

Table 2. Thermal characteristics of tested exothermic heat tops.

| Test No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Al addition in board (%) | 10 | | 20 | | 30 | | 40 |
| *) Ignition heat (kcal/kg) | 222 | | 384 | | 597 | | 811 |
| Effective heat (kcal/kg) | 219 | 175 | 272 | 260 | 475 | 396 | 378 |
| Efficiency (%) | 98.6 | 78.9 | 70.9 | 67.7 | 78.5 | 66.3 | 46.6 |
| Ignition time (min) | 8 | 10 | 8 | 9 | 6 | 6 | 8 |

*) by differential thermal analysis.

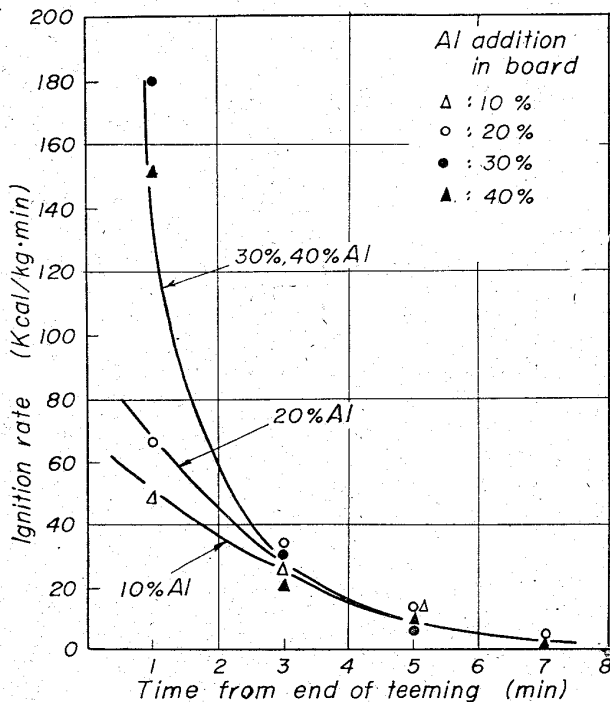


Fig. 3. Ignition rate of exothermic hot top after teeming.

る。

(ii) スリーブの温度が高くなるため熱損失も大きくなる。ことが考えられる。Al 30% および 40% を配合したスリーブで鋼塊頭部形状に差がないことより、発熱量が高い場合には熱損失も無視できないようである。

4.2 Al 配合量のパイプにおよぼす効果

押湯部の凝固を抑えるためにはスリーブ自身が注入後早く高温になり、スリーブが溶鋼に熱を供給するか、少なくとも溶鋼からスリーブが熱を吸収しないことが必要である。発熱速度がパイプ形状に関係していると考えられる。Fig. 2 の結果を利用して発熱速度を求め Fig. 3 に示した。注入後 4 min までの発熱速度はスリーブの Al 配合量によつて異つている。すなわち Al 配合量が増加すると発熱速度は大きくなるが 30% 以上では差がない。

注入後 4 min までの平均発熱速度と鋼塊パイプ形状の間には強い相関が認められる。したがつて本実験の範囲では、スリーブの Al 配合量を増加するとスリーブ自身の発熱反応によつて早く高温となるためパイプが小さくなつたと説明される。Al 配合量の限界としては 30%

が考えられる。

5. 結 言

発熱性スリーブの Al 配合量の鋼塊頭部形状におよぼす効果を 1 t 鋼塊で調査した。結果を要約すると次のとおりである。

(i) Al 配合量を増加するとスリーブが注入後早く高温となり、溶鋼からスリーブが熱を吸収しないばかりでなく、溶鋼に熱を供給することがあるため、スリーブ側壁からの凝固が遅れ鋼塊に残留するパイプ量が減少する。

(ii) Al 配合量を増加すると注入直後のスリーブの温度上昇速度は大きくなるが、30% 以上増加しても差はない。一方、大気中への熱損失は大きくなる。したがつて、ある値以上 Al を配合してもパイプ形状に有利とならない。その配合量は 30% である。

文 献

- 1) Foseco 社: 鑄鍛造, Vol. 9, No. 10
- 2) 加藤, 他: 製鉄研究, No. 228, p. 2580
- 3) G. FEUTON: J. Iron and Steel Inst. (U.K.), (1957), p. 396
- 4) L. H. W. SAVAGE: J. Iron [and Steel Inst. (U.K.), (1952), p. 277

(99) ストッパーヘッドの一般物理的性質と耐熱衝撃性の関係

住友金属工業, 中央技術研究所

理博鈴木和郎・〇平岩 修・大原昭三

Relation between the Physical Properties and the Thermal Shock on the Stopper Head.

Dr. Kazurō SUZUKI, Osamu HIRAIWA and Syōzō ŌHARA.

1. 結 言

ストッパーの良否は製鋼歩留および作業の安定に大きな影響をもたらすため、1 回使用の消耗品ではあるが使用者においては常に煉瓦メーカーとともに品質の管理¹⁾²⁾、品質の改良に努力してストッパー事故の防止につとめている。ストッパー事故はストッパーヘッドに起因することが多いが、ストッパーヘッドはノズルと一対で使用されるのでノズルの特性を無視することはできないのである。ストッパーヘッドの良否は製鋼条件、鋼種に大きく支配されるために各使用者において適正な材質、形状、品種が使分けされている現状³⁾であるがとくに

Table 1. Physical properties of specimens.

| Materials | Maker | Sign | Pressure | Porosity(%) | Bulk specific gravity | Linear expansion ratio at 1000°C.(%) |
|-----------------|-------|------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Schamotte | A | A-1 | high | 17.3 | 2.19 | 0.42 |
| | 〃 | A-2 | ↑ | 19.4 | 2.13 | 0.41 |
| | 〃 | A-3 | ↓ | 21.4 | 2.04 | 0.43 |
| | 〃 | A-4 | low | 23.7 | 2.02 | 0.42 |
| Silicon carbide | B | B-1 | high | 23.0 | 2.12 | 0.37 |
| | 〃 | B-2 | ↓ | 23.9 | 2.13 | — |
| | 〃 | B-3 | low | 28.6 | 1.97 | — |
| | C | C-1 | — | 30.3 | 2.12 | 0.42 |
| Graphite | D | D-1 | 300kg/cm ² | 15.5 | 2.00 | 0.25 |
| | 〃 | D-2 | 100 〃 | 16.8 | 1.96 | 0.28 |
| | 〃 | D-3 | 50 〃 | 18.3 | 1.90 | 0.25 |
| | E | E-1 | 300 〃 | 21.6 | 2.04 | 0.35 |
| | A | A-1C | high | 16.6 | 2.10 | 0.45 |
| | 〃 | A-2C | ↓ | 18.6 | 2.05 | 0.43 |
| | 〃 | A-3C | low | 23.3 | 1.92 | 0.43 |

Table 2. Chemical composition of specimens.

| Materials | Maker | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | C | SiC | Ig. loss |
|-----------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|-------|----------|
| Schamotte | A | 59.85 | 34.40 | 2.40 | 0.50 | 0.28 | 1.15 | — | — | 0.27 |
| Silicon carbide | B | 36.54 | 34.40 | 0.80 | 0.17 | 0.14 | 0.67 | 2.43 | 21.13 | 2.73 |
| 〃 | C | 42.48 | 44.29 | 1.00 | 0.40 | 0.18 | 1.25 | 0.22 | 8.64 | 0.12 |
| Graphite | D | 75.92 | 8.86 | 1.00 | 0.23 | 0.12 | 0.50 | 13.87 | — | 0.12 |
| 〃 | E | 54.02 | 25.13 | 2.20 | 0.40 | 0.45 | 1.62 | 17.02 | — | 0.16 |
| 〃 | A | 61.09 | 24.10 | 1.80 | 0.25 | 0.28 | 0.62 | 10.91 | — | 0.10 |

熱間特性に対し容易に判定できる数値はみられない。本研究はストッパー煉瓦の損耗機構を究明するための手掛かりとして生産現場における使用条件に比較的近い状態を実験室に再現せしめるために新たに設計、製作した試験機によりストッパーヘッドについて熱衝撃試験を行なつてその結果から熱的特性を検討し、試作ヘッドに対し危険を伴う現場実用試験によることなく、材質、品質の良否を決定する一手段にするほか現用品の品質管理にも適用せんと検討を行なつたものである。

2. 供 試 料

供試料は比較的多く現用されているシャモット質、SiC 質、黒鉛質について当社の現用品と同一組成、配合のものを金型で以つて 10φ×170mm の大きさに成型した。供試料によつては見掛気孔率の差異を検討するために成型圧を調整し、焼成温度はいづれも 1250°C で 2 hr 間保持を行なつた。焼成時 SiC 質、黒鉛質は無酸化雰囲気とし、焼成後供試料は成型時の加圧面より両端約 10 mm づつ切取つて 10φ×50 mm の大きさにして熱衝撃試験片とした。

熱衝撃試験を行なう前に供試料の一般物理的性質、熱膨張率を測定したが、その値は Table 1 に示し、化学成分は Table 2 に示す。

3. 実 験 方 法

3.1 実験装置

ストッパーは、通常取鍋内において 800~900°C に予熱された状態で 1600~1650°C の溶鋼によつて熱衝撃を受けるものであるためにこの条件に近い実験装置を製作したが、実験装置は材料の予熱と取鍋における受鋼中を

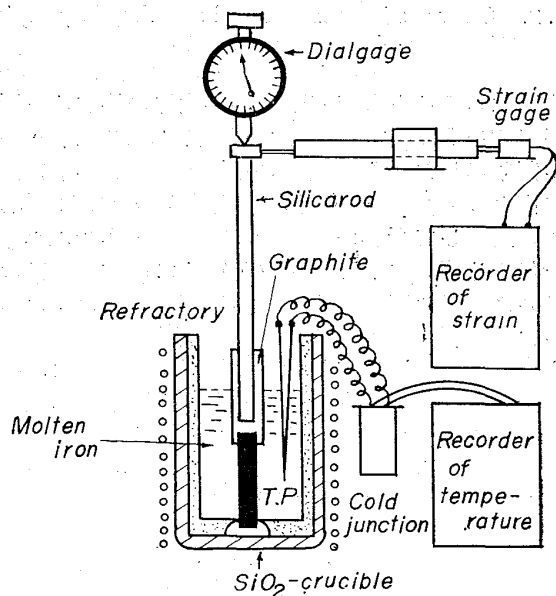


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

実験的に再現するための加熱には 35 kVA 高周波電気炉を用いた。供試の熱衝撃による急熱膨張量はストレインゲージによつて測定したものであつて、Fig. 1 にその概略図を示す。10φ×50 mm の大きさの試験片は人造黒鉛質の保持棒に取付け、不透明石英棒に接続せしめてストレインゲージに連動せしめた。坩堝は不透明石英を用

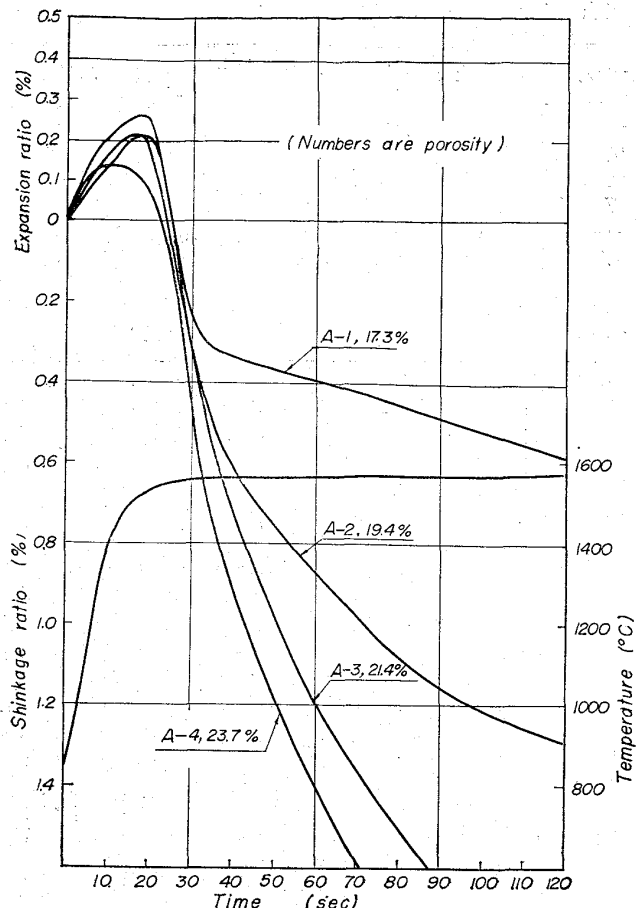


Fig. 2. Curves of expansion and shrinkage by rapid heating. (schamotte bricks)

い、内面はムライト質で内張り、試験片の接する箇所は人造黒鉛盤を用いた。試験片の予熱は、試験片の外周に2つ割りにした人造黒鉛質の円筒(外径60φ、内径30φ、高さ70mm)を高周波電気炉に据付けた坩堝内に置き、通電して所定の850°Cに加熱を行なった。熱衝撃を与える溶湯は実験精度を上げるため、高温において取扱いの容易な溶銑を用いた。45kVAタンマン炉で溶製した1650°Cの溶銑1.5kgの試験片を850°Cに予熱中の坩堝へ注湯して試験片に熱衝撃を与えた。注湯前には予熱中の人造黒鉛質円筒を手早く取除き、注湯時は高周波電気炉は空の状態に全負荷になるよう通電中であつて、注湯と同時に溶銑は加熱されるので温度降下を最少限に食い止め、試験片は所定の温度に長時間保持することができるのである。

試験片は熱衝撃によつて寸法変化を来たすが、この現象はストレインゲージ記録計で記録測定した。ストレインゲージの較正は1/200mmのダイヤルゲージを35mmカメラで連続撮影により行なつた。

試験片の测温はJ.J熱電対を試験片の中央に挿入し、溶湯内のJ.J熱電対との温度差を測定した。その結果、試験片と溶湯の温度差は小さく、このような高温実験においては比較的良好な結果と考えられ実験は一応溶湯温度の測定をもつて代えることにした。

4. 実験結果

シャモット質、SiC質、黒鉛質の供試料について熱衝

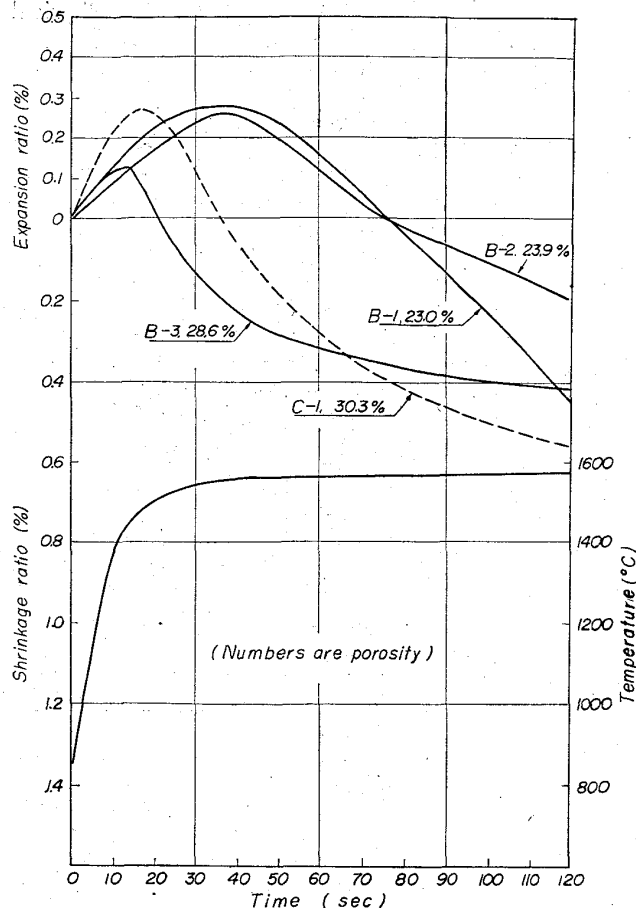


Fig. 3. Curves of expansion and shrinkage by rapid heating. (silicon carbide bricks)

撃試験を行なつた結果はFig. 2, 3, 4に示すごとく急熱膨張、収縮曲線が得られた。

シャモット質についてはFig. 2に示すごとく、急熱最大膨張率は気孔率23.7%(A-4)のものは0.14%を示し、気孔率の若干小さい19.4%(A-2)0.26%を示したが、軟化収縮する時期はどれも約25sec前後であつてこの場合気孔率の小さいものより大きいものが収縮率の大きい傾向を示した。

徐熱膨張率は気孔率とはそれほどの関連性はみられなかつた。

SiC質についてはB社のものはFig. 3に示すごとく、気孔率23.0%(B-1)、23.9%(B-2)のものは大差のない急熱膨張曲線を示し、軟化収縮は約75secであつたが、気孔率の高い28.6%(B-3)のものは急熱最大膨張率は約0.13%と小さく、軟化収縮は比較的はやい結果を示した。

C社のものは気孔率30.6%(C-1)であつてB社の気孔率の大きいB-3と比較的類似の急熱膨張収縮曲線を示した。この場合徐熱膨張率の若干大きいC-1は急熱最大膨張率もB-3より若干大きい値を示した。SiC質はシャモット質より気孔率の高い値にあつたが、材質的な特性が軟化収縮曲線は腰の強い結果を示した。

黒鉛質はFig. 4に示すごとく、D社のものは成型圧を大巾に変えたが気孔率は15.5%、16.8%、18.3%と比較的差が小さく、また徐熱膨張率も小さい材質であつ

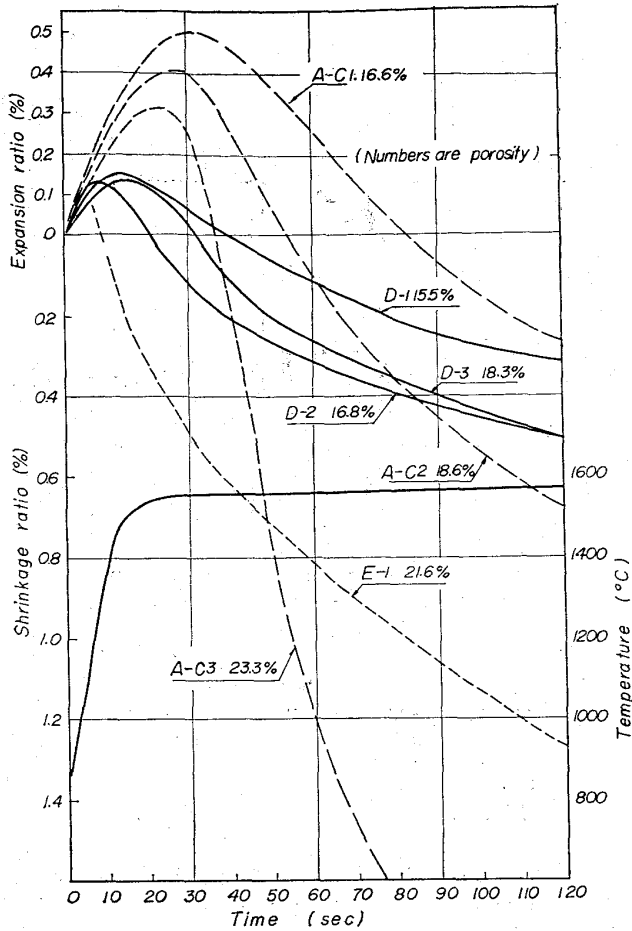


Fig. 4. Curves of expansion and shrinkage by rapid heating. (graphite bricks)

た。最大膨張率はいずれも約 0.15% と小さく、軟化収縮する時期は 20~40 sec の間であつて、軟化収縮率は小さい腰の強い結果を示した。しかるに E 社の気孔率 21.6%(E-1) と A 社の気孔率 23.3%(A-3C) の若干気孔率の高いものはシャモット質同様に軟化収縮率は大きい結果を示した。しかし気孔率が 16.6%(A-1C), 18.6%(A-2C) のものは若干軟化収縮率は小さいが、軟化収縮の時期の遅い結果を示し、また急熱最大膨張率も比較的大きい値を示した。

以上の結果において同一材質で成型圧により気孔率に大きな巾をもたすことは困難であつて、メーカーの材質により気孔率がかたよつた結果であつた。このために気孔率と急熱膨張収縮曲線の関係はシャモット質、黒鉛質は約 20% 以上は軟化収縮率は大きくなるが SiC 質は気孔率は約 30% と高くても、シャモット質、黒鉛質の低気孔率のものと同じように比較的腰の強い結果を示した。

徐熱膨張率と気孔率との関連性はほとんどみられなかつたが、徐熱膨張率の小さい供試料は急熱最大膨張率も小さい傾向を示した。また同一材質における急熱最大膨張率は気孔率の小さいものが高値の傾向であつた。これらの結果と当社現場使用上の観点から総合的にみてストッパーヘッドの熱的特性としては急熱最大膨張率が小さく、急速に軟化を来たすことが重要であつて、その値は

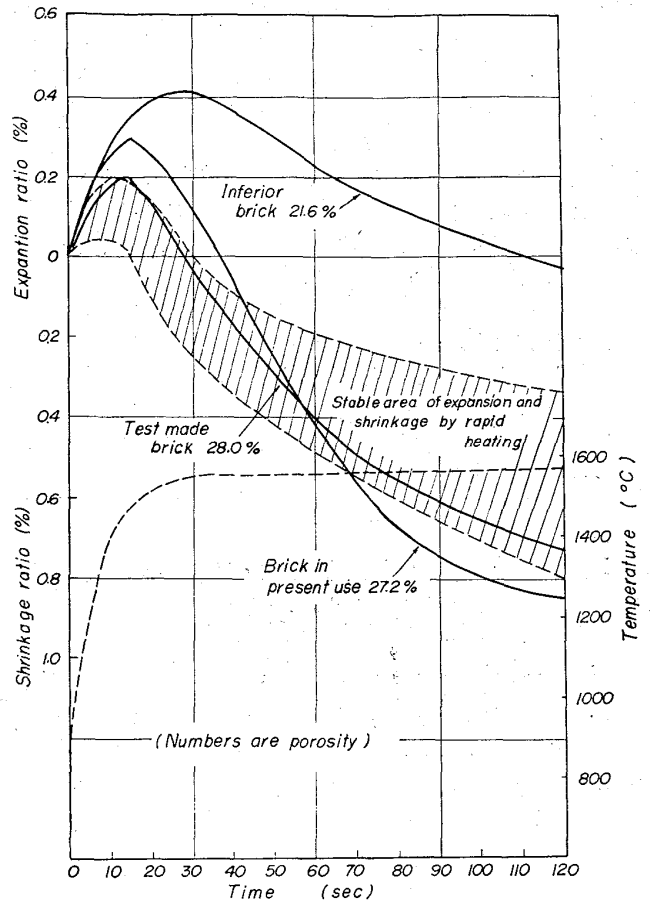


Fig. 5. Curves of expansion and shrinkage by rapid heating. (silicon carbide bricks: B maker)

比較的小さい傾向にあるものが割れに対する感受性が鈍感となり良好な品質のストッパーヘッドを得る条件になるものと考えられる。

5. 適用例

当社 B 工場の現用ストッパーヘッドの頭落ち事故が頻発したので実体より 10φ×50 mm の試験片を切出し熱衝撃試験を行なつた結果 Fig. 5 に示す急熱膨張収縮曲線であつた。すなわち従来品に比較して急熱最大膨張率が大きくなり軟化が遅い結果を示した。このため耐熱衝撃性を向上せしめた試作品について試験した結果 Fig. 5 に示す。

当社で耐熱衝撃性の好ましいと考えられる急熱膨張収縮安定域に近い急熱膨張収縮曲線を示した。この試作品の現場試用は良好な結果が得られて本試験法が現場使用結果とよく一致していることが知られ、今後の品質管理に役立つことが立証された。

6. 結 言

ストッパーヘッドの耐熱衝撃性を実験室的な試験手段で判明させるため試験方法を検討し、ストッパーヘッドの一般物理的性質中比較的耐スポーリング性に関連のあると考えられる気孔率を 15%~30% の間変化せしめて測定した結果、気孔率と密接な関連性のあることが知られた。従つて材質が限定された場合においては耐熱衝撃性の良好な品質を得るには適正な気孔率を選ぶべきであ

る。徐熱膨張特性と耐熱衝撃性の間には系統立つた関連性は見られない。

また実体からの試験片の測定から急熱膨張収縮曲線安定域に近いものは現場使用結果が良好であることが知られた。

本試験法はストッパーヘッドの品質管理、現用品の品質向上に適用して迅速な効果を上げ得ることが知られた。なお焼成条件からくる気孔率の変化と耐熱衝撃性については引続き検討中である。

文 献

- 1) 上田政夫: 耐火物, 73 (1963), p. 87
- 2) 吉田英雄: 耐火物, 83 (1964), p. 270
- 3) 吉木文平: 耐火物工学, p. 596
- 4) 鈴木和郎: 耐火物, 83 (1964), p. 244

(100) AISI 321ステンレス溶鋼による造塊用耐火材の溶損

(造塊用耐火材に関する研究—I)

神戸製鋼所, 中央研究所

工博成田貴一・○富田昭津・村上康雄

On the Chemical Reaction between Molten AISI 321 Steel and Refractories.

(Fundamental study on refractory for ingot making—I)

Dr. Kiichi NARITA, Akitsu TOMITA
Yasuo MURAKAMI.

1. 緒 言

鋼塊の砂キズ欠陥の成因の一つに造塊過程における耐火材の溶鋼による溶損があげられる。とくに溶鋼中に活性元素を含む場合、たとえば AISI321 ステンレス鋼のように Ti を含む場合はその傾向が顕著である。そこで本実験では 321 ステンレス溶鋼を対象にして、通常の造塊に使われる SiO₂-Al₂O₃ 系のシャモット質を中心に、高アルミナ質、ジルコン質、炭ケイ質の各耐火材の 321 ステンレス溶鋼による溶損機構を比較検討した。

2. 実験方法および実験条件

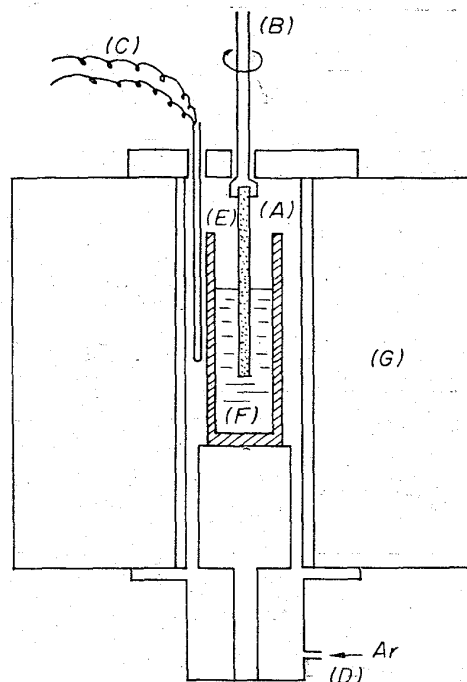
実験の対象とした耐火材の化学成分は Table 1 に、また 321 ステンレス鋼の溶鋼成分は Table 2 に示したとおりである。

Table 1. Chemical composition of refractories (%).

| Refractory | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | CaO | TiO ₂ | ZrO ₂ | SiC |
|---------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------------------|-------|
| Chamotte | 67.86 | 26.47 | 2.11 | 0.07 | 0.63 | 0.56 | — | — |
| High alumina | 11.02 | 84.56 | 2.20 | 0.11 | — | — | — | — |
| Zircon | 37.38 | 3.84 | 0.77 | 0.05 | 0.42 | 0.30 | 57.41 | — |
| SiC (unburnt) | 68.17 | 12.77 | 0.48 | 0.05 | — | — | — | 12.14 |

Table 2. Chemical composition of molten AISI 321 steel (%).

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Ti | Al |
|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|----------|---------|-------|
| <0.08 | <1.00 | <2.00 | <0.045 | <0.030 | 17.0~19.0 | 9.0~12.0 | 0.6~0.7 | 0~0.5 |



- A. Alumina crucible
- B. Rotating attachment
- C. Pt-Pt-Rh thermocouple
- D. Gas inlet
- E. Refractory sample
- F. Molten steel
- G. Tammann furnace

Fig. 1. Experimental apparatus.

実験装置の概略を示すと Fig. 1. のとおりであり、大型回転タンマン炉内に設置したアルミナルツボ (A) で 321 ステンレス鋼を約 1 kg 融解したのち、あらかじめルツボの直上で十分に予熱した耐火材試験片を一定の深さに浸漬し、耐火材を回転させながら静止している溶鋼と反応させた。

耐火材試験片の大きさは、20 mm φ × 200 mm L であり、(B) の取付け金具にマグネシアでスタンプしてから焼付け、十分に固定したのち回転装置に取付けた。溶鋼温度の調節にはあらかじめ炉内測定位置と溶鋼との温度差を補正した Pt-Pt-Rh 熱電対 (C) を使用した。また炉内はタンマン炉の下部にあるガスの取入口 (D) から精製アルゴンを送入し、絶えず不活性雰囲気保つて実験を行なった。

実験条件は予備実験の結果からつぎのように設定した。