

## 環境負荷低減を目的とした無機バインダーの現場適用

岡崎ヒュッテナス・アルバータス化成㈱

石田 賢三

## 1. はじめに

CB法に代わる環境負荷が少ない造型法として、無機バインダーの開発・研究が進められている。現在でこそ鑄型に使用されているバインダーは有機が大部分を占めているが、1960年代の日本においては無機バインダーである水ガラス・CO<sub>2</sub>型が全盛期を迎えていた。しかしながら、鑄込み後の崩壊性が非常に悪い欠点から、崩壊性に優れる有機バインダーに転換されていた。本報告では、無機バインダーでありながら崩壊性に優れ、アルミ鑄造用としてドイツ HA 社が開発した Cordis 造型法についての基礎的な特性、試験結果および現場適用事例について報告する。

## 2. 試験方法

## 2.1 無機バインダーCordis

Cordis は変性シリケートを成分とした無機バインダーであり、熱を付加することにより水が蒸発し、ゲルが生成され中子強度のベースとなる。また、中子性能を改善するために、添加剤 Anorgit を加える。Anorgitは純粋な無機物であり Cordis と反応し、強度、耐湿性、流動性を向上させる。Cordis 造型法はバインダーCordis と添加剤Anorgit の1液1粉体で構成される。

Cordis は、バインダーと添加剤を使用した二種類の組み合わせによる無機バインダーシステムである。

## 2.2 Cordis の硬化反応

Cordis は二種類の化学反応を利用した造型システムである。

- ① 可逆反応・・・バインダーを加熱することにより溶剤の水が蒸発し、その乾燥過程で硬化する反応。逆に水を加えると戻る(可逆反応)。常温においても水が蒸発すると硬化。
- ② 不可逆反応・・・脱水以外で硬化する化学反応。アモルファスシリカ (Anorgit) がアルカリシリケート (Cordis) と反応し、硬化。

## 2.3 Cordis の造型法

Cordis 造型法に使用する装置、造型手順等を以下に記載する。

- ① 装置・・・専用の造型機と金型を使用。CBやHBマシンの転用が可能。
- ② 模型・・・加熱が必要であるため、金型が最適。

- ③ 砂・・・普通珪砂が使用可能。酸性に偏っているフラン再生砂は使用困難。

## ④ 造型手順

- (1) 砂とバインダーを混練

混練時間は Anorgit 添加で混練。さらに Cordis を添加し混練。※混練ムラがあると十分に強度を発揮せず。

- (2) 模型を加熱

金型温度 150±30°C。バインダーの種類、模型の大きさ等で変化。

- (3) 混練砂を金型にブローし、焼成

ブロー圧 0.3~0.5MPa。鑄型表面を硬化。鑄型の形状により焼成時間は変化。

- (4) 鑄型に熱風をパージ

15~60秒程度。バインダーに含まれる水を追い出し、鑄型内部を硬化。焼成同様、鑄型の形状によりパージ時間は変化。

- (5) 抜型

鑄型完成。場合によっては鑄込み前に乾燥が必要。

## 3. 試験結果

## 3.1 Cordis の基礎強度

Cordis による基礎強度について測定を行った。配合条件、硬化条件、および結果について以下に記載した。

## ① 配合条件

- (1) 砂・・・ACI サンド
- (2) バインダー・・・Cordis8323 2.3% (対砂)
- (3) 添加剤・・・Anorgit8396 1.1% (対砂)

## ② 硬化条件

- (1) 金型/パージ温度・・・150±10°C/90~130°C
- (2) 焼成/パージ時間・・・焼成 30秒/パージ 30秒
- (3) ブロー/パージ圧・・・0.3MPa/0.15MPa
- (4) 砂温/室温/湿度・・・18°C/24°C/25±5%

## ③ 結果

図1より、抜型直後(熱間)の強度から1時間放置した状態(冷間)になると強度が増加することが分かる。また、1時間後と24時間後と強度の差が見られないため、1時間放置するとピークの強度に達する。耐湿性を示す24時間後95%RHにおいて、24時間と比較しておよそ20%強度が低下する。

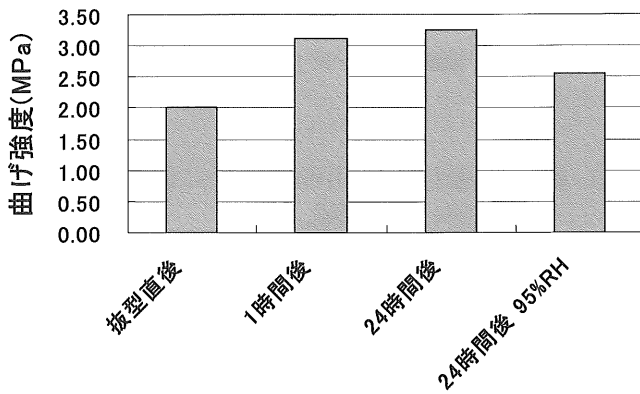


図1 各種条件による強度の変化

### 3.2 Cordis の添加量別における検量線

Cordis による添加量別における強度について測定を行った。配合条件、硬化条件、および結果について以下に記載した。

#### ① 配合条件

- (1) 砂…ACI サンド
- (2) バインダー…Cordis8323 1.0、2.3、3.0、4.0、5.0% (対砂)
- (3) 添加剤…Anorgit8396 0.48、1.1、1.43、1.91、2.39% (対砂)

#### ② 硬化条件

- (1)～(3) 3.1 と同条件
- (4) 砂温/室温/湿度…19℃/24℃/30±5%

#### ③ 結果

図2より、添加量を増減させることにより強度も増減するため、添加量を変化させることにより要望する強度を発現させることができる。

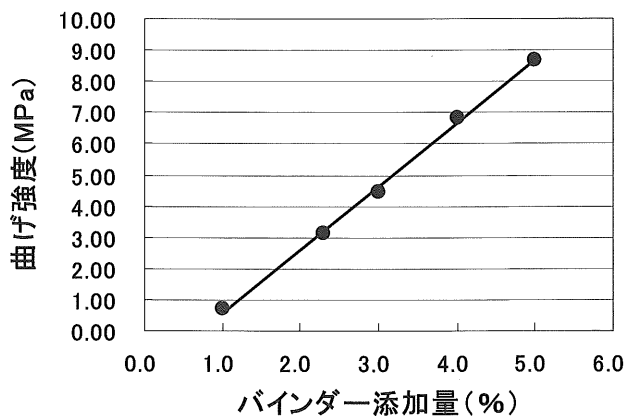


図2 添加量増減による強度の変化

### 3.3 Cordis の保管性

Cordis で成型した TP の保管時間による強度について測定を行った。配合条件、硬化条件、および結果に

ついて以下に記載した。

#### ① 配合条件

- (1) 砂…フラタリーサンド
- (2) バインダー…Cordis8323 3.0% (対砂)
- (3) 添加剤…Anorgit8396 1.43% (対砂)

#### ② 硬化条件

- (1)～(3) 3.1 と同条件
- (4) 砂温/室温/湿度…15℃/15℃/37±5%

#### ③ 結果

図3より、常温・常湿状態において72時間保持しても特に強度が劣化することがない。

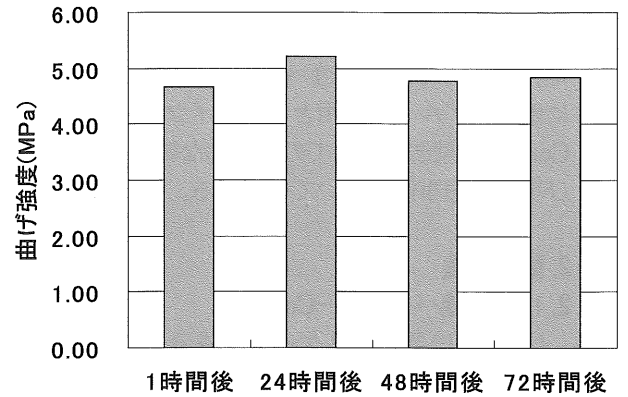


図3 経過時間による強度の変化

### 3.4 Cordis の可使用時間

Cordis の混練砂の可使用時間について測定を行った。配合条件、硬化条件、混練砂放置条件および結果について以下に記載した。

#### ① 配合条件

- (1) 砂…ACI サンド
- (2) バインダー…Cordis8323 2.3% (対砂)
- (3) 添加剤…Anorgit8396 1.1% (対砂)

#### ② 硬化条件

- (1)～(3) 3.1 と同条件
- (4) 砂温/室温/湿度…18℃/24℃/25±5%

#### ③ 混練砂放置条件

混練砂は密閉できる袋に入れ、さらにその袋をペーパー缶に入れ密封保管した。

#### ④ 結果

図4より、密閉保存下において、24時間放置保持しても成型することができる。

### 3.5 Cordis の分解生成物 (文献抜粋)

Cordis からの分解生成物について様子を観察した。図5は、各種バインダーのアルミ注湯時における分解生成物発生状態の写真を記載した。

#### ① 結果

図5より、Cordis 以外のバインダーからは発煙し、分解生成物が発生しているが、Cordis からは特に何も発生していない。

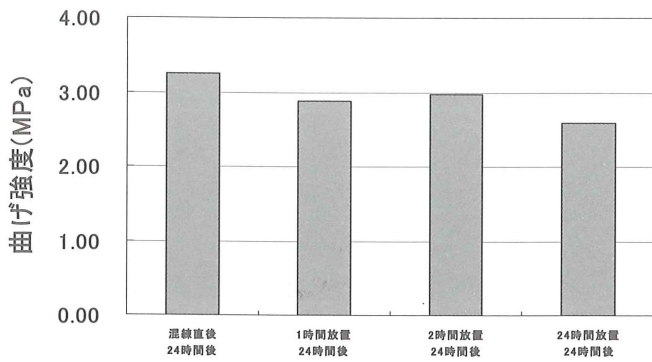


図4 混練砂待機時間と強度の変化

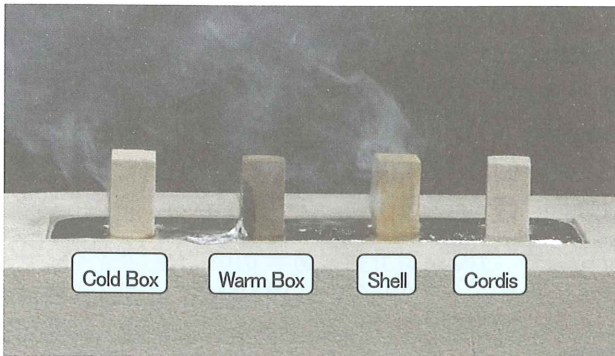


図5 アルミ注湯時の発煙状態

### 3.6 Cordis の分解生成物の測定 (文献抜粋)

Cordis からの熱分解生成物 (ヤニ等) についての定量測定を行った。図6は、VW社ハノーバー鋳造工場が開発した凝縮物や臭気を測定可能な装置であり、Cordis と CB の測定を行なった。

#### ① 結果

測定精度範囲での Cordis は、鋳込み時に凝縮物が発生しなかった。これに対して、CB は凝縮物の発生が確認された。

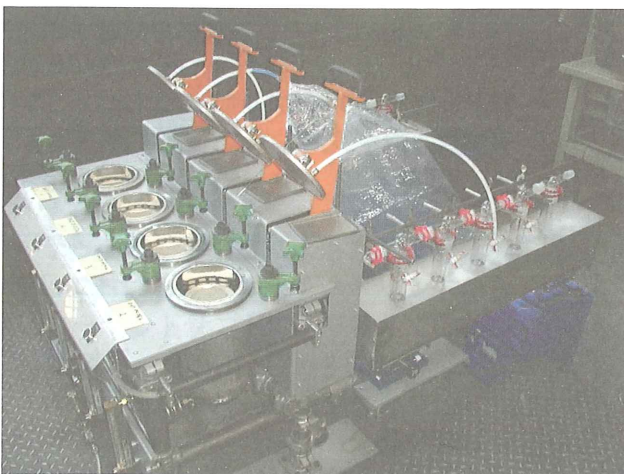


図6 凝縮物定量装置

### 3.7 Cordis の残留強度

Cordis の熱処理による残留強度について測定を行った。配合条件、硬化条件、熱処理条件および結果について以下に記載した。

#### ① 配合条件

- (1) 砂・・・フラタリーサンド
- (2) バインダー・・・Cordis8323 2.3% (対砂)
- (3) 添加剤・・・Anorgit8396 1.1% (対砂)

#### ② 硬化条件

- (1)～(3) 3.1 と同条件
- (4) 砂温/室温/湿度・・・12°C/15°C/37±5%

#### ③ 熱処理条件

造型してから24時間後のTPを300、500、700°Cの各温度での炉に10分間入れ、取り出した後、1時間空冷し、強度を測定した。

#### ④ 結果

図7より、熱処理温度が上昇するにつれて強度が低下することが分かった。

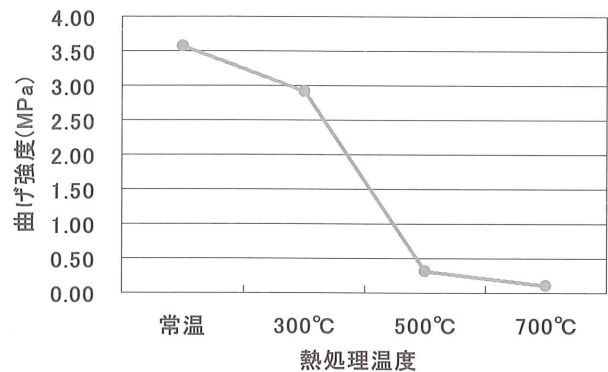


図7 熱処理温度と強度の変化

### 3.8 Cordis の崩壊原理 (文献抜粋)

Cordis の崩壊原理について観察を行った。図8は、熱負荷後のコルディスの結合部分のSEMの写真である。

#### ① 結果

図8より、Cordis の結合は熱負荷が加わることにより亀裂が入り、結合が脆くなる。これが Cordis の崩壊原理となっている。

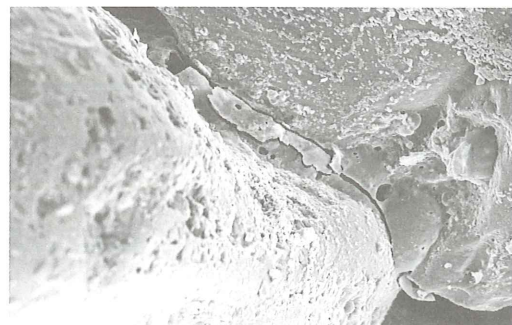


図8 熱負荷後の Cordis の結合状態

### 3.9 Cordis のガス圧 (文献抜粋)

Cordis のガス圧について測定を行った。図9は、アルミ湯における Cordis と HB のガス圧の測定結果である。

#### ① 結果

図9より、有機バインダーに代表される HB は、すぐにガス圧が上昇し、湯に触れている間は連続的にガスが発生する。これに対して、Cordis のガス圧は 40 秒前後に急激に上昇するが、それ以降は低いガス圧が出るのみである。

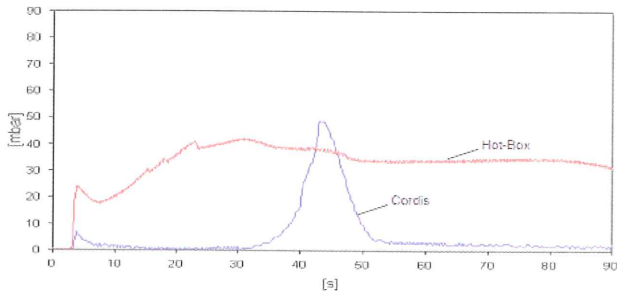


図9 Cordis のガス圧

### 3.10 Cordis の現場適用事例 (文献抜粋)

Cordis の現場適用事例について紹介する。図10は、VW 社の VR6 FSI のシリンダーヘッドの中子パッケージのイメージ図である。この中子パッケージは、ウォーターチャンバーコア、オイルチャンバーコア、トップコア、いくつかのインレットとアウトレットコアで構成されている。Cordis を使用した中子造型のサイクルタイムは、中子の形状に依存するが CB 法に近づく。この時は、重力ダイキャストに中子を使用した。押し抜き機と鑄造パラメータ (例えば融点、合金、サイクルタイム、中子取り扱い) は、連続生産に対応する。

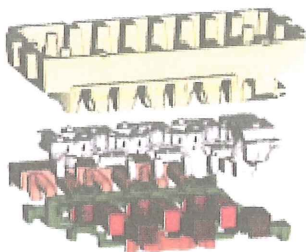


図10 中子パッケージ

鑄込み中に排出物や煙、臭気の発生はせず、鑄込み後、金型には凝縮物による汚染がなかった (図11)。このシリンダーヘッドは品質チェックを受け、品質に関連する欠陥は、非破壊検査法 (CT と内視鏡検査) と切断により見つからなかった。差し込みや砂咬み欠陥も見つかっていない。

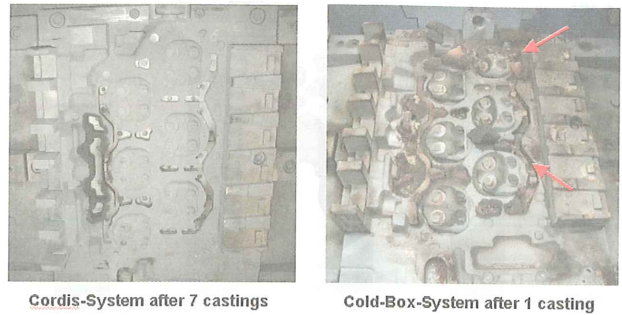


図11 鑄込み後の凝縮物付着

## 4. まとめ

従来、Cordis は 1 液タイプ (Cordis のみ) で試作を重ねられてきたが、1 液タイプでは強度、耐湿性等に不満が残る結果が生じ、2 液タイプ (Cordis + Anorgit) の着手によりその問題をクリアした。そのことは今回の試験結果より Cordis が良好な強度、可使用時間、保管性を示すことで理解できる。特に、臭気やガス圧の結果では、現行に使用されている有機バインダーに比べて非常に有利であると考えられる。

近日、地球温暖化の進行阻止に向けて CO<sub>2</sub> の削減が提唱され、カーボンオフセットがささやかれており、Cordis は臭気や凝縮物が発生しないため貢献できると期待している。

## 5. 文献

Patrick Voigt, Uwe Bischoff, Bernd Ristau, Bernd Georgi, Hans-Joachim Sill, Christian Lustig: Casting Plant & Technology, 2, 16-21 (2006)