

キャストブル耐火物

(1930年頃～現在)

Key-words：キャストブル耐火物、粉末材料、一体構造、高温特性

注1 石灰石とボーキサイトやアルミナなどのアルミナ原料を熔融又は焼成して造るアルミナ成分に富む水硬性セメント。耐火性に優れていることから、不定形耐火物の結合材として使用される。

注2 建築物などの工事を行うこと。

注3 耐火物などの材料の侵食に対する抵抗性。

注4 耐火物で工業炉を築造し、また補修すること。

注5 鉄鉱石や処理鉱石、コークスを炉の上部から投入し、羽口から高温の熱風を吹込み、銑鉄を製造するたて型炉。

注6 高炉、電炉などから出銑、出鋼した溶銑、溶鋼、スラグを導く溝状の流路。大樋(主樋)、溶銑樋、出鋼樋、ノロ樋(溶さい樋、スラグ樋)、傾注樋などがある。

注7 耐火物などの材料が高温下で、化学的あるいは物理的に侵食されて寸法を減らすこと。

キャストブル耐火物は、耐火性骨材とアルミナセメント¹⁾注1)等を混合した粉粒状の製品で、使用現場で水と混合することでさまざまな形状に施工²⁾注2)することができる。製鉄所の各設備や廃棄物熔融炉など高温環境下にさらされる設備の内張り材として主に使用されており、これらの設備を保護する重要な役割を担っている。これらの設備では耐熱性だけではなく、耐熱衝撃性や熔融物に対する耐食性³⁾注3)など、設備ごとに異なる特性が要求されるため、各々の用途に応じて配合設計された製品が開発されている。

1. 製品適用分野

製鉄所の各設備や廃棄物熔融炉など

2. 適用分野の背景

耐火物には大きく分けて2種類あり、耐火煉瓦などの定形耐火物と、粉粒体または練り土状の製品で特定の形を持たない不定形耐火物に分類される。

キャストブル耐火物(図1)は、不定形耐火物の一種であり、耐火性骨材とアルミナセメント等を混合した粉粒状の耐火物で、水和性又は化学結合性を有する。使用する現場で水(または水を含有するバインダー)と混合して使用される。このような材料上の特徴を持つキャストブル耐火物では施工作業の機械化が容易に図れることから、従来の煉瓦を用いた

築炉⁴⁾注4)と比べて築炉工事の省力化や施工作业者の負荷低減が可能となり、キャストブル耐火物の性能向上に伴い使用範囲が広がっていった。

キャストブル耐火物の一例として、流し込み施工される高炉⁵⁾樋⁶⁾注5)用キャストブル(図2²⁾)について説明する。製鉄所の高炉¹⁾から排出された1500℃の銑鉄と溶融スラグは樋¹⁾と呼ばれる設備を通して次工程へ移送される。この時、鉄製の樋では高温の溶湯によって溶けてしまうので、樋の保護層として耐火物の内張り材が必要となる。また、このような溶湯が接する部位で使用される耐火物には、耐熱性や強度だけでなく、溶融した銑鉄やスラグに対する耐食性¹⁾、耐熱衝撃性、容積安定性などの特性が要求される。そこで、樋用キャストブルには溶融した銑鉄に対する耐食性が高い材料、溶融スラグに対する耐食性が高い材料など、各部位で要求される特性に優れた材料が選定される。その他の設備でも同様に、各部位に適した材料が選定され、使用されている。



図1 キャストブル耐火物。

耐火性骨材とアルミナセメント等を混合した粉粒状の耐火物で、水和性又は化学結合性を有する。使用する現場で水と混合して使用される。

3. キャストブル耐火物の特徴

キャストブル耐火物は、数～数十種類の粒状や粉末状の耐火性原料とアルミナセメント等のバインダーを、使用する目的に合わせて配合した粉末材料である。したがって、配合設計の自由度が高く、使用設備に応じて耐火性骨材の種類や粒度、結合剤の種類や量を細かく調整できるので、各設備の内張り材として要求される高温特性を選択的に付与することができる。

コンクリートのように使用現場で任意の形状に施工できるので目地のない一体構造の施工体が製造でき、煉瓦で見られる目地溶損⁷⁾注7)や煉瓦の脱落の心配がない。築炉設計や施工方法の自由度が高く、損傷した耐火物の補修も容易である等の特徴があり、築炉工事の省力化(機械化)や省資源化が可能である。

スラグ部用流し込み材
 Al_2O_3 -SiC-C質

メタル部用流し込み材
 Al_2O_3 -SiC-C質

バックライニング用
流し込み材
 Al_2O_3 -SiC質

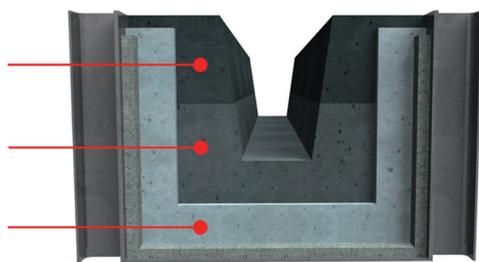


図2 高炉樋の構成²⁾。

高炉樋は高炉から排出された溶銑と高炉スラグをその比重差によって分離して次工程へ移送する役割をもっている

表1 CaO量によるキャストブル耐火物の分類

| キャストブル耐火物の分類 | CaO量/mass% |
|--------------|-----------------|
| 一般キャストブル | 2.5 < CaO |
| 低セメントキャストブル | 1.0 < CaO ≤ 2.5 |
| 超低セメントキャストブル | 0.2 < CaO ≤ 1.0 |
| ノーセメントキャストブル | CaO ≤ 0.2 |

4. 製品

キャストブル耐火物にはさまざまな分類法があるが、代表的なものとして含有するアルミナセメント由来のCaO量によって表1のように分類される。この分類の主な特徴として、アルミナセメント量を増やせば施工体強度が高くなるが、アルミナセメント中のCaO成分は耐火物の主原料である Al_2O_3 や SiO_2 系原料と高温で反応して低融点物質を生成し、施工体の耐火度^{1) 注8)}が低下するので、用途に応じて使い分ける必要がある。今回説明する高炉樋用キャストブルには、樋用耐火物として必要な耐食性が得られる低セメントキャストブルが使用される。ノーセメントキャストブルはバインダーとしてリン酸塩、水ガラス、シリカゾル、 ρ アルミナ、樹脂などが使用される。キャストブル耐火物の原料としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO 、 ZrO_2 、 Cr_2O_3 系の酸化物と SiC 、 C 系の非酸化物が主に使用される。

5. 製法

一般には、粒度調整された耐火性骨材とアルミナセメント等の結合剤を混合したものが製品として耐火物ユーザーに提供される。使用現場では粉末製品に水を加えて混練し、型枠を用いた流し込み施工や、型枠を用いない吹き付け施工などが行われる(図3)。

6. 品質例(品質性能・スペック)

代表例として、図2に示した高炉樋用キャストブルの品質例を示す(表2)。

7. 現在・将来展望

キャストブル耐火物は、現在、鉄鋼業をはじめとする高温産業に必要不可欠な材料として広く使用されている。今後は、高温産業におけるカーボン

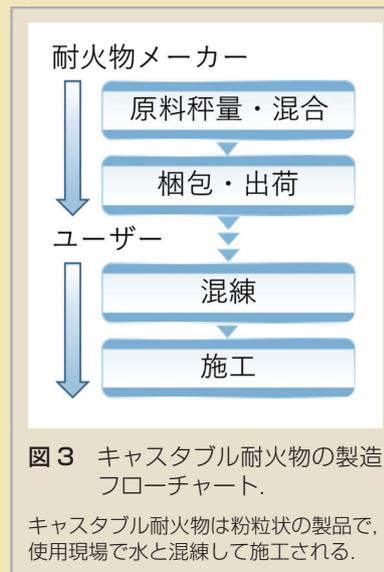


図3 キャストブル耐火物の製造フローチャート。

キャストブル耐火物は粉粒状の製品で、使用現場で水と混練して施工される。

表2 高炉樋キャストブルの品質例

| | 主樋スラグ部 キャストブル | 主樋メタル部 キャストブル |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| 化学組成/mass % | | |
| SiO ₂ | 2 | - |
| Al ₂ O ₃ | 10 | 60 |
| MgO | - | 17 |
| SiC | 78 | 15 |
| Free C | 3 | 4 |
| 嵩密度/g・cm ⁻³ | | |
| 110℃-24h | 2.52 | 2.71 |
| 1450℃-3h | 2.51 | 2.68 |
| 線変化率/% | | |
| 1450℃-3h | +0.10 | +0.13 |
| 曲げ強度/MPa | | |
| 110℃-24h | 1.8 | 1.7 |
| 1450℃-3h | 15.0 | 3.3 |

ニュートラルの実現を目指した材料開発や技術開発が期待される。

参考文献・資料

- 用語集(耐火物技術協会ホームページ): <https://www.tarj.org>
- 大光炉材株式会社 HP: <https://www.taiko-ref.com>

[連絡先] 大庭 康宏(おおば やすひろ)
大光炉材株式会社 技術本部
〒804-0054 福岡県北九州市戸畑区牧山新町
1-1

注8 昇温中に耐火物が軟化変形を起こす温度を表す指標。