。そしてこの真空過程は製鋼作業で至難とされている。大型ガスタービンのローターシャフトや電気設備のインダクターシャフトの製造に特別重要なものである。今後大型鋼塊の製造には真空過程の使用が適する様に製鋼作業の諸条件を考慮しなければならない。斯くして、真空製造過程は金属工業は新しい道を拓いて行くことになるであろう。(谷 昌博)

一加工—

冷間引抜の研究 (III) 摩擦係数の測定

(H. Majors: Trans. ASME, 78 (1956), 79~87)

著者は冷間引抜に関する一連の研究を行い、第1報に鋼棒の機械的性質(本抄録 Vol. 41, No. 8 に掲載)、第2報に Al 棒の機械的性質を報告している。第3報は鋼棒及び Al 棒の摩擦係数について実験した報告である。

この報告の序文には、今迄いろいろ試みられた摩擦係数測定の実験について紹介し、検討を加えている。著者が行った摩擦係数の測定は、ダイスにかかる圧力と引抜力の実測から次の式を用いて計算で求めた。

$$\left\{ \frac{\sigma_x}{P} \left/ \left(\frac{A_1}{A_2} - 1 \right) \right. \right\} - 1 = \mu \cot \theta$$

圧力の測定はダイスの外面は抵抗線歪ゲージを貼付し、この歪量から求めた。なほこの歪ゲージの較正は、ダイスの孔の中に油圧をかけて行つている。このように実測して求めた摩擦係数と、Sachs の理論式及び Davis & Dokos の理論式に代入して求めた摩擦係数との比較を行つた。その結果、圧力の実測から求めた摩擦係数の方が Sachs の式から求めた値より常に高い値を示した。この原因は、ダイスの形状にあり、ダイス入口の円弧状の部分で加工を受ける為だと推論している。円錐型のダイスを用いた場合は、Sabks の式から求めた値とよく一致している。

この実験では、さらに引抜方法の相異が摩擦係数に及ぼす影響等についても調査検討している。これらの結果を要約すると次のとおりである。

1. 引抜方向を逆にしても摩擦係数は変わらない。
2. ある一定の断面減少率迄引抜を繰返し行う時、工程数を増すと摩擦係数も僅か増加する。
3. Sachs の式から求めた摩擦係数には、引抜方法の影響が認められない。
4. 断面減少率を大きくしても、また小さくしても摩擦係数は同じような値である。
5. 摩擦係数は鋼より Al の方が僅かに小さい。

(三角親慶)

一性質及物理冶金—

焼戻脆性に及ぼす Mo と W との影響

(A. E. Powers: Trans. A.S.M. Vol. 48 (1956) pp. 149~165)

本稿には 1% Cr, 1% Mn 鋼の焼戻感受性に及ぼす

2% までの Mo と W との影響について報告されている。

最も早い脆化速度を示す温度、即ち 900°F で 1000h ほど時効試験を行つた時に、0.5% Mo, 1% W を添加せる鋼が焼戻脆性に対してもつとも敏感でない。Mo, W が上記含有量より多くなると効果がなくなり、かえつて効果を減ずる。即ち、1%, 1.5%, 2% Mo 鋼と 2% W 鋼は Mo と W を含有しない Cr-Mn 鋼と同じ程度の焼戻感受性を有する。

1000°F の如き比較的高温の焼戻では、2% 程度までの Mo と W の添加では脆化の程度はかえつて増加する。他方比較的に低い時効温度 800°F か、それ以下の温度では、2% までの Mo と W の添加により脆化速度を減少させる。いずれの場合でも、W の影響は同原子 % Mo のそれと同じ程度である。即ち脆化を阻止するに同じ程度に有効である。焼戻温度から 2 週間以上に亘つてゆるやかに冷却すると、最適の脆化温度に 6 週間も等温時効させたときと同じ程度の脆化を示す。

(上野 学)

二色高温計 (P. Rodicq, G. Maillot: Rev. Mét., 52 (1955) 6, pp. 477~484)

1948 年 4 月に Usinor 社 Trith-Saint-Léger 工場長の Allard 氏が提唱した構想で、転炉側面の 45 度の反射鏡からの輻射を光高温計に受けて測温されたが、ガラス覗き窓がプラストに触れているのでダストや油で汚れ、非常にデリケートであつた。IRSID の Michaux 氏はガラス窓の汚れや炉底損傷による立体角の変化の影響を避けるため、示差測定を提唱して本装置が考案されることゝなつた。一方 G. Naeser, W. Pepperhoff も Mannesmann 工場 (Duisbourg) でこのようなセットを使用した。

著者等は前記 Trith-Saint-Léger 工場と Wendel 社 Moyeuivre 工場とで実際に工場実験を行つている。セットの原理は、輻射光が光電池に入る手前に単色フィルターがモーターでまわっており、 λ_1 と λ_2 とに相当する光電流が交互に流れるが、これを前記フィルターと同期廻転のギャップ付ディスク、2 枚の光電池 (1 枚のランプ付) の組合せで i_{λ_1} と i_{λ_2} とに分離し、結局 $\log i_{\lambda_1}/i_{\lambda_2}$ に比例する電流を測つて $A + (B/T)$ (A, B : 常数, T (°K), Stefan-Wien の法則による) を知ることができる。これにつき、les Hautes Températures や IRSID 物理部の実験室で種々フィルターを改良し、黒体温度と比較した電流—°C 関係を調べ、1200~1700°C でほぼ線型にすることができた。このセットを工業的に利用したものとしては、B. Trentini, P. Leroy 及び M. Gombert の工場実験があるが、転炉操業中の温度変化が含窒素量に敏感に影響するものと考えられる。又著者等は 5" 間隔で羽口先端を撮影して温度曲線との関連を調べているが、結論は出していない。(松下幸雄)

鋼塊の顕微鏡的偏析の影響 (H. Allsop: Iron & Steel, 1956, Vol. 29, No. 3 & No. 4, 95~98, 103, 129~130)

この論文は Sheffield 冶金学会の講演内容であり、嘗て英国特殊鋼技術研究会の焼入分科会で報告された“ビ

レットの断面に存在する焼入性の変化の一つ”より著者が興味あるものとして述べられたものである。その報告に於て、ピレットの表面と内部の焼入性の変化を示すデータの総てはジョミナー端末試験に基いている。そして Becknall の独創的方法とも言うべき連続冷却によつて恒温変態と焼入開始時間と過程との間の関係を利用し、焼入性の変化と恒温変態反応との間に明瞭な一致点を証明している。これによると一般にピレット内部の焼入性はそれより低いものである。次に鋼塊の各所からの試料を dilatometer によつて変態反応時間を測定した処、鋼塊表面近くの試料は中心のものより早く変態を開始する事が明示された。(之は焼入性の低下とよく一致している。)そして鋼塊内部の低焼入性の部分は伸びたピラミット型を呈して“A”偏析として輪郭を画かれたものである。

この“A”偏析を形成する鋼塊凝固は既に長年の間議論の対象となつたものであるが、尙完全に理解されたものではない。

Steven に依つて示された変態反応曲線は柱状結晶部分が比較的遅れて変態をはじめ早く終了しているのに、鋼塊の内部は早くから変態を開始して遅く終了している事を示している。之によつて柱状結晶帯が内部組織より高焼入性である事を或程度説明出来るが、しかし柱状結晶部分と内部組織との接触部分に低焼入性の境界がない事から之は完全な説明とする事は出来ない。従つて、内部組織内に焼入性を変化させるものがある事は考えられるし、低焼入性のものはピラミット型に配置させてある様に思われるがそれ以上は不明である。これに就て Hatfield は低焼入性部分が内部組織の或特別な形に関係すると言う事を十分に説明する為には鋼塊内部の凝固方式と機構を正確に知らなければならぬと主張している。

次に、顕微鏡的偏析の変化と焼入性の変化との関係は確かに考えられる。これは偏析程度が柱状結晶部分より内部組織の方が大きいと言う示唆に基いていて実際には微小硬度測定結果を比較して合理的な結論を出している。偏析状況に加えて延性、靱性、及び屈曲試験等の機械的性質に就ても外層部の試片は鋼塊中心部の試片より高い値を示している事が明かである。

要するに、以上の事は、鋼塊の凝固にきり離す事の出来ない顕微鏡的偏析の結果として生れたものであるが、これらの現象が総ての鋼塊にとつて inherent なものであるとすれば之を研究する事によつて、初めてこの部分の凝固現象を完全に理解する事が出来、この顕微鏡的偏析の防止も可能なわけである。(谷 昌博)

一非鉄金属及び合金一

電気炉によるインゴット・モリブデンの製造

(J. du four électrique, No. 2 (1956) p. 51)

従来 Mo はもつばら粉末冶金法で作られていた。それは溶融法では、浴が汚染されること、Mo の溶融点が高たかく非常に酸化され易いために制約を受けたからである。しかし 1946 年 R.M. Parke, J. L. Ham が弧光溶融法を試験し、消耗電極によつてモリブデン溶製に成功し、Climax Molybdenum Co. のパイロト・ブラン

トで実用化された。1955 年に発表されたところによると 500 kg のインゴットができています。これはフランスでは電熱鑄塊法といつていますが、電極は粉 Mo と少量の C および切削屑をつめて作り、必要に応じて合金元素もチャージする。これが漏斗から振動板で填充機におとしこまれ、円筒形マトリックスに仕込んでからシクターする。これは水冷銅モールドの側壁と接触しないように、ストレートな均一なものでなければならぬ。この電極とモールド底部の間の弧光で Mo が溶解する。たゞしこれ等の系はすべて高真空設備を働かし排気しながら作業される。また鍛造法として Ugine-Séjournet 法があり、600 t 鍛造プレスで $0.20m\phi \rightarrow 0.17m\phi$ とし、 $870^{\circ}C$ 予熱、 $1425^{\circ}C \times 30 \sim 45mn$ 後 2400 t 水圧プレスで伸ばす。インゴットはガラスファイバーで包み、溶融ガラスファイバーが潤滑となる。表面疵を除いてから $1425 \sim 1550^{\circ}C \times 1h$ 加熱後圧延して $1.5 \sim 5cm$ のセクションとなる。

次に Mo 粉の製造法であるが、 MoS_2 を Nichols Herreshoff 炉で焙焼して MoO_3 とし、グローバール炉で昇華($\sim 1040^{\circ}C$) し細い粉をこす。これをアンモニア塩とし濾過再結晶するか或は加熱して酸化物にする。更に $1300^{\circ}C$ 水素還元で MoO_2 青とし、 $1093^{\circ}C$ 水素還元で Mo 粉とする。溶解法には、アンモニア塩還元のものがよく、少量のアーク安定剤をいれる。水素還元の際の損失対策、適当なマイクロ組織の粉を作ることに問題点がある。(松下幸雄)

一分 析一

分光分析の金属加工工場への利用 (H. E. Boyer & F. E. Fitzgerald: Iron & Steel, Vol. 29, No. 2 65~69—No. 3, 99~103)

1950年頃 Kirchhoff と Bunsen は光の投影と吸収の基礎的法則を説明した。これが今日の化学分光分析の基礎であると言われている。

1930 年以前から大学及び研究所で専門的にスペクトル写真が研究される様になり、1930~1943 年の間に精密なスペクトル器具が発展し、その工業的価値が認められる様になった。

スペクトル写真の根本原理は各種の元素が燃焼する時独自の波長をもつた直光線を発すると言う事実にある。そして、スペクトル写真は輻射エネルギーの濃度と波長を記録したものである。

スペクトル分析に必要な設備の一つは計算板でこれは水平のスケールに取付けられ、その板上のペーパーには計算曲線即ち“ガンマカーブ”が画かれる様になっている。

スペクトル分析は定量的、準定量的、定性評価をもつ定量的、及び定性的の四段階に分布されている。定量分析は既知の量を示す元素の対の線と、求める元素の線とを比較して行うものである。

即ち、平らな表面に圧延された標準試料はアーク或はスパークに刺戟されて、スペクトル写真板に記録される仕組になつている。その際適切な濃度の線をえらぶには濃度計が用いられている。ガンマ曲線によつてこれ等の濃度の読みが強度に換算され、これら強度の比の対数

が含有量の対数として画かれている作業曲線なるものを用いられている。

金属合金中の種々の求める元素に対してその様な曲線を作ることが、今日では日常の分析のために用意されている。そして未知の含有量の試料は標準試料と正確に同じ条件で刺戟され強度の比は計算曲線から決定されている。従つて所謂、作業曲線は各金属固有の求める元素の含有量を示す様になつた。只注意すべき事はこの濃度計の読みも人的誤差が入ると同時に、標準試料を用うる以上、あくまでもスペクトル分析はコンパレーターであつて完全な過程は一応湿式分析に依存しなければならない事である。そしてこの分光分析はあらゆる範囲の元素を分析する事と、全然成分の不明な試料を分析する事とは不可能である。

要するに、スペクトル分析を湿式分析に較べて熟慮なく評価する事は困難であるけれども、比較的厳格な制限が伴う不利益が存在するに拘らず、それを補うに充分な利益があることは確かである。特に以下の点に於て、金属加工工場では有用なものとしてされている。

- ① 求める元素ばかりでなく痕跡の元素も発見出来る事
- ② 材料の混入を発見出来る事。
- ③ 無破壊試験である事。
- ④ 高合金鋼での正確度は別として、全般に正確性ある結果を示す事。(谷 昌博)

— 雑 —

高温管状電気炉 (E. S. White: Iron & Steel. 1956, Vol. 29, No. 4, 147~149)

1,600°C 以下の温度で作業する管状電気炉は夫々適当な抵抗線で捲かれた耐火管から容易に構成されるが、1,600°C 以上になつて来ると抵抗加熱体も又耐火材の問題もそう簡単には行かなくなる。今、夫々 1,600°C 以上の加熱体及び耐火材料を表示すると Table 1, Table 2 の如くである。一応こゝに 1,850°C 附近の温度を必要とする管状電気炉の加熱体を考えると、黒鉛及び Mo が適当であるが、両者は次の如き不利な点がある事を知らねばならない。即ち、黒鉛の加熱管螺旋状エレメントは高価な高電流変圧器を必要とし 500°C 以上の酸化から保護しなければならぬ事である。そして滲炭気となり易いので不滲透アルミナ管を内側に置く必要がある。尚黒鉛とそのアルミナ管とは 1,650~1,700°C 間で反応するのでその間の使用は制限される事になる。次に Mo も 400°C 以上の酸化に対して保護されなければならない。これには水素や加圧蒸留のアンモニアが適しているのだからこれ等のガスの不滲透耐火管が使用される事を必要とする。この耐火管には Table 2 の Mullite は不十分、また beryllia は高価で且 BeO の発生は健康を害する虞がある。従つて 1,700°C 迄は Clay で固めた熔融アルミナがよく、1,700°C 以上は再結晶アルミナがよいとされている。この黒鉛と Mo の内ではアルミナ管に Mo を捲きつけたものがよいと推薦されているので、以下は Mo 管状電気炉の構造を略説する：

まず炉体のケースは 1/4~1/8in の軟鋼板を使用し、作業管は不銹鋼の蛇腹をシールとしてアストベストシートでボルト締付されている。不滲透作業管と Mo 捲管と

Table 1. 融点 1600°C 以上の加熱体材料

材 料	融 点	実用最高温度	記 事
Pt	1,773°C	1,500°C	高 価 白金より抵抗温度係数が小さい。高価 400°C 以上で空中酸化する。 Mo と同様、併しより脆く高価。 靱性なく機械的に脆弱、大型で重い加熱体にせねばならない。500°C 以上で酸化する。
Pt-10% Rh	1,850〃	1,600〃	
Mo	2,620〃	>2,000〃	
W	3,370〃	>2,000〃	
Graphite	晶 華 Ca 3,700〃	>2,500〃	

Table 2. 1600°C 以上の使用に適する耐火管

材 料	融 点	最高使用温度	記 事
Mullite	分解 Ca1,800°C	1,600°C	不透性、熱ショックによく耐える。
Clay bonded fused alumina	>1,900〃	1,700〃	多孔性、熱ショックに極めてよく耐える。
Recrystallized impervious alumina	2,050〃	1,950〃	熱ショックに相当よく耐える。
Stabilized zirconia (5% CaO)	2,600〃	2,200~2,400〃	耐熱ショック性中程度
Magnesia	2,800〃	>2,000〃	多孔性、高温にて電導性となる。 多孔性、耐熱ショック性極めて貧弱健康に有害となり得る。
Thoria	3,050〃	>2,200〃	
Beryllia	2,530〃	>2,000〃	

は別々になつていて作業管は取換がきく様になつてゐる。この作業管は炉のケース内で高温絶縁煉瓦で支えられておりケースの残部はアルミナ絶縁粉で充たされている。

この炉の変圧器としては 0-180V, 40 amp. max. のものが適当で、最初炉の乾燥には 20~30 amp. で 200~300°C に緩熱すること、作業温度に上げるには 30~35 amp. が適当とされ、炉の冷却には 800°C 迄は 15~20 amp. に電流を下げ、その後スイッチを切る方法がよい。各種温度の平衡電流、電圧、電力は Table 3 に示す如きものである。

Table 3. Mo 炉の各温度における平衡電力

温 度	Amp.	Volts	電力 kw
1,400	27	76	2.05
1,550	27	88	2.37
1,700	28.5	103	2.88
1,800	32	124	3.95

又、この炉の温度測定には熱電対は Pt, Pt. Rh と言えども脆くなるので、光高温計及び輻射高温計が使用されている。(谷 昌博)