

## 抄 録

## —耐火物—

高温熱風炉用耐火物 (HOBART M. KRANER: Blast Furn. & Steel Plant 50 (1962) No. 4, p. 323~326)

溶鋸炉熱風温度を高温化する場合には、燃焼、補助設備、熱風炉耐火物、装入材料など各種の問題があるが、熱風炉に使用する耐火物は特に注意すべきものである。熱風炉炉壁、格子積煉瓦などは十分高温に耐えることが必要であるが、耐火物はこのような温度では多少とも熱可塑性を有し、わずかな温度上昇がいちじるしく安定性に影響をおよぼす。耐火粘土製煉瓦は 2100°F で融着をはじめ、表面張力により収縮しはじめる。

溶鋸炉が大型化し、大量の空気を予熱せねばならぬ時に、耐火物に対する要求は高度のものになる。通常熱風炉用耐火物には耐火粘土を使用し、安定性はそのアルカリ含有量によつて決定される。部分的熔融による軟化は組成により決定され、高温における安定性を得るためには、高純度、高耐火度の原料を使用するか、あるいは安定な特性を有するものを選択して使用する必要がある。

組成、焼成、成形などに十分注意すれば優れた耐火物が製造できるが、熱風温度 1800~2000°F の場合、熱風炉内最高温度は 2400~2600°F になり、通常の耐火物は実用困難である。高温安定性のテストにはクリープ試験が有効で、熱風炉用セミシリカ煉瓦の耐クリープ性はムライトに近い値を示している。セミシリカ煉瓦はアルミナ分が少なく、アルカリ分は非常に低い。良好な安定性を得るためには 0.2% 以下にすべきである。しかし 2600°F になると安定性を失うので、最高温度の部分には使用できない。ムライト煉瓦はアルカリ分、 $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $CaO$ 、 $MgO$  などの含有量が非常に低く、アルミナ分の高いことにより、高耐火度を有する。密度も大で、蓄熱用に有利である。シリマイト煉瓦も類似の特性を有するが、アルミナ含有量は幾分か低い。実際の熱風炉ではこれら各種の煉瓦が併用される。この後、本稿は実際の熱風炉 3 基の構築方法を変えた場合の比較結果を簡単に述べている。(河合重徳)

平炉天井用塩基性煉瓦 (J. R. BACHMAN: Blast Furn. & Steel Plant 50 (1962) 5, p. 415~419)

塩基性煉瓦が平炉の天井に使用されるようになり、煉瓦の特性を広く検討することが必要になつた。本稿は主として実験室的に検討される特性とその試験法を概説したものである。

塩基性天井煉瓦はクロム—ペリクレーズ系、ペリクレーズ—クロム系のものでほとんど  $MgO$  40~60% を含み  $CaO$ 、 $SiO_2$  含有量は低い。原料はクロム鉱石およびマグネシヤまたは水酸化マグネシウムを焼成したペリクレーズで、煉瓦自体は非焼成、メタルケース入が多い。主成分の他に有機、無機各種の微量添加物があり、粘結剤増強度剤として使用される。

煉瓦の製造工程、平炉天井構造はいずれも変化に富み

煉瓦の優劣の判定には実験室的検討と、実際の炉における実用試験を併用する方法が良い。実験室的に検討される項目を下記に述べる。

成分—化学分析、X線、炎光分析などにより原料製品の組成を定量する。成分は重要な特性の一つである。

組織—顕微鏡その他によりクロム鉱、ペリクレーズ、微量添加物などの分布を調査する。組織の影響は大きい。

強度—煉瓦は常温、高温において強度と靱性を要求される。圧縮、破砕などの試験が行なわれる。

気孔および密度—煉瓦の侵食には気孔率による影響が大きい。Hg 置換、比重測定、水分吸収量などの測定が行なわれる。煉瓦の見掛気孔率は通常 17~21% である。

耐食性—鋼滓、 $FeO$  などの侵食に対する抵抗性はいろいろの試験方法があるが、侵食剤をペレットにして耐火物製カップ内に入れ加熱するカップテストが一般的である。

耐火度—ASTM法によることが多い。25 psi の圧縮応力を与え加熱し破壊する温度を求める。塩基性煉瓦では通例 2800~3100°F である。体積変化を求める方法もある。

クリープ—標準法はないが、2550°F、25 psi、72 br での変形を測定することが多い。通常 2.0~8.0% の変形を生ずる。天井煉瓦は変形に耐えることを要求され、クリープの問題は重要である。

熱膨張、熱伝導—塩基性煉瓦の熱膨張、熱伝導は珪石煉瓦とは大巾に異なり、注意しなければならない。

加水分解—水蒸気、水分により  $MgO \rightarrow Mg(OH)_2$  を生じ煉瓦が劣化する。重要な問題の一つである。

熱衝撃抵抗—ASTM 法により実施される。熱基性煉瓦は特に急熱、急冷しないように注意する必要がある。

最上の試験はもちろん天井に使用すること自体であるが、上記試験を組合せ実施すれば相当程度の知識を得ることができる。(河合重徳)

## —製 鉄—

## Fe-Mn 溶鋸炉の熱精算

(W. H. BURR & J. H. BERGMARK: Blast Furn. & Steel Plant, 50 (1962) 5, p. 428~435)

溶鋸炉は鉄鉱石を還元して銑鉄を製造するものの他に Mn 鉱石を還元して Fe-Mn を製造する炉もある。この種の溶鋸炉の操業について述べたものは少なく、本稿は熱精算を通して Fe-Mn 溶鋸炉と通常の溶鋸炉を比較したものである。

両者の熱精算での最も顕著な差は、Fe-Mn の場合に製品 t 当り所要熱量が約 2 倍になる点である。これは炉床部吸熱反応、製品による失熱、冷却水による熱損失その他が大きいことに起因するものである。

(MnO) の還元には (FeO) よりも多量の熱を必要とし、(FeO) はかなり間接還元があるが (MnO) はすべて直接還元でありかつ完全に進行するためには高温を必

要とする。Fe-Mn 溶鋳炉では炉床部温度は3100~3200 °Fであるが MnO を完全に還元することはできず Mn 分の6~7%は鋳滓中に入る。溶融金属、溶滓、炉頂ガス、ダストなどによる失熱は Fe-Mn 溶鋳炉では通常の溶鋳炉の約2倍である。炉床部温度が高くかつ Fe-Mn は熱容量が大きい。鋳滓、炉頂ガス量が多く、かつ炉頂ガス温度も高い。冷却水損失、装入物の仮焼などに必要な熱も Fe-Mn 溶鋳炉は生産速度が遅いこと、媒溶剤量の多いことなどにより通常溶鋳炉の約2倍に達する。

通常の溶鋳炉では装入物の降下、反応速度、通気度などが操業上最も重要な要因であるが、Fe-Mn 溶鋳炉の場合炉床部での熱供給速度が最も重要な因子である。このことから、各種の特殊操業の効果を定性的に考察してみると、送風中酸素富化は炉床部への熱供給量が増大し、温度が上昇するため Fe-Mn 溶鋳炉にとっては有利で、酸素含有量を 28.8% にすることにより所要熱量が 21% 低下し、生産速度の向上が得られている。送風中への水分の添加は通常の溶鋳炉では  $H_2O + C \rightarrow H_2 + CO$  により還元能力が増大し好結果が得られているが、炉床温度の低下をもたらすので好ましくない。炉床部への燃料の直接吹込はコークス装入量の低下を生じ Fe-Mn 溶鋳炉でも有利である。焼結その他鋳石の予備処理は通気度の向上、還元速度の促進などで通常の溶鋳炉では相当に有利であるが、Fe-Mn 溶鋳炉では特に有利ではない。

この相違は結局相方での最も重要な因子の異なることによるものである。(河合重徳)

#### 水素—水蒸気混合ガスによる、マグネタイトから鉄、ウスタイトへの還元反応について

(JEAN M. QUETS, MILTON E. WADSWORTH, and JOHN R. LEWIS: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 221 (1961) p. 1186~1193)

磁鉄鋳の還元試験を  $H_2-H_2O$  混合ガスを用いて 450 °C から 900 °C の範囲において行なつた。使用した試料は約 1.5g の焼結した円筒で、直径約 1.2cm, 厚さ 0.25cm のものである。還元試験中の全ガスの流速は 0.5liter/mn である。還元率は試料の減量を Mcbain-balance を用いていることにより求めた。測定値から単位面積あたりの重量減と還元時間との関係をいろいろの温度およびガス組成についてプロットすると、すべて直線関係が得られた。このことは反応生成物が反応を防制するものではない (non protective) ことを示している。またいろいろの温度についてガス組成 ( $P_{H_2O}$  比) と還元率との関係をグラフに示した。実験結果を検討することにより反応は次の三つのケースに分類されることがわかつた。第1のケースは 570 °C 以下におけるマグネタイトから鉄えの還元で、この場合反応経過は、まず水素がマグネタイト表面の酸素と直接反応し、酸素イオンの空孔を形成する。つづいて表面層での空孔の拡散、さらに内部の鉄相との間に鉄の拡散による授受が行われる。この場合ウスタイトの生成が認められたが、これは酸素イオン空孔を有するマグネタイトからの中間生成物によるものである。マグネタイト格子の酸素と、水素ガスとの反応の反応熱は 14,700 Cal/mole である。また鉄の表面拡散のエンタルピーは 5820 Cal/mole である。第2のケースは 570 °C 以上におけるマグネタイト

から鉄えの還元で、この場合はウスタイトがマグネタイトの表面に保護層として生じ、反応速度はウスタイトのそれを示す。水素—ウスタイト間の反応は水素と鉄イオン空孔との反応として説明され、エンタルピーは 3200 Cal/mole であるが、この場合は吸着のエンタルピーも含む。また鉄の表面拡散のエンタルピーは 5820 Cal/mole で、第1のケースと一致している。第3のケースは 570 °C 以上におけるマグネタイトからウスタイトえの還元で、この場合はウスタイトが最終の安定相となり、生成したウスタイトは通気性が良く、non protective であり、マグネタイト表面えの  $H_2$  の接近は可能である。水素とマグネタイト格子中の酸素との反応のエンタルピーは 16,400 Cal/mole で、FeO の表面拡散のエンタルピーは 4330 cal/mole である。(小泉秀雄)

#### 流動還元炉における鉄鋳石の還元速度

(H. P. MEISSNER and F. C. SCHORA: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 221 (1961), p. 1221~1225)

流動還元炉を用いて鉄鋳石のガスによる還元試験を行なつた。使用した鋳石は Sierre Grande, Segre および Cerro Bolivar で、還元ガスは  $CH_4$  を部分燃焼して得られたもので、20.5%  $CO$ , 41%  $H_2$ , 38.5%  $N_2$  の組成をもつ。還元温度は 800 °C 附近である。装置は内径4インチ、高さ9フィートの縦型炉で、ガスの流速は約 3ft/s である。実験は batch 試験と continuous 試験について行なつた。還元率は排ガスの組成を質量分析計によつて分析するとともに炉床の試料を採取して全鉄量と金属鉄量を分析することにより求めた。

#### batch 試験の場合

測定結果は、(鉄と結合した酸素原子の量) ÷ (全鉄原子の量) を  $X$  とし、 $\log X$  の値を還元時間との関係において図示した。一般にこの種の還元試験では、還元過程が2つに区別される。第1期は排ガスが炉床の試料と平衡関係にある時期、第2期は平衡関係をもたない時期で、この時期では  $\log X$  と時間とが直線関係を示す。直線関係は次の式で表わされる。
$$\log X = -\frac{1}{2.3} k \theta + B$$
 .....(1) ここで  $\theta$  は時間、 $k$ ,  $B$  は定数である。鋳石の種類または還元温度を変えて行なつた試験結果を同じく  $\log X$  と時間との関係で図示し、各  $k$  の値は表示した。これらの結果から各種の鋳石について (1) 式が成立することがわかつた。(1) 式を微分することにより  $-\frac{dX}{d\theta} = KX$  が得られ、第2期は1次の反応であることがわかる。

還元試験中に採取した試料について、いろいろの粒度に分けて分析を行なつた結果、粒度の影響はほとんどないことがわかつた。鋳石の大きさは最大が約 3mm 程度である。

#### Continuous 試験の場合

連続試験の場合は試料をあらかじめ  $X_0=0.9$  まで予備還元して行なつた。計算により次の式を導き、 $F$ ,  $W$  の値から  $k$  の値を求めた。 $F X_0 = W k X + F X$  .....(10) ここで  $F$  は1平方フィートあたり1時間に装入される装入量、 $W$  は還元の結果生じた鉄の量を、1平方フィートあたりについて示す。結果から  $k$  の値は batch 試験の

場合と同じであることがわかった。(10)式は次のごとく書き変えられる。

$$X = \frac{F X_0}{\rho L k + F}$$

ここで  $\rho$  は流動床 (Fluid bed) の密度、 $L$  は流動床の深さである。この式から流動床の深さの影響がわかる。(小泉秀雄)

## — 製 鋼 —

### 低硫黄鋼の製造

#### 第1部 製鋼法の開発

#### 第2部 粉末吹込み法を利用した逆転造滓法の工場試験

(Part 1 K. KNAGGS et alii, Part 2 K. KNAGGS and C. ELLIOTT: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 200 (1962) Part 1, p. 4~18)

本論文の1部では、硫黄 (0.01%以下) 水素の非常に低い鋼の製造を目標にして、抵抗炉で溶解した約200kgの溶鋼 (主に低炭、低珪素) に、いろいろの脱硫処理をした結果を報告している。

このために普通とは逆に、溶落直後は還元期を設け、窒素単独が、これにカーバイドを加えて吹込む方法で、脱硫した後、酸化期に移り、酸素を吹込んで還元期に吸収された炭素、窒素、脱酸剤元素や水素を除去している。

炉床としてマグネサイトを使用し、窒素を6~10mn吹込むと、約0.008% S になり、さらにカーバイドを10kg吹込めば3~4mnで0.007% S になった。ドロマイトの炉床では、各処理の脱硫速度はマグネサイトとあまり変わらないが、それ以前の炉床による硫黄吸収が大きいため一定時間後の硫黄量は低かった。酸化期の復硫量も炉床の吸収硫黄が放出されるために、ドロマイトの方が多く約0.015% に達する。しかし、出鋼前にもう一度短時間の還元期を設ければ、急速に脱硫された。なお、両炉床とも、最終の水素、窒素量は相当低かった。

以上の結論として、マグネサイト炉床を用い、スラッグの順序を普通と逆にして、添加物の硫黄量や排滓に注意すれば、低硫黄、低水素鋼ができるが、合金鋼の場合は第二還元期が許されるので、ドロマイト炉床を使えば短時間に硫黄量の非常に低い鋼が得られる。

第2部では、上述の逆転造滓法を4.5tのドロマイト炉床アーク炉に適用した工場試験の結果を報告し、この場合および通常の還元期にも粉末吹込み法が利用できるかどうかを検討した。

窒素だけまたは窒素とカーバイドでは、脱硫効果が低く、12~60 mesh の  $\text{CaC}_2$  (70%) -  $\text{Mg}$  (10%) -  $\text{CaF}_2$  (20%) を吹込んで、 $\text{Mg}$  の蒸発による攪拌と  $\text{CaF}_2$  のスラッグの流動化作用で脱硫を促進した。その一例として  $\text{N}_2$  0.34に0.57 $\text{m}^3/\text{mn}$ 、粉末を60kg吹込むと、4.5mnで0.027% S から0.009% S になった。酸化期の復硫量は、平均0.009% であり大きくないが、この後第二還元期を設ければ、0.01% S 以下の鋼が製造できた。

水素は吹込み中に若干吸収するが、酸化期末以後は2ml/100g を越えなかった。最終窒素量は平均0.008% であつた。

$\text{CaC}_2$  の一部を  $\text{CaO}$  で置換すると、脱硫効果はやや減少し、吹込み中の吸収水素量も増加した。一方、炭素

を含む還元性スラッグの場合は、吹込みによりスラッグと粉末の両方から、最大約0.2%の炭素を吸収する。また吹込みで浴が充分攪拌される時は、不溶性アルミニウム量が相当減少した (約0.002%)。(佐野信雄)

### 直接還元鉄の電炉と平炉による溶解試験

(O. MASI and P. CANNIZZO: J. Iron & Steel Inst (U.K.), 200 (1962) Part 3, p. 199~211)

溶解試験を行なった直接還元法による製鋼原料は R-N ブリケットで、形状は直径100mm長さ60~80mm重量は1個当り2.5~3.5kgで、代表的な化学成分は次の通りである。T.Fe 90.53%, M.Fe 80.25%, C 0.17%,  $\text{H}_2\text{O}$  0.54%,  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  2.86%,  $\text{CaO} + \text{MgO}$  0.81%。

溶解に使った炉は15000kVAのレクトロ式60t塩基性電気炉と、重油と天然ガス混焼 (カロリー比3:7) の50t塩基性平炉である。電炉はダブルスラッグ方式で脱炭には3/4inノズルより純度99.5%以上の酸素を10気圧で送入している。平炉では焼結鉄 (Fe約60%,  $\text{O}_2$ 約2.5%) で脱炭し、製品はリムド鋼である。

電炉の試験溶解はRNブリケットを装入物の20, 35および50%に変えて合計32ch行ない、普通配合の49chと比較検討し、平炉ではRNブリケットを装入材料の30, 40および50%に変化させた試験溶解45chと普通配合の63chを比較した。

装入原料の加炭剤として電炉では無煙炭粉末を用い、平炉では銑鉄を使用した。試験溶解は特に昼間を選んで行なうように計画し、各種のデータを記録し化学分析も通常作業より詳細に行なった。

装入時間は、電炉ではRNの配合量が増加するとともに短縮するが平炉ではRNブリケットが30%の時に最小となりそれ以上ではかえって延長した。

精錬時間は電炉では特に相違ないが平炉では若干短縮した。

溶落時のCの歩留はRNブリケットを配合した場合、一般にいちじるしく低かった。

生産速度 (t/h) は一般に低くなる。

溶解迄のエネルギー消費量は電炉ではRNブリケットの増す程増加するが、平炉では40%までの範囲では差が認められなかった。

石灰の消費量は電炉ではRNブリケットに  $\text{SiO}_2$  量が多いので高かったが、平炉ではほとんど変らなかった。

溶解時のS量は平炉でも低かったが電炉ではさらに顕著であり、Pについてもこの傾向は一層顕著であつた。

出鋼時のS量は一般に低く、不純物が少なかった。

以上のように、RNブリケットは良質な冷装入物であり、歩留と生産性では少く共同質の自家発生屑と同等であるが、出荷、保管、装入準備、装入の容易さ等において優れ、Cuその他の不純物も特に低いので経済的な事情さえ許せば洵に理想的な装入原料と考えられる。

(堀川一男)

### 連続製造鋼塊の凝固状況

(N. M. LAPOTYSHKIN et alii: Stal in English, (1962) No. 1, p. 25~28)

連続製造鋼塊の結晶化速度 (Crystallization rate) を推定する方法として、凝固した鋼塊を切断し、二次樹

枝状晶の軸間距離から計算する方法を採用して珪素鋼、炭素鋼の凝固時の状況を調査した。この方法の正確度については、ラジオアイソトープ  $S^{35}$  を使って実験済である。

St<sub>3</sub> 炭素鋼を 40 t 平炉で熔解し、上広、下広、連続鑄造の 3 種に注入して、結晶化速度を調べた所、連続鑄造の分は、他より 2 倍の速さであった。特に表面から 10 ~ 50mm 附近で差がいちじるしかった。

同様な結果が珪素鋼 (Si=4.2~4.4%) においても見られた。また、注入温度が高いほど、結晶化速度も遅そく、U7 鋼では表面から 30mm の所で、注入温度 1525°C, 1535°C, 1600°C で各々結晶化速度は 2.0, 1.6, 1.4cm/mn であった。二次冷却水の効果は表面から 40 mm 附近の結晶化速度に影響し、鑄造速度は速いと結晶化速度がおそくなる傾向がある。

非金属介在物が結晶化速度と関係があるかどうか調査した所、特に関係はなく、鋼塊の表皮で一番少なく、中心部が一番多いことが分つた。

microhardness を調べた所、表面から内部に向つて次第に硬くなつていくことが分つた。

以上いろいろの調査の結果、一般に、連続鑄造材は、均一性が良いことが分つた。(河野拓夫)

#### 製鋼場の原料バランス

(J. W. IRVIN: Blast Furn. & Steel Plant, 50 (1962) No. 4, p. 337~338)

鉄鋼業への計算機の応用は、溶銑炉操業、線型計画、工場操業のシミュレーション、などいろいろあるが、本稿はその一例として比較的簡単な工場設備計画に対して適用した結果を述べたものである。

最近、KAISER ENGINEERS は、比較的低位品の銑石と一定量の購入スクラップを使用した大規模な製鋼工場を海外に建設することの可否の検討を依頼された。最良の設備を決定するためには生産規模の決定と、与えられた時間内に可能な限り多数の要因の影響を調査する必要があつた。計算機を用いれば、多くの計算が可能になつたのみでなく、計算をチェックする必要がなくなる。

製造方式としては、焼結銑、平炉滓、転炉滓、コークス石灰などを電気製銑炉に入れ、えられた溶銑で鑄型、定盤などの鑄物を作るとともに L-D 炉への装入を行なう。平炉は冷材装入で、購入屑、リターン屑、あまり湯などを装入し、故銑により加炭する。スクラップはすべて平炉に装入し、転炉温度調整には焼結銑を使用する。原料およびリターン屑を含むフローシートの各経路に対し、一連の簡単な式が求められる。技術者がこれらの式を計算機入力用に変換する。この種の式をいろいろと計算機に入れ、(約 6mn 間を要した) 約 11 s で解答がえられた。この計算には、最終製品量、圧延歩留、購入スクラップ量、鑄型消費量、溶解歩留、スラグ Fe% その他数多くの因子を含んでいる。

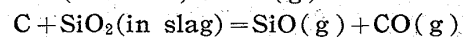
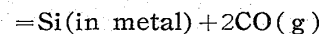
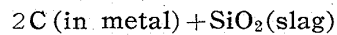
計算機によりえられた結果および需要予測を用いて最適の設備の大きさを選択することができたが、問題が比較的単純な場合でさえもプログラミングコストは割合安価で、解算機の利用は有効で、限られた時間内により完全な傾向を求めることができる。このプログラムは類似の各種の問題に適用可能であり、設備コスト、操業コス

トなど必要とするものへ拡大し、計算することができ(河合重徳)

#### 炭素飽和溶融 Fe-S 合金の脱硫への電流の適用

(M. J. GINSBERG and N. A. GOKCEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 224 (1962), p. 399~400)

OHTANI and GOKCEN による電気化学的脱硫の研究は、その process に関して研究を必要とするいくつかの問題点を残している。この論文では、これらのうち、i) より大きな電流と電圧が、酸性スラグ (%CaO/%SiO<sub>2</sub>≈1) の脱硫能におよぼす影響の実験、ii) 脱硫速度にいちじるしい影響をおよぼすようにスラグ組成が塩基性の側に十分に変わるまで、



上記の反応が進行する際スラグ中の silica 消耗の可能性の 2 点について論じている。装置と操作については OHTANI and Gokcen によつて用いられたものとほぼ同じでただ制御回路だけ 24 vdc から 120 vdc にして電流電圧の値を変えうる。溶銑を入れた陰極として作用する Graphite ルツボは、高さ 3 インチで、電気を接続するためにその底に挿入した直径 3/8 インチ、長さ 8 インチの Graphite 棒を有する内径 1 1/2 インチのものである。これを底に孔のあるマグネシヤルツボに入れ両方のルツボの間に、アルミナの絶縁物を入れる。Charge はあらかじめ Graphite ルツボで溶した電解鉄 180 g で、硫黄の量が分つているものを 1500° ± 15°C に高周波炉で加熱する。溶銑のサンプルは、aspirator に接続した内径 4mm の Silica tube で採取する。S を含まないスラグ 30 g を溶銑表面に添加する。スラグが溶けてから、外径 3/8 インチの Graphite

表 1

スラグ No.	%SiO <sub>2</sub>	%CaO	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V
S-I	59.7	38.2	—	0.64
S-II	45.3	52.8	—	1.17
S-II'	44.9	53.7	—	1.19
S-III'	57.7	31.5	10.7	0.56
S-IV	39.5	48.4	10.3	1.22

棒をアノードとしてスラグに挿入した後電流を通じる。OHTANI and GOKCEN は、すでに次のことを明らかにしている。ごくわずかの電流が、anode-slag-cathode を通して、すなわち、Cathode と metal の間は、Cathode と Graphite ルツボとの間の距離よりも、はるかに短かいので、メタルを通過しないで短絡される。装置は連続的にアルゴンガスで吹きつけられ、酸性スラグを用いて溶解した場合メタル試料を採取し、塩基性スラグに対しては、メタル、スラグ試料は適當の間隔でとられた。結果を表 2 に総括した。

OHTANI and GOKCEN の低電流と低電圧の値と比べて、酸性スラグ、すなわち、V (= %CaO/%SiO<sub>2</sub>) < 1 を用いた溶解においては、電流が 0.1~3 Amp. まで増加した場合に、脱硫速度は増加する。最終的なスラグ分析から slag II' が最初の V ratio から酸性スラグの方

表 2

スラグ No.		Volt	Amp.	$-\frac{d \log \% S}{d t}$
S-I	OHTANI and GOKCEN による研究	10	0.1—0.15	0.0007
S-I	本研究	55	3	0.0023
S-II	OHTANI and GOKCEN による研究	0	0	0.0024
S-II'	本研究	10	3	0.0051
S-III	OHTANI and GOKCEN による研究	15	1	0.00016
S-III	本研究	55	3	0.0010
S-IV	OHTANI and GOKCEN による研究	0	0	0.0038
S-IV	本研究	10	3	0.0051
S-IV	OHTANI and GOKCEN による研究	10	10	0.0093

に、最大 1.72% のずれを示し、slag IV は塩基性スラグの方に、最大 4.93% のずれを示している。いいかえれば、塩基性スラグの V ratio は実をを通じてはほぼ一定である。また S-IV のスラグの  $Al_2O_3$  はほとんど同じ V ratio をもつスラグ(S-II')と比べてみても大きな変化を示さない。実測結果より求めた  $\log \% S$  と Time (mn) のグラフから OHTANI and GOKCEN の結論したように、

- i) 電流の適用は、明らかに脱硫を促進する。
- ii) スラグの V ratio は、silica の還元によつてあまり強くは影響されない。(井上博文)

### — 鑄 造 —

#### カルシウムの接種による鑄鋼の脱硫

D. A. COLLING and P. J. AHEARN: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 200(1962)Part. 3, p. 199~211

砲弾兵器部品の高張力鑄物には 250000 psi の強度を要求されるものがあるが、この場合 3% 以上の伸びがないと早期に使用不能となる。

この種高張力鑄鋼の靱性を向上させるためには S 含有量を極限するのが有効であることはわかっているが、真空溶解しても S は低下しない。原料の S 含有量を低下させることは経済的に有利でない。文献によれば高塩基性のスラグや Ca-Mn-Si の接種が脱硫に効果があると述べられているのでこの研究を行なった。

溶解には塩基性誘導電気炉を使用して 300 lb の鋼を溶解し、塩基性スラグのカバー、Ca の接種およびこれらの組合せを試験した。塩基性スラグのカバーは生石灰と螢石を使用し、Ca 接種は脱酸した溶鋼中に特別の籠を用いて Ca-Mn-Si を浸漬した。Ca-Mn-Si の添加量は重量で 2%、Ca 分として 0.36% である。

鋼種は 4325 と Si をモデファイした 4340 であり、4~8 個のフィンを持つた生砂型に鑄込んだ。S をはじめ各成分の分析を行なうとともにフィンからテストピースを削製し 2200°F × 2h 空冷 (均質化)、1750°F × 2h 空冷 (焼準)、1225°F × 2h 空冷 (焼戻) を行なった後 4325 については

1600°F × 1h 加熱 (オーステナイト化)

1350°F × 1h 水冷 (焼入)

400°F と 600°F で二重焼戻を行ない、4340 は

1600°F × 1h 加熱 (オーステナイト化)

1400°F × 1h 油冷 (焼入)

400°F と 600°F で二重焼戻の熱処理を加えて後に引張および V シャルピー試験を行なった。

分析値から検討した結果によると S は Ca の反応によるものであつてスラグはその貯蔵庫として作用しているに過ぎないようである。S 0.002% 程度のものがえられており S を 0.025% から 0.002% に低下させるのに約 10mn 間を必要とした。酸性耐火物内張りの取鍋を用いても脱硫は起らない。Ca の接種を 2~3 回繰返すと S はいちじるしく低下する。ただし Ca は脱酸剤としても働くので予め Al で脱酸してから Ca の接種をしないと効果は望めない。

機械的性質については S を低めたものは力が高くてもカップ型の破面を呈し十分に靱性が大きく、絞りは 50% 以上、-40°F の衝撃値は約 45% 向上していた。

(堀川一男)

### — 性 質 —

室温で外部からの水素の影響による鋼の白点状欠陥 (Fischaugen) の発生 (W. HOFMEN u. W. RAULS: Arch. Eisenhüttenw., 32 (1961) Heft. 3 p. 169~171)

水素を含む鋼材を引張試験にかけると白点状欠陥 (Fischaugen) が現われる。これは初めから存在していたと思われる小孔の周囲に丸く認められるもろい破面であつて、水素を含む鋼材が一定の貯蔵期間後に塑性変形される場合にのみ現われるものである。著者はこの Fischaugen 発生の原因をしらべるために、焼準した 0.22% C の非合金鋼 Ck 22 からつくつた直径 6mm の試験片について 150 気圧までの水素中ならびに 100 気圧のアルゴン中で引張試験を行なった。弾性変形の領域では平均 0.5 kg/mm<sup>2</sup>、S の応力速度で、また塑性領域では平均 1.75 mm/mn の引張速度で行ない、7~8mn で破断した。大気中での引張試験では抗張力 49.8 kg/mm<sup>2</sup>、弾性限 29.6 kg/mm<sup>2</sup>、伸び ( $L_0=5d_0$ ) 35%、絞り 63% で、普通の破断の様相を示すが、100 気圧の水素中で試験すると塑性変形が少なく、大きな crack が一面に現われて、伸び 30% は弱に、絞りは 35% 程度に減少する。その破面は亀裂が表面から発生し、内部では魚の目のような形を呈する。10, 20, 50 および 150 気圧の水素中で同様に試験すると、伸び、絞りの明らかな減少は 10 気圧でもすでに認められ、表面から約 0.5mm の深さのキラキラした環状に Fischaugen が連つて現われ、試験片の内部は粘性破面を呈す。150 気圧ではこの Fischaugen は試験片の中心にまで拡がる。一方 100 気圧のアルゴン中での試験では伸び、絞りともに大気中のときと変わらない。また 1 気圧の水素中でも水素脆化の明瞭な兆候が認められた。さらに変形速度の影響もしらべたが、150 気圧の場合は変形速度の増加とともに水素脆化は減少した。

これらの結果から、室温における引張試験中の水素による鋼の脆化は分子状水素によるものであるとしている。すなわち、塑性変形によつて鋼表面に生ずる新しい面上で水素分子は解離し、水素原子の形で鉄の結晶格子中に吸収溶解され、この水素原子の過飽和固溶が crack 形成の原因となるのであつて、水素原子の一部は試験片内部の小孔中に離脱して分子状水素となり、その圧力によつて小孔周辺に crack を生ずると著者は考えているようである。(角間 孜)