

抄 録

— 耐 火 物 —

アルミナセラミックス

(F. H. ALDRED: Trans. Brit. Ceram. Soc., 61 (1962) 11, p. 705~723)

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックスは 80% 以上の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を含有し、密な組織の不透過性のセラミックスである。その性質の優良性から耐火物として使用されると同様に機械、電気、電子、核部門に使われている。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の出発原料はボーキサイト中の 3 水和物ギブサイトや 1 水和物のペーサイト、ダイアスポアなどである。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は Bayer 法によりそれらを仮焼してえられる。仮焼の仕方により  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (低温の時)  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1250°C 以上),  $\beta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などがえられる。不透過性の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をえるためには 1800°C の高温で焼成することが望ましい。この時収縮が大きくまた結晶が成長し物理的性質を害しやすい。そこで結晶の大きさを制御するために MgF<sub>2</sub> をわずかに加えることが行なわれる。このようにして良く焼かれた Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックスは気孔率が低く細かいきめを持ち磨耗抵抗が大きいなどの性質を持つ。次にこれらの物理的性質、電気的性質を表に示す。また高温におけるクリープ抵抗を見るとそれは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量によるようである。

最後に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックスの応用部門について述べて見よう。

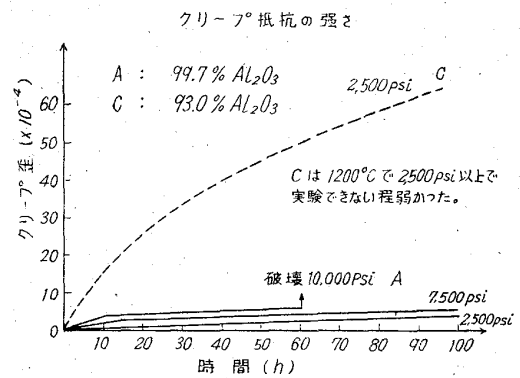
〔耐火物〕 96% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 以上のルツボ炉心管パイロメータのさやこれらは 1950°C 位迄使用され収縮はほとんどないが、いくらかの変形がクリープや結晶生長により

おきている。高純度 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は希金属熱電対と共に用いられる。

〔機械〕 織物工業での糸のガイドに使われてきた。磨減抵抗、寸法安定性、多くの腐蝕性環境で耐える能力でポンプベアリング、色々の型のノズル、研磨材料、裁断機の先端部分などにも使われている。

〔化学〕 その耐蝕性を利用して化学方面へ用いられている。核放射線の放射にかなり安定で中性子吸収係数の低いことから原子炉に利用されようとしている。

〔電気および電子方面〕 高周波装置に利用され、高温にて高真空にたえるものとして利用され始めてきた。またこれは金属と接合させられねばならず 85~90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 域のものが最も良い。高周波装置がだす放射の“窓”として用いられる。またミサイルの指揮系で電子磁気線を伝導するに必要なミサイルのノースコーンに用いられて



| 物理的性質                                       | Grade             |         |                  |                    |                 |                   |      |
|---|-------------------|---------|------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------|
|   | A                 | B       | C                | D                  | E               | F                 | G    |
| アルミナ (%)                                    | 99.7              | 99.5+   | 93.0             | 95                 | 86.5            | 98                | 99   |
| 比重 (g/cm <sup>3</sup> )                     | 3.78              | 3.7/3.9 | 3.72             | 3.72               | 3.45            | 3.8               | 3.9  |
| 破壊係数 (16/in <sup>2</sup> ×10 <sup>3</sup> ) | 34                | —       | 48               | 63                 | 46              | 62                | 59   |
| 圧縮強さ (16/in <sup>2</sup> ×10 <sup>4</sup> ) | 28                | 43      | 24               | 32                 | 23              | 42                | 30+  |
| 弾性率 (16/in <sup>2</sup> ×10 <sup>6</sup> )  | 41                | —       | 47               | 47                 | 31              | —                 | 50   |
| 熱膨張係数 (10 <sup>-6</sup> /°C) 20°~1000°C     | 8.1               | 8.3     | 8.1              | 7.9                | 8.2             | 9.0               | 9.2  |
| 中性子吸収係数 (mm <sup>2</sup> /g)                | 0.27              | —       | 0.32             | 0.30               | —               | —                 | —    |
| 最大使用温度 (°C)                                 | 1950              | 1900    | 1400             | 1450               | 1500            | 1600              | 1725 |
| 電気的性質                                       |                   |         |                  |                    |                 |                   |      |
| 誘電性の強さ (kVcm)                               | 500               | —       | 480              | —                  | >500            | 300               | 330  |
| 誘電定数 (室温) 10 <sup>6</sup> cycles            | 9                 | —       | 9.6              | 9.4                | 11.3            | 9.4               | 9.35 |
| 10 <sup>10</sup> cycles                     | 10                | —       | 9.2              | 9.3                | —               | 9.2               | 9.3  |
| 力率? (Power factor) × 10 <sup>4</sup>        | —                 | —       | —                | —                  | —               | —                 | —    |
| 室温 { 10 <sup>6</sup> cycles                 | 15                | —       | 6                | 8                  | 8               | 3                 | 15   |
| { 10 <sup>10</sup> cycles                   | 20                | —       | 7                | —                  | 14              | 8                 | —    |
| 固有抵抗 (Ohm cm) 室温                            | >10 <sup>15</sup> | —       | 10 <sup>16</sup> | 5×10 <sup>11</sup> | —               | >10 <sup>14</sup> | —    |
| 1000°C                                      | 10 <sup>7</sup>   | —       | —                | —                  | 10 <sup>5</sup> | —                 | —    |

いる。(図13, 表17, 文献8) (斎藤進六, 沖川伸司)  
 連続厚板再加熱炉の天井の高アルミナ質レンガ  
 (G. M. WORKMAN: Trans. Brit. Ceram. Soc.,  
 61 (1962) 11, p. 753~772)

再加熱炉天井の耐火物の使用状態がのべられている。  
 $Al_2O_3-SiO_2$  系の7種の試験用の厚板, すなわち2つの  
 耐火レンガ, 5つの高アルミナ質レンガ, が upper-  
 tonnage-roof の target area におかれた。それらの  
 結果からレンガは①6カ月以下の寿命しかないA, B,  
 ②6カ月から14カ月迄のC, D③2年またはそれ以上の  
 E, F, G の3種の群に分けられる。但しAは38%  
 $Al_2O_3$  の粘土質耐火レンガ, Bは42%  $Al_2O_3$  のスコ  
 ッランド産粘土質耐火レンガ, Cはスコットランド産耐  
 火粘土にポーキサイトを加えたアルミナレンガ, Dはア  
 ンダルサイトから作られた53%  $Al_2O_3$  レンガ, Eは  
 57%  $Al_2O_3$  のシリマナイトレンガ, Fは62%  $Al_2O_3$   
 のシリマナイトレンガ, Gは160°C以上の高温で焼か  
 れたポーキサイト粒を用いた61%  $Al_2O_3$  レンガであ

る。それらの結果をまとめると第1表のようである。  
 以上のようなことから, 高温に維持された空気の供給  
 が不十分なため起る還元雰囲気, またまれに温度の急  
 激な変化が起るような操業状態で高アルミナ耐火物を使  
 用するには次の性質が望ましいことが分つた。(1) 酸化  
 性還元性の両雰囲気内で優良な体積安定性を持つこと。  
 1650°C~1700°Cに於ける体積安定性を知ることが大切  
 である。(2) 熱衝撃に対して抵抗性のあること。この性  
 質はレンガ内にガラス生成の傾向によるものと思われ次  
 のような組成が望ましい。(i) 鉄酸化物の含有量が少な  
 いこと。これは還元雰囲気内での体積安定性にもまた重  
 要である。(ii) アルカリ含有量の少ないこと。(iii) アル  
 ミナ含有量の多いこと。(3) 次のような実験を更にする  
 ことが望ましい。(i) いろいろの高アルミナ質レンガに  
 ついて更に多く実験すること。(ii) 急冷時の高アルミナ  
 レンガのスポーリングの性質の研究, (iii) 張力による高  
 アルミナレンガの強度の研究。(図12 表6)

(斎藤進六, 沖川伸司)

第 1 表

|   | 使用中の状態          |                 |                           |                             |                           |                           |                           |
|---|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | 悪 い             |                 | 中 間                       |                             | 非 常 に 良 い                 |                           |                           |
|   | 3~4カ月           | 4~6カ月           | 6~9カ月                     | 10~14カ月                     | 期待した寿命2年<br>又はそれ以上        |                           |                           |
| 符 号<br>材 質<br>アルミナ含有%                                     | A<br>耐火粘土<br>38 | B<br>耐火粘土<br>42 | C<br>ポ ー キ<br>サ イ ト<br>50 | D<br>ア シ ダ ル<br>サ イ ト<br>53 | E<br>シ リ マ<br>ナ イ ト<br>57 | F<br>シ リ マ<br>ナ イ ト<br>62 | G<br>ポ ー キ<br>サ イ ト<br>61 |
| 化 学 分 析 %   | A               | B               | C                         | D                           | E                         | F                         | G                         |
| SiO <sub>2</sub>  | 53.4            | 50.0            | 42.6                      | 40.5                        | 38.4                      | 34.1                      | 33.4                      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                            | 37.6            | 42.4            | 50.3                      | 53.1                        | 57.3                      | 61.7                      | 61.1                      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                            | 4.6             | 4.1             | 3.36                      | 3.0                         | 1.4                       | 1.0                       | 1.3                       |
| CaO   | 1.0             | 0.74            | 0.85                      | 0.6                         | 0.5                       | 0.9                       | 1.0                       |
| MgO   | 0.51            | 0.51            | 0.50                      | 0.7                         | 0.4                       | 0.6                       | 1.0                       |
| K <sub>2</sub> O  | 1.03            | 0.44            | 0.43                      | 0.71                        | 0.44                      | 0.43                      | 0.73                      |
| Na <sub>2</sub> O   | 0.12            | 0.09            | 0.16                      | 0.15                        | 0.32                      | 0.13                      | 0.12                      |
| TiO <sub>2</sub>  | 1.1             | 1.0             | 1.18                      | 0.60                        | 1.3                       | 1.3                       | 1.5                       |
| 見掛気孔率 (%)   | 26.8            | 24.9            | 22.5                      | 18.3                        | 19.3                      | 23.9                      | 23.4                      |
| かさ比重 (g/ml)   | 1.95            | 1.95            | 2.17                      | 2.32                        | 2.43                      | 2.22                      | 2.20                      |
| 見掛比重  | 2.66            | 2.61            | 2.81                      | 2.84                        | 3.00                      | 2.93                      | 2.87                      |
| 荷重軟化<br>(28 lb/in <sup>2</sup> 下の5%減少)                    | 1420°C          | 1500°C          | 1630°C                    | 1570°C                      | 1630°C                    | 1670°C                    | 1640°C                    |
| 体積安定性. 酸化雰囲気  | %               | %               | %                         | %                           | %                         | %                         | %                         |
| 1500°C 2時間  | +5.7            | -0.51           | 無                         | -0.04                       | -0.04                     | -0.03                     | 無                         |
| 1500°C 12時間   | -0.62           | -0.45           | +0.15                     | -0.04                       | -0.02                     | -0.04                     | 無                         |
| 1500°C 24時間 ①   | +4.5            | -1.39           | +0.28                     | -0.14                       | -0.13                     | -0.15                     | -0.05                     |
| 1650°C 2時間 ②  | こわれた            | -1.55           | +0.16                     | -0.18                       | -0.15                     | -0.14                     | +0.27                     |
| 1700°C 2時間 ③  | 実験されなかつた        | こわれた            | -1.89                     | -0.60                       | +0.19                     | +0.28                     | +0.20                     |
| 還元雰囲気(炉中にCO15%含)  |                 |                 |                           |                             |                           |                           |                           |
| 1500°C 2時間  | +5.34           | -0.88           | +0.10                     | -0.07                       | -0.05                     | -0.05                     | +0.10                     |
| 1500°C 12時間 ④   | -2.57           | -1.85           | -0.60                     | -0.62                       | -0.47                     | -0.48                     | -0.25                     |
| 熱衝撃抵抗0~1000°C 10分間隔<br>最初にクラックが生ずりかえ<br>す数(3×3×2inch-試験片) | 7               | 9               | 12                        | 30+                         | 30+                       | 30+                       | 30+                       |
| 加熱後 ①   | 1               | 2               | 14                        | 30+                         | 30+                       | 30+                       | 30+                       |
| ②   | 実験されなかつた        | 2               | 6                         | 23                          | 30+                       | 23                        | 30+                       |
| ③   | 実験されなかつた        | 1               | 10                        | 11                          | 21                        | 15                        | 22                        |
| ④   | 1               | 4               | 5                         | 30+                         | 30+                       | 30+                       | 30+                       |

### 塩基性耐火物の高温焼成

(M. L. VAN DRESSER and W. H. BOYER: J. Am. Ceram. Soc., 46 (1963) 6, p. 257~264)

23%, 28%, 50%, 65% フィリピンクロム鉄鉱と、純度 96~93% MgO (海水マグネシアクリンカー) 34~77% 含有耐火物組成を基本とし、フォルステライトなどの珪酸塩ボンドのために微粉 SiO<sub>2</sub> を添加するか、スピネルボンドを発達させるために微粉 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加し、MgSO<sub>4</sub>, CrO<sub>3</sub>, 硫酸リグリン液などを給合材として成形し、1% の過剰酸素存在下に 1400~2000°C において焼成した。

多数の不焼耐火物、焼成耐火物の 900~1400°C 間の熱間曲げ強さ、酸化鉄によるバースチング、クリープ特性、熱間荷重、顕微鏡による観察結果などについて述べた。

5% SiO<sub>2</sub> を含むもの、3.8% SiO<sub>2</sub> を含むものの 1260°C における曲げ強さは、5% SiO<sub>2</sub> の場合 1800°C 焼成に極大点があり、3.8% の場合には 1600~1700°C 焼成物から急激に強くなる。これを顕微鏡観察すると、1600°C 以下では再結晶化がおそく、珪酸塩—クロムスピネル粒のボンドが発達するが、1700°C 以上に焼成すると、クロムスピネル粒—ペリクレスボンドが発達し強固になる。不焼耐火物は温度上昇につれて強度は弱くなり、1400°C 焼成物は 1000°C 位から急激に弱くなる。1600°C 焼成物は 1200°C 位から急激に弱くなる。1700°C 焼成物は 1200°C 位に曲げ強さの極大があり、その強さは 1200°C においてそれぞれ 400:900:1500:3300 psi である。曲げ強さ—温度曲線において、1400°C 焼成物と 1600°C 焼成物は 1100°C より少し低い温度で交叉し、1400°C 焼成物と 150°C 乾燥物とは約 1360°C において交叉する。

1700°C に焼成した場合、950~1400°C の熱間曲げ強さは、28% クロム鉄鉱含有物が一番弱く、23% クロム鉄鉱含有物が一番弱く、23% クロム鉄鉱含有物が中間に、65% クロム鉄鉱含有物が一番強い。これは構成構物の焼結、あるいは再結晶化の度合によるのだろう。

スピネルボンドとフォルステライトボンドの差を熱間曲げ強さでみると、スピネルボンドの方が強い。バースチング膨張は耐火物の焼成温度が高くなると小さくなり、また SiO<sub>2</sub> 含有量が多くなるとバースチング膨張は小さくなる。1400°C 25 psi 下においてはクロム鉄鉱含有量が増加するか、あるいは焼成温度が高くなると変形量は少なくなる。(図14 文献4) (宗宮重行)

## — 製 銑 —

### 溶鋸炉制御へのデジタル計算機の応用

(F. A. FAZZALARI & J. S. KAPITAN: Blast Furn. & Steel Plant, 51 (1963) 5, p. 345~356)

1920 年代には溶鋸炉出銑量は平均して 1 日 350 t であつたが、最近では 3000 t/day を計画しても不合理ではない程度になつてきているが、操業方法は次第に難かしくなつてきている。Inland Steel と IBM は共同でデジタル計算機の溶鋸炉操業への応用を検討してきた。計算機によりデータを解析し、適当な操業上の指針を与えることを目的としている。現在のプログラムでは、熱精算の他

に炭素バランス、水素バランス、絶対炉頂温度、炉頂ガス流量、生産量、コークス比、シャフト効率などの瞬時値、熱交換状態などを計算し、衝風温度最適値の計算を行なう。

操業時諸因子をできるだけ早く知る必要があるが、そのために付加的な計装設備を必要とするものがいくつかある。例えば装入物の重量、炉内圧、冷却水関係、炉頂ガス分析値、鋸滓温度などである。現在計算機に対する入力信号は全部で 30 種類になる。装入物重量は、スキップ巻揚機所要動力から求め、炉頂ガス湿分は露点計により、炉内圧はダイヤフラムチャンバーを用い、炉頂ガス成分は赤外線、熱伝導度を用いて分析し、信号に変換され、計算機に入力される。入力信号はアナログ—デジタル変換器を経て IBM 1710 のデータ処理装置に伝わる。現在は炭素バランスなど 6 通りの計算が実施されている。

炭素バランスはシャフト効率(間接還元率)を求めめるために行なう。間接還元率は実測困難な鋸石の被還元性固相—気相反応状況などの目やすになる。

水素バランスは装入物中水分の定量および水性ガス反応の状況を知るために必要である。絶対炉頂温度は、装入物中の水分を蒸発させる以前の炉頂ガス温度で、この値の方が通常の炉頂温度よりも炉況を良く示している。前記の装入物中水分を計算してあれば、この蒸発に必要な熱量から温度を計算することができる。理論燃焼帯温度は、熱風温度、送風量、湿分、ガス、酸素など添加量、酸素純度、天然ガス分析値などを知れば、幾つかの仮定を置いた上で、理論的に計算される最高温度である。これも炉況判断に役立つ。

ある種のデータは連続的には入手困難なものがあるが他のデータから、その瞬時値が計算できる。例えば炉頂ガス量、生産量、コークス比、シャフト効率などの瞬時値が計算される。

溶鋸炉操業には制御の困難な要因があるが、その変動を補償するためには、熱風温度を調整すると良い。送風中湿分、コークス中の水分、冷却水損失、間接還元率などの変動に応じ、最適送風温度を計算することができる。

現在はこの程度の計算を実施しているが、さらに原価低減、生産量の増大、設備費低減に役立たせるため、いろいろの計算プログラムを検討中である。(河合重徳)

### 溶鋸炉への石炭の吹込

(J. H. STRASSBURGER: Blast Furn. & Steel Plant, 51 (1963) 6, p. 447~457)

コークスは長期にわたり溶鋸炉用主要燃料であつたが、最近では、コークス炉でコークスを作り、炉頂から装入、羽口前で燃焼させる代りに、石炭を直接羽口へ吹込む方法が採用されるようになり、National Steel でも Hanna 製鉄所でこれについての試験を行なつた。

National Steel では送風除湿、天然ガス吹込、酸素、水蒸気添加などを試験、採用して好成績を挙げている。これらに続き石炭吹込の実験を行なうことにし、地理的条件、経済的条件などから Hanna で実施することにした。使用炉は炉床径 16 ft 1 in, 内容積 16,370 ft<sup>3</sup>, 羽口 8 カ所、熱風炉 4 基、最高衝風温度 1500~1600°F,

送風量 27,000~39,000 ft<sup>3</sup>/mn の第2高炉である。

石炭吹込に必要な設備は、石炭処理装置、貯蔵槽、吹込用タンク、吹込用配管、吹込用ランスなどである。

石炭は衝撃式破砕機で破砕され、篩分け後 1/8 in 以下または 3/16 in 以下の粒度のもののみ貯蔵槽に貯えられる。ここから吹込タンクに運ばれ、さらに羽口へ輸送されるが、タンクは2基あり、偶数番羽口と奇数番羽口とにそれぞれ接続されている。輸送は空気輸送を行なっている。配管は 1/2 in 鋼管、ゴムホース、ポリビニール、ナイロンなどいろいろのものを試験したが、最後には 3/4", 1" の肉厚鋼管、特殊鋼管などを採用することになった。吹込用ランスも4種につきテストを行ない、ブローパイプに孔を明け、羽口先端から 30 in の中心線上に挿入する方法が最良であることを認めた。

石炭吹込量は、輸送空気量および圧力差で決定される。吹込量は圧力によつて調整することにした。使用した石炭は4種類であるが、水分含有量、輸送時の粉化に注意を要する。

石炭吹込は、ガス、液体燃料吹込などに比べ面倒で、パイプ内での閉塞、電気系での故障などの事故があり、またソレノイドバルブの使用が不可能であつた。炉況は極端な量を吹込まなければ問題ないようである。試験期間の類似の条件での比較を行なうと第1期には 1.13 lb の石炭が、第2期では 1.06 lb の石炭がそれぞれ 1 lb のコークスを置換している。石炭吹込時には、空気中湿分の低下、高温衝風の際に良好な結果が得られた。酸素富化を併用すればさらに良好な結果が得られよう。

この結果に基づき、大型高炉でも実用すべく現在設備中である。

(河合重徳)

## —製 鋼—

### 減圧下における溶鉄の脱ガス反応速度 第1報 気相、液相間の水素と窒素の物質移動

(H. KNÜPPEL u. F. DETERS: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962) Heft. 11, p. 729~736)

この論文は減圧下における溶鉄の脱ガス速度に関して研究したものである。反応の律速段階は溶鉄中の物質の拡散と考え、Ficksの第1法則を用いて次の式を導出した。

$$2.3 \lg \frac{P_s - P}{P_s - P_0} = -\frac{F}{V} k t$$

ここで  $P_s$ : 平衡状態での圧力

$P$ : 時間  $t$  における圧力

$P_0$ : 反応開始時の圧力

$F$ : 有効脱ガス反応面積

$V$ : 溶鉄の容積

$k (=D/\delta)$ : 物質移動係数

である。

まず脱水素の実験においては、アルミナおよびマグネシアるつばを用い 10kg-真空高周波炉で溶融し、一定体積における反応ガスの圧力増加を測定する。これより物質移動係数  $k$  を求めると、次のようである。

$$k_H = 91 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1600}^\circ\text{C, 脱ガス)}$$

となり、アルミナおよびマグネシアるつばの両測定値がよい一致を示した。

次に窒素ガスの測定実験において、溶融マグネシアるつばを用い前記真空高周波炉により溶融し、窒素分析試料を吸上げ採取する方法で実験を行なつた。分析試料吸上げに際して、アルミニウムで窒素を固定している。これより求めた物質移動係数は、次のようである。

$$k_N = 14.5 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1600}^\circ\text{C, 吸収)}$$

$$k_N = 14.8 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1600}^\circ\text{C, 脱ガス)}$$

$$k_N = 17.3 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1700}^\circ\text{C, 吸収)}$$

これを前記  $k_H$  と比較すると 1/6 である。

更に高周波誘導における溶鉄の運動条件より流体力学的に物質の移動係数  $k$  を求め、測定値と比較しかなりよく一致することを示した。(坂尾 弘)

### 減圧下における溶鉄の脱ガス反応速度 第2報 CO 反応と多数のガスの同時除去

(H. KNÜPPEL u. F. OETERS: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962) Heft. 11, p. 736~743)

この論文は、第1報に引き続いて減圧下における溶鉄の反応脱ガス速度に関して研究したものである。

CO ガスの溶鉄からの脱ガス速度の測定実験においては、第1報の水素の場合と同様、純アルミナるつばを用い、10kg-真空高周波炉で溶融し、一定体積における脱CO ガスの圧力増加を測定する。この測定値より酸素の物質移動係数  $k$  は次のようである。

$$k_0 = 45.5 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1600}^\circ\text{C, 脱ガス)}$$

この値が溶鉄の酸素濃度が無視される時、溶鉄からのCOの脱ガス反応速度を決める。溶鉄の酸素濃度が増加すると、COの有効な物質移動係数は小さくなり 0.053% O<sub>2</sub> で次のようになる。

$$k_{\text{eff.}} = 14 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (1600}^\circ\text{C, 脱ガス)}$$

この現象は、窒素の場合に考えられた如く、相境界での酸素による炭素の拡散の妨害と考えることが出来る。

次に気泡が発生している状態で、多数のガスが同時に除去される際に関係式を求め、一方のガスの時間的脱ガス挙動が求められれば、他方のガスの脱ガス挙動が推定出来るようになった。この計算値と実験値との比較は、酸素が80%除去された時の水素と窒素の濃度で行ない、両者のよい一致を示した。(坂尾弘)

### MnO および SiO<sub>2</sub> の存在での溶鉄と CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-FeOn 系 slag との平衡

(G. TRÖMEL u. W. FIX: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962) Heft. 11, p. 745~755)

この論文は CaO あるいは 4CaO·P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を飽和した FeOn-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 系 slag に SiO<sub>2</sub> や MnO を添加した場合、溶鉄-slag 間の平衡を 1600°C で研究したものである。

実験は、CaO と 4CaO·P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> とから作製したるつば中にアームコ鉄と予じめ sinter した slag を入れ、1600°C で 1h 保持し平衡に達せしめる。その後銅鑄型に鑄込み、化学分析によつて slag および metal の組成を求める。

平衡関係を求めるに先だつて、本実験および諸家による実験値から FeOn-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SiO<sub>2</sub> 系および FeOn-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-MnO 系の 1600°C における 4 元状態図を作り、この状態図より次のことを示した、SiO<sub>2</sub> が slag に添加されるにつれ、CaO 溶解度を増し、4CaO·P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の飽

和範囲が著しく減少し、 $\text{SiO}_2$ が2%に達するとCaO飽和面だけになる。CaO飽和面はCaOと $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 固溶体との2重飽和溶解度線まで存在し、この曲線は7%  $\text{SiO}_2$  ( $\text{FeO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系側)と2.5%  $\text{SiO}_2$  ( $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ 系側)との間を結んでいる。これに対してMnOが添加されるとCaO-MnO-FeO固溶体および $4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ の溶解度を減少させるが、 $4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ の飽和面はあまり狭められない。 $4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ の飽和面は7% MnOまでで、それ以上MnO濃度が増すとCaO-MnO-FeO固溶体となり、実験範囲の15% MnOまで存在する。

次にslagとmetal間の平衡におよぼす $\text{SiO}_2$ およびMnOの影響を知るため、slag中のFeO濃度による溶鉄中の酸素と燐の挙動およびslag中の $\text{P}_2\text{O}_5$ 濃度による溶鉄中の燐の挙動を調べた。まず $\text{SiO}_2$ を添加したslagにおいては、FeOが20%以上、 $\text{P}_2\text{O}_5$ が20%以下では $\text{SiO}_2$ の影響がみられず、この時slagはCaOを飽和している。またFeOが20%以下、 $\text{P}_2\text{O}_5$ が20%以上になると溶鉄中の燐濃度は上昇し、酸素濃度は減少する。この場合slag中の $\text{SiO}_2$ 濃度が2%以下では $4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ が飽和し、2%を越えるとCaOが飽和する。さらに $\text{SiO}_2$ を添加し約2.5%以上になると $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5-2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ の固溶体が飽和して脱燐には不利の条件になることなどを示した。次にslagにMnOを添加した場合は、著しく脱燐に不利な条件となるが、これはMnOを含むslagにおいてはCaO-MnO-FeOの固溶体生成によるCaOの活量の低下と、MnOの添加によるCaOの溶解度の減少とで説明した。

(坂尾 弘)

#### ユジノール、ダンケルク工場の転炉ガス捕収装置

(M. DELAIRE: Circulaire d'informations techniques, (1963) 20, p. 1525~1528)

ユジノール、ダンケルク工場のOLP転炉は、ガス非燃焼回収装置をつけており、このガスは、2,300 kcal/ $\text{Nm}^3$ の熱量を有する。

同回収装置は、ウオータージャケット、低圧ボイラー、条件塔(ガスの温度を必要迄下げる)バイパス、噴霧水室、ソリボール洗浄器、排風機、煙突、より成る。ダンケルクのガスは、52,000  $\text{Nm}^3/\text{h}$ で、1600°Cであり、フード内には、10%のCOが存在する。

転炉ガスの温度分布は、転炉体内1600°C、フード内1630°Cボイラー内1410°C、条件塔1290°C噴霧水の出口60°C排風機50°Cである。

操業の一般特性は、次の通りである。炉容量125tガス流量(時間当り)52,000  $\text{Nm}^3$ 、チャージ当り捕収ガス、8800  $\text{Nm}^3$ 、装置のチャージロス、400mm水柱、水量12t/チャージ粗ガス中のダスト、120-130g/ $\text{Nm}^3$ 洗浄ガス中のダスト、100mg/ $\text{Nm}^3$ 、

ダンケルクには、3つの転炉が備えつけられる予定であるが、既設の2つは移動スリーブ付だが、第3号転炉には、これがなく、フード、と炉体の間には何もない。いわゆる“開放”型、転炉である。(瀧岡正彦)

## — 鑄 造 —

### 連続鑄造の役割の変化

(ARTHUR C. RAE: Blast Furn. & Steel Plant, 51 (1963) 7, p. 556~561)

世界各地で多数の連続鑄造設備が稼働、建設あるいは計画中であるが、本稿はこの方法の技術的状況、工業的意義を、Atlas, Wellandの設備について述べたものである。

Atlas製鋼は工具鋼、高速度鋼、ステンレス鋼などの棒鋼を製造し板の製造はわずかであった。その後18in巾の板に相当の需要が予想されたが、スラッピングミルでは生産量が過大であり、設備費、歩留向上などの点からステンレス鋼、合金鋼のスラブ、ビレットの連続鑄造設備を設置した。設置後現在までにいろいろ大巾な改造を行なつたが、特に冷却水流量制御が予期以上に重要であった。現在ステンレス鋼、耐熱鋼スラブは問題なく鑄造しているが、合金鋼小型ビレット(4 $\frac{1}{2}$ ~5in  $\phi$ )は30tの溶鋼の注入が困難であり、一方大型(6~12in  $\phi$ )ビレットは注入可能であるが、直接、仕上ロールに使用できず利点が少ない。この目的の設備であれば経済的になると考えられる。今後は溶解工場の計画通りの稼働、鑄型などの短時間内での交換、同時に1コ以上の取鍋を処理する方法などが検討の対象となろう。

1956年にAtlasとInland Steelは、既存平炉工場に設置し、低炭素リムド、セミキルド、キルド鋼を年間500,000t鑄造するための設備を共同研究した。これらの鋼種を対象にする場合には、操業条件、脱酸条件などを細密に調整する必要があり、かつ製品の非金属介在物、偏析などに注意する必要があつた。

Atlasは、現在Quebecに、特にステンレス鋼板用に設計した大規模な設備を建設中である。この工場では既設の設備による制限がないため、自由に連続鑄造設備の計画を行なうことができた。この設備では鋼塊鑄造はわずかの能力を有するのみである。溶鋼の連続鑄造設備への供給、タンデイッシュの交換、取鍋の取扱などに新しい方法を採用し、操業を中断する回数を減らしている。

このような設備と十分な溶解能力を結合するならば、炭素鋼スラブ鑄造においても非常に大きな利点がえられよう。すでに各地で実施されており、品質上、生産上の諸問題は解決されつつあり、今後の発展が期待される。

(河合重徳)

## — 加 工 —

### 銜合せ圧接した軟鋼の疲労特性

(A. PLUMTREE and E. HOLMES: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 201 (1963) 5, p. 422~427)

米国では酸素・テセチレンガス焰加熱による軟鋼の圧接が工業規模で広範に利用されている。圧接材の良否は普通引張試験の結果で判定しているが、疲労特性を問題にするときにも引張特性を対象として決定した操作条件がそのまま最適条件としてあてはまるかどうか確認しておく必要がある。

試験材には5/8in  $\phi$ の冷間引抜鋼棒(C 0.20, Mn 0.54, Si 0.29)を用い、1/2in  $\phi$ ×1/2inの接合部を

削製し、接合面をトリクロールエチレンで脱脂しさらにエメリー紙で研磨した。

研磨後 3mm 以内に 6本のジェット式リングバーナーで加熱した。弱還元焰で約 5mm で圧接温度に昇温しさらに 5mm 間加熱保持した後 9 t/in<sup>2</sup> の圧力を加えて圧接した。圧接時の変形度を次式により計算した。

$$\frac{\text{最終面積} - \text{最初の面積}}{\text{最終面積}} (\%)$$

接合部附近を顕微鏡で観察した処、丁度軟鋼の溶接熱影響部の組織によく似ていたが、いちじるしい組大粒は認められなかつた。酸化物など異物の混在は接合部外縁より 2mm 以内に限られていたが、清浄処理をしない場合は全域にわたり存在していた

引張試験を行なつた結果引張強さ (t/in<sup>2</sup>) は素材 37.8 ~ 39.2, 850°C 1h 焼準材 28.2 ~ 28.9 に対し圧接材は 29.5 ~ 31.4 を示した。首尾よく圧接された試片はいづれも圧接部から 1/2 in 離れた最軟化部で破断していた。疲労試験片は接合面から 3/16 in 離れた位置で破断したが、接合面を予め清浄にしなかつた場合は接合面で破断した。

疲労試験を行なう前に試験片の調製を機械削で行なつた場合と電解研磨した場合を比較したが、後者の方が再現性に優れていたので疲労試験片はすべて電解研磨した。1本の試験片で疲労特性を判定するため推定疲労限より若干高い特定の応力レベルで試験し破壊までの時間で比較することにした。試験応力としては  $\pm 17\frac{1}{4}$  t/in<sup>2</sup> を採つた。

まづ加熱温度と疲労特性の関係を試験した。温度が高いと疲労特性が低下し、その相関係数は -0.71 であることが判つた。この理由としてはウイドマン組織が高温に加熱することにより生成するためと考えられる。

次に前述の圧接変形度と疲労特性の関係について検討した。その結果変形度の大きくなるほど疲労特性が低下し相関係数は -0.67 であることがわかつた。この理由としては変形度の大きいほど組織の流れ(パターンフロー)が最大剪断応力の方向に近くなり、クラックの開始伝播を促進するためと思われる。(堀川一男)

## 一性 質一

### 焼入後時効させた鉄-炭素および鉄-窒素合金の構造

(K. F. HALE, and D. McLEAN: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 201 (1963) 4, p. 337~352)

Fe-C 合金 (0.05 wt% C, 0.0005 wt% N) と Fe-N 合金 (0.01 wt% N, 0.004 wt% C) との薄膜を作り電顕の透過観察によつて焼入後の炭化物および窒化物の時効析出の状態をしらべた。これらは厚さ 0.05mm ~ 0.08mm に圧延し焼ならしをおこなつて粒径 0.07mm と 0.05mm にした。

焼入温度は Fe-C 合金の方は 690°C, Fe-N 合金は 550°C で保持時間はそれぞれ半時間であつた。ほとんどの試料は真空パイレックスガラス管に封じて水冷却することによつて急冷した。一部は冷却速度の影響をみるために徐冷した。

実験は Fe-C 合金については、時効中の炭化物の変化の観察、析出した炭化物の形状とハビット面の決定、炭化物の電子線廻折像による結晶形の決定、を行なつ

た。一方 Fe-N 合金に関しても Fe-C 合金と同じような観点から観察を行なつた。なお時効温度は室温と 100°C とを用い時効期間は室温で 2年まで、100°C で 1年までであつた。

実験結果は次のとおりである。

1. 転位が炭化物や窒化物などの優先析出位置になっていることがわかつた。このことから歪時効を溶質原子の転位への偏析だけから考察するのでは不充分だといふことがいえる。

2. 焼入れ時効中に炭化物の析出物は主として板状の  $\epsilon$ -Fe<sub>3</sub>C であり窒化物は  $\alpha''$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>3</sub> の同じく板状であつてともに {100} 面上に存在した。この板片の大きさは径 5000Å 厚さ 40Å であつた。

3. 迂りに対しては  $\epsilon$  炭化物の方が  $\alpha''$  窒化物より大きい抵抗となるようである。これは  $\alpha''$  窒化物というのが実際にマトリックスと似たものであるところからともと思われる。

4. 析出に際してマトリックスの弾性的な歪は窒化物の場合は板面に垂直に起るが炭化物の場合には垂直にとも平行にも起る。

さらに焼入時効の場合に脆化がおこつた。これは板状の析出物がへき開面である {100} 上に並ぶことによつておこると考えられる (木原諄二)

### roping を生じないフェライト系 Cr 鋼

(J. THOMPSON, & J. L. LAMONT: Proc. Electr. Fur., 19 (1961), p. 70~88)

冷間で塑性加工を行なつたフェライト系 Cr 鋼に発生する roping については従来、結晶粒度、材料の厚さ、曲げ半径、機械加工と熱処理との組合せ、化学成分と熱処理との組合せ、Nb による改善などが追求されているがここでは 430 をベースとしたときの C, Cr, Mn, Nb, Ti, Zr, V, Al などの影響を調査している。すなわち 17Lb 誘導炉により 2in φ インゴットを铸造→3in 巾に熱圧→2100°F から 1in 厚に熱圧→2100°F から 1/2in 厚に熱圧 (終了温度 1300~1350°F) →グラインダーにより精整→1950°F から 0.16in ストリップに熱圧→精整→焼鈍 (1500°F × 1h 空冷) →酸洗→0.05in 薄板に冷圧→焼鈍 (1500°F × 15mn 空冷) →酸洗→0.025in に冷圧したものにつぎ引張強さ、降伏点、伸び、結晶粒度、roping の程度などの測定を行なつている。ただし引張試験片は巾 0.75in × 長さ 2in (標点距離) で 1400°F × 1/2h または 1500°F × 15mn 焼鈍後空冷、磷酸+硫酸 (3:1) 溶液中で電解研磨したものを使用している。roping は伸び 20% の時に 3人で観測している。

実験によると ① roping と C, Cr 含有量 (C 0.01~0.17, Cr 12~26%) との間には密接な関係が存在する。② 1% Mo の添加は roping の傾向を強める。③ オーステナイト形成元素 Ni, Mn, N, C の添加は結晶粒の微細化作用を示し roping の傾向は著しく低下する。④ Nb は roping を無くす。⑤ Ti は roping と無関係。⑥ V は添加量によつては有効。⑦ Zr については不明。⑧ Al は 0.60% 位まで添加すると有効。などが判明した。(上正原和典)

### 亜鉛メッキ鋼板の諸性質 (その 2)

(E. P. BEACHUM: Blast Furn. & Steel Plant,

51 (1963) 5, p. 368~372)

前報に続き本稿は亜鉛メッキ鋼板の使用例について説明している。

1951~1961年の10年間に亜鉛メッキ鋼板の使用量は、68%の増加を示したが、ストリップ、シートなどの消費量総計は、2%増加したのみであつた。これは亜鉛メッキ鋼板がいろいろの要求に答えるべく多様化した結果、市場の巾、深さの増加したことによるものである。

通常の市販品は、容易に成型可能で、適当な強度を有し、非常に多くの用途に使用される。低炭素リムド鋼から製造し硬度は  $H_{R(B)}$  55~65 程度、メッキ温度は標準速度は上限近い速度で操業する。

この種のものの用途として例えば、28 ゲージのものから K 溝型鋼の製造、16ゲージスイッチボックスカバー、26ゲージコンジット管、多数の自動車部品などがある。ときには低炭素キャップド鋼が用いられ、冷間矯正を行なつたりする。ダクト、屋根、家屋構造用に対しても最適である。

深絞作業用には、亜鉛メッキ鋼板の靱性はまだメッキしないものと同等にはならないが、常に改善が行なわれており、0.08% C 以下のリムド鋼を比較的高温で焼鈍し、メッキ速度を遅く、メッキ後の冷却は早く矯正はなるべく少なくするようにして製造されている。これにより  $H_{R(B)}$  50~55 のものがえられ、抗張力、降伏点の差は 10,000 psi、伸び 35~40% になる。靱性を要求される場合には、ラインスピードを通常の 75% 程度に下げるが、キルド鋼を使用し、ボックス焼鈍、メッキ後さらに熱処理を行なう場合もある。自動車部品などの製造に使用されている。

強度を要求される場合にも有利である。メッキしてない通常の構造用鋼板の強度は、ASTM A245 GrC の規格で、降伏点 33000 psi 以上、抗張力 52,000 psi 以上、C 0.25% 以下となつてはいるが、類似成分の構造用メッキ鋼板では降伏点 40,000 psi 以上、抗張力 52,000 psi 以上で、降伏点は24%向上し、耐蝕性も向上している。

この種の用途には亜鉛メッキした Slabform が低炭素キャップド鋼を最終冷圧したフルハード鋼から製造されている。連続工程の速度は最大、炉温は最低にする。降伏点は認められず、伸びは0.5~3.5%、硬度は  $H_{R(B)}$  92~95 程度である。同様なものに高速道路用ガードレールがある。

亜鉛メッキ鋼板は非常に有用な諸性質を有し、現在なお改善が続けられている。将来さらに用途が広がるもの

と考えられる。

(河合重徳)

#### 低価格小型歯車について

(LYNN E. ARNOLD: Blast Furn. & Steel Plant, 51 (1963) 6, p. 458~468)

滲炭焼入材料の強度を新しい方法で検討し、小型、軽量、安価な歯車の製造を可能にする。新しい規準を確立した。本論文はこれを概説したものである。この新しい概念により設計された歯車は、従来の調質鋼製歯車と同等以上の性能を有し、設備全体の小型化、作動の円滑化動力費低減などに大いに有効である。

歯車は使用状態における耐摩耗性、耐疲労性および強度が必要とされる。滲炭焼入鋼は表面硬度高く、適当な残留応力により疲労強度も大きい。これらの諸性質は材質、滲炭条件、熱処理条件などにより大きな影響を受けるので、適正条件を選択しなければならない。

この新しい概念は既設のものの改造にも適用できるが、新しく設計するものに適用すると最も効果的である。これより (1) 使用時の破損を防止し、(2) 装置の大きさを減少し (3) 伝達動力を増大し、(4) 原価を低減せしめる。

滲炭焼入鋼の特性を真に生かす小型歯車が製造されるようになったのは最近で、素材の材質、滲炭、焼入工程などが十分に管理され、熱処理後の滲炭深さ、寸法変化、残留オーステナイト量などのチェックが十分に行なわれる必要がある。

これらのほかの重要な点は、新しく開発した。滲炭材料についての強度試験方法である。これは歯車の使用状態に類似したブロック圧縮試験で、通常の歯車と同様な方法で、いろいろの高さのブロックを作製、熱処理後両側面を研磨して滲炭層を除去、実際の歯車の歯の硬度分布と類似のものを作り、これを圧縮試験する。このブロックの試験結果は、そのまま実際の歯車の歯の圧縮荷重下の挙動に適用できる。試験では圧縮に対する降伏荷重、表面硬化層の破壊強度などを求める。強度に対しては、硬化深さを大に、表層下および芯部硬度を上げることが有効である。この圧縮試験結果に基づいて小型歯車設計が可能になつたが、降伏点は歯車の破損を決定するもので、歯形形状、滲炭深さ、焼入液、材質などが重要な影響を与える。現在すでに25鋼種以上について詳細な検討を行なつてはいるが、今後ともいろいろの検討により、新しい鋼種、新しい方法が開発されるものと考えられる。

(河合重徳)