

「大型鑄物の製造技術」

サブテーマ 「有機自硬性鑄型の欠陥対策と最新情報」

平成13年12月 7日

主催 川口商工会議所
埼玉県工業技術センター

講師： 株式会社 コーエー 常任技術顧問 園 清見



| | |
|--------------------------|----|
| 3. 自硬性鑄型 | 42 |
| 3. 1 フランノーベーク法 | 42 |
| 3. 1. 1 特徴と必要条件 | 42 |
| (1) 特徴はどんなことか | 42 |
| (2) 必要な条件はどんなことか | 43 |
| 3. 1. 2 けい砂 | 43 |
| (1) どのような基準で選ぶべきか | 43 |
| 3. 1. 3 粘結剤 | 45 |
| (1) どのような基準で選ぶべきか | 45 |
| 3. 1. 4 硬化剤 | 46 |
| (1) どのような基準で選ぶべきか | 46 |
| 3. 1. 5 二次添加物 | 47 |
| (1) 酸化鉄はどんな効果があるのか | 47 |
| 3. 1. 6 混練方法 | 48 |
| (1) 混練とはどんなことをするのか | 48 |
| (2) 混練機にはどんな種類があるのか | 48 |
| (3) 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか | 48 |
| 3. 1. 7 混練砂の管理 | 49 |
| (1) 骨材の粒度分布はどんな影響があるのか | 49 |
| (2) 粘結剤の添加量の管理はなぜ必要か | 49 |
| (3) だま(団粒)はどんな害があるのか | 49 |
| (4) 強熱減量は何に影響するのか | 49 |
| (5) 鑄型性質には何が必要か | 50 |
| 3. 1. 8 フラン法の造型設備 | 53 |
| (1) 硬化剤のコントローラはどんなものか | 53 |
| (2) 振動テーブルはどんな効果があるのか | 53 |
| (3) 砂再生装置はなぜ必要か | 53 |
| 3. 1. 9 鑄造方案 | 56 |
| 3. 1. 10 鑄造欠陥と対策 | 56 |
| (1) ガス欠陥 | 56 |
| (2) 砂かみ、洗われ、すくわれ欠陥 | 57 |
| (3) 差し込み欠陥 | 58 |
| (4) 砂に起因する焼着欠陥 | 59 |
| (5) ベイニング欠陥 | 59 |
| (6) 照らされ | 59 |
| (7) ダクタイル鑄鉄の表面の黒鉛球状化不良 | 60 |
| (8) 熱間亀裂 | 60 |
| 3. 2 エステル硬化フェノール・ノーベーク法 | 60 |
| 3. 2. 1 特徴と必要条件 | 60 |

| | | |
|----------|-------------------------|----|
| (1) | 特徴はどんなことか | 60 |
| (2) | 必要な条件はどんなことか | 61 |
| 3. 2. 2 | 骨材 | 61 |
| (1) | どのような基準で選ぶべきか | 61 |
| 3. 2. 3 | 粘結剤 | 62 |
| (1) | どのような基準で選ぶべきか | 62 |
| 3. 2. 4 | 硬化剤 | 62 |
| (1) | どのような基準で選ぶべきか | 62 |
| 3. 2. 5 | 混練方法 | 62 |
| (1) | 混練とはどんなことをするのか | 62 |
| (2) | 混練機にはどんな種類があるのか | 62 |
| (3) | 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか | 63 |
| (4) | 混練における材料の計量管理はなぜ重要か | 63 |
| 3. 2. 6 | 混練砂の管理 | 63 |
| (1) | 骨材の粒度分布はどうあるべきか | 63 |
| (2) | 酸消費量はどうか | 64 |
| (3) | 強熱減量 (L.O.I.) はどうか | 64 |
| 3. 2. 7 | 配合基準 | 65 |
| 3. 2. 8 | 造型作業 | 65 |
| (1) | 砂込めはどのようにするのか | 65 |
| (2) | 模型はどのようなものが使用されているのか | 65 |
| (3) | 抜型作業の留意点は何か | 65 |
| 3. 2. 9 | 適用範囲 | 66 |
| 3. 2. 10 | 鑄造方案 | 66 |
| 3. 3 | フェノールウレタン法 | 66 |
| 3. 3. 1 | 特徴と必要条件 | 66 |
| (1) | 特徴はどんなことか | 66 |
| (2) | 必要な条件はどんなことか | 67 |
| 3. 3. 2 | けい砂 | 68 |
| (1) | どのような基準で選ぶべきか | 68 |
| 3. 3. 3 | 粘結剤 | 68 |
| (1) | どのような基準で選ぶべきか | 68 |
| 3. 3. 4 | 混練方法 | 69 |
| (1) | 混練とはどんなことをするのか | 69 |
| (2) | 混練機にはどんな種類があるのか | 70 |
| (3) | 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか | 70 |
| (4) | 混練における材料の計量管理はなぜ重要か | 70 |
| (5) | 強熱減量 (L.O.I.) は何に影響するのか | 70 |
| 3. 3. 5 | 配合基準 | 70 |
| 3. 3. 6 | 造型作業 | 72 |
| (1) | 砂込めはどのようにするのか | 72 |
| (2) | 模型はどのようなものが使用されているのか | 72 |
| (3) | 抜型作業の留意点は何か | 72 |
| (4) | 再生砂の利用効果はどんなことか | 72 |
| 3. 3. 7 | 適用範囲 | 72 |
| 3. 3. 8 | 鑄造方案 | 73 |
| 3. 3. 9 | 鑄造欠陥と対策 | 73 |
| (1) | すず欠陥 | 73 |
| (2) | 差し込み欠陥の少ない理由 | 73 |

3. 自硬性鋳型

3.1 フランノーベーク法¹⁾

3.1.1 特徴と必要条件

(1) 特徴はどんなことか

フラン法はフラン樹脂（レジン）に有機スルホン酸（硬化剤）のような強酸を触媒として、脱水縮合によって硬化させる造型法である（以下フラン法と言う）。

市販の鋳造用フラン樹脂の大半は、尿素、ホルマリン樹脂等で変性されたものである。これらの中で尿素分の少ないものがハイフランと称され多用されている。

ユニットサンドに用いられるものは、さらに配合調整され低粘性にしたもので、高粘性のものに比較して少量のレジン添加で、砂粒子間で高い接着力を示すことを特徴としている。

以下に主な特徴を示す。

- ① 砂に対するレジン添加量が少なく、再生砂では0.6～0.8%である。またレジンの粘性が低いので、砂の流動性がよく、型の込め付け作業が容易である
- ② 混練砂の可使時間や抜型時間を自由に設定できるので、鋳型の大きさ、形状等の応用範囲が広い
- ③ 大型鋳型でも鋳型最深部の硬化が速い
- ④ 熱間強度が高く、鋳型壁の移動が少ないので、寸法精度のよい鋳物ができる
- ⑤ 鋳型の保温性がよい
- ⑥ 注湯時のガス発生量が少ない
- ⑦ 型ばらし時の鋳型の崩壊性がよいので、作業の合理化ができる
- ⑧ 砂の再生性がよく、市販の再生機で95%以上の砂回収が可能である。省資源、廃棄物低減に有利である

(2) 必要な条件はどんなことか

- ① 砂の管理項目では、砂中の水分、粘土分、アルカリ分、微粉、鉄粉等が硬化に悪影響する
- ② 温度、湿度の管理では、気温、砂温、湿度が硬化速度、鋳型強度に影響する
- ③ 鋳造方案に工夫が必要である。鋳型の“なりより性”（可縮性）が少ないので、ねずみ鋳鉄では反りや割れ欠陥を起こしやすい
- ④ 材料管理では塗型や残留Mg管理を誤ると、ダクタイル鋳鉄の表面で黒鉛球状化不良が起こりやすい
- ⑤ 塗型作業の管理が必要である。塗型直後は一時的に強度低下が起こりやすい
- ⑥ 再生砂の管理を誤るとガス欠陥が起こりやすい
- ⑦ 作業環境の管理が必要である。造型時のホルマリン、注湯時のSO₂ガスが作業環境を汚染する懸念があるため、排気設備の設置が望ましい

3.1.2 けい砂¹⁾

(1) どのような基準で選ぶべきか

現在フラン鋳型用として市販されているけい砂は、十分な水洗あるいは浮遊選鉱したものである。けい砂に必要な項目は、

- ① 石英分が90%以上で耐火度が高いこと
- ② 粒形はできるだけ球形で、比表面積が小さいこと
- ③ 結晶構造が緻密で耐破碎性がよいこと。けい砂が破碎して微粉量が多くなると鋳型強度が低下する
- ④ アルカリ分、粘土分、水分、微粉、金属または金属塩等の硬化反応や強度の発現を妨害する物質ができるだけ少ないこと
- ⑤ 粒度構成は主構成が3～4シーブのピークで微粉がないことなどである。

代表的な国産、輸入けい砂の例を表3.1¹⁾に示す。

表 3.1 フランノーベーク鋳型用の代表的けい砂の性状¹⁾

| 項目 種類 | 粒度分布 (メッシュ, ふるい上残%) | | | | | | | | | | A.F.S. | 化学成分 (%) | | | L.O.I. | pH | |
|------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-----|-----|
| | 20 | 28 | 35 | 48 | 75 | 100 | 145 | 200 | 280 | PAN | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | | | |
| 掛津浮選5号 | 0.0 | 1.5 | 34.8 | 53.7 | 8.9 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 37.4 | 96.3 | 1.9 | 0.4 | 0.4 | 5.8 |
| 掛津KF5号 | 0.8 | 9.9 | 51.7 | 31.1 | 5.7 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 33.5 | 90.1 | 5.1 | 1.1 | 0.6 | 5.0 |
| 石見5号 | 0.4 | 7.5 | 34.0 | 31.9 | 18.6 | 3.0 | 1.8 | 2.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 41.8 | 96.5 | 2.3 | 0.2 | 0.2 | 4.8 |
| 温泉津5号 | 0.3 | 5.5 | 28.7 | 32.2 | 26.5 | 4.9 | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 41.9 | 96.1 | 1.7 | 0.1 | 0.3 | 5.6 |
| 三河R5号 | 0.2 | 14.6 | 67.0 | 17.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 30.4 | 99.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 6.3 |
| 日光浮選5号 | 0.0 | 3.0 | 30.5 | 44.0 | 17.5 | 4.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 39.9 | 96.5 | 1.3 | 0.9 | 0.4 | 5.8 |
| 三栄5号 | 0.0 | 1.4 | 9.7 | 48.5 | 30.9 | 8.3 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 45.1 | 98.5 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 5.6 |
| 最上5号 | 0.2 | 4.8 | 19.0 | 34.1 | 26.0 | 11.2 | 3.6 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 46.5 | 98.3 | 0.7 | 0.1 | 0.3 | 5.2 |
| 飯豊5号 | 0.0 | 1.4 | 9.7 | 48.5 | 30.9 | 8.3 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 45.1 | 97.3 | 1.7 | 0.1 | 0.2 | 5.4 |
| フリーマントルけい砂 | 1.0 | 14.2 | 37.6 | 30.1 | 12.4 | 3.2 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 36.4 | 99.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 |
| フラタリーけい砂 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 15.8 | 32.6 | 35.8 | 12.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 61.3 | 99.1 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 6.9 |

3.1.3 粘結剤¹⁾

(1) どのような基準で選ぶべきか

現在使用されているフラン樹脂は、一般に窒素含有量が4%以下で、フラン樹脂分が80%以上のいわゆるハイフラン樹脂である。

注湯する鋳物の材質、形状、大きさ等に対応して、製造メーカーの推薦するフラン樹脂には特徴と実績があり、一概に選定基準を設ける必要はない。

鋳造業界のニーズに沿って開発された多種多様のフラン樹脂が市販されているが、自社において環境、品質、コストの中で何が最優先するか、目的にあったフラン樹脂を選定する必要がある。

市販されているフラン樹脂の代表例を表3.2¹⁾に示す。

表 3.2 市販のフラン樹脂¹⁾

| 品 名 | 特 徴 | 製造メーカー |
|--------------------|--|--|
| 標準型 フラン樹脂 | 鋳鉄、鋳鋼、非鉄鋳物に広く使用されている | (50音順にて) ○旭有機材工業 |
| 賦香、マスキング型 フラン樹脂 | フラン鋳型の課題である、造型時、注湯時の臭気をマスキングしたもので、フレッシュエアタイプの香料が配合されている | ○岡崎ヒュッテナスアル バータス ○花王クエーカ ○神戸理化学工業 ○大日本インキ化学工業 ○日立化成工業 |
| ニューフラン樹脂 | 造型時、注湯時の臭気が大幅に改善されたもの。とくに注湯時のいおうが従来の1/2~1/4に激減され、かつダクタイル鋳鉄の表面の黒鉛球状化阻害、バーミキュラ黒鉛鋳鉄の侵蝕等が改善されると報告されている | |

3.1.4 硬化剤²⁾

(1) どのような基準で選ぶべきか

フラン樹脂を常温で硬化させるため、有機スルホン酸等の強酸性触媒を硬化剤として使用する。一時はりん酸系、硫酸系等の硬化剤も使用されたが、現在ではほとんど有機スルホン酸系の硬化剤である。

有機スルホン酸の濃度は30～80%程度で、必要により硫酸が配合されており、水またはアルコールでバランスさせている。

各メーカーのデータと現場での経験によって硬化剤は非常に進歩し、フラン樹脂以上に種類が多くなっている。硬化剤の性状例を表3.3²⁾に示す。

表 3.3 硬化剤の性状例²⁾

■一般用硬化剤

| 硬化剤名 | 特 徴 | 適応温度範囲 (30分抜型) |
|------|--------------------------|----------------|
| US-3 | 速硬化 ↑ ↓ 遅硬化 | 5～10℃ |
| TK-1 | | 10～15℃ |
| TK-2 | | 15～20℃ |
| TK-3 | | 20～25℃ |
| C-14 | | 25～30℃ |
| C-17 | | 30～35℃ |
| C-19 | | 35～40℃ |
| C-21 | | 40～45℃ |
| C-23 | | 45～50℃ |
| F-4 | | 速硬化 |
| F-7 | ↑↓ 特殊砂(ジルコン、クロマイト)用 ↓ | 30～35℃ |
| F-9 | | 遅硬化 |

■ニューフラン樹脂用硬化剤

| 硬化剤名 | 特 徴 | 適応温度範囲 (30分抜型) |
|--------|---|----------------|
| NC-100 | 速硬化 ↑ S低減率：30~40% (対従来型硬化剤) ダクタイル用 ↓ | 5~10℃ |
| NC-101 | | 10~15℃ |
| NC-102 | | 15~20℃ |
| NC-103 | | 20~25℃ |
| NC-114 | | 25~30℃ |
| NC-117 | | 30~35℃ |
| NC-119 | | 35~40℃ |
| NC-121 | 遅硬化 | 40~45℃ |
| NC-500 | 速硬化 ↑ S低減率：60~70% (対従来型硬化剤) ダクタイルを除く ↓ | 5~10℃ |
| NC-501 | | 10~15℃ |
| NC-502 | | 15~20℃ |
| NC-503 | | 20~25℃ |
| NC-514 | | 25~30℃ |
| NC-517 | | 30~35℃ |
| NC-519 | | 35~40℃ |
| NC-521 | | 遅硬化 |

注) ニューフラン樹脂用硬化剤は最近開発されたものである。

3.1.5 二次添加物

(1) 酸化鉄はどんな効果があるのか

一般に有機系鋳型は粘結剤の添加量が少ないため、砂粒子間に溶湯が入りやすく、鋳型の一部が加熱され焼着現象を起こす。また粘結剤が少ないため鋳型のクッション性が小さいので“なりよりに性”に乏しい。

それを補うため砂鉄、スケール、べんがら等が使用されている。またガス欠陥の対策にも使用されることもある。

酸化鉄の利用例を表3.4に示す。

表 3.4 酸化鉄の用途

| 品 名 | 添加量 (%/砂) | 効 果 |
|------|-----------|--------------|
| べんがら | 0.2~0.4 | ガス欠陥、焼着、差し込み |
| スケール | 3.0~4.0 | 〃 〃 〃 |
| 砂 鉄 | 3.0~4.0 | 〃 〃 〃 |

注) 酸化鉄は鉄の酸化物の総称

酸化鉄にはFe₂O₃、Fe₃O₄、FeOの3種がある

- ① 銑鉄の原料である鉄鉱石の主成分
- ② 中子砂などに添加して、絞られやガス欠陥の防止に効果がある
- ③ 砂鉄、スケールなどは、粒子の大きさ、形状によってその添加量が変わる
- ④ 現在、スケールの使用例は少ない

3.1.6 混練方法¹⁾

(1) 混練とはどんなことをするのか

骨材と粘結剤、硬化剤および添加剤などを混合して、造型に必要な性質を与える鋳物砂の調整作業である。

(2) 混練機にはどんな種類があるのか

一般に使用されている混練機（ミキサ）には、連続式ミキサとバッチ式ミキサがある。

① 連続ミキサ

原料砂に粘結剤と硬化剤を混合した時点から反応が開始する。可使時間に限りがある自硬性鋳型では、短時間に効率よく混練できるのが連続式ミキサである。

連続式ミキサは国内外の鋳造機械メーカーで、ユーザーニーズに沿って独自で改良、開発した多くの機種が市販されている。

② ロボットミキサ

鋳型の枠サイズ、重量に応じてミキサの動きをティーチングしておけば、自動的にトレースを描きつつ砂入れが行われる。

③ 多機能式選択ミキサ

原料砂の新砂、再生砂、特殊砂あるいは粘結剤、硬化剤の配合量の切り換えや混練時間等を造型順序に従い事前にプログラミングしておけば、多機能の混練が自動的に行われるミキサである。

④ バッチ式ミキサ

小物の主型、中子およびジルコン砂、クロマイト砂、人造ムライト砂などの特殊砂の混練にはバッチ式ミキサが多く使用されている。

(3) 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか

原料砂（再生砂）に対しフラン樹脂を0.6～0.8%、硬化剤を樹脂に対し30～60%添加する。添加順序は硬化剤を先に加え、次いで樹脂を添加する。

混練時間はミキサの機種で異なるが、混練ムラが出ない範囲で短時間に混練するバッチ式ミキサでは30～60秒程度である。（表3.5参照）

3.1.7 混練砂の管理¹⁾

(1) 骨材の粒度分布はどんな影響があるのか

鋳型や鋳物の出来栄えは骨材の粒度構成がよくないと、型肌が粗くなり鋳物に“差し込み”欠陥が起こりやすい。できれば粒度構成を3～4シートのピークに調整するとよい。

(2) 粘結剤の添加量の管理はなぜ必要か

フラン樹脂は砂に対し0.6～0.8%添加と少ないので、混練砂の流動性がよく、込め付け作業が容易である。しかし、そのため込め付けを省略し過ぎて、鋳型の充てん密度が悪くなることがある。造型の基本である込め付けをきちんと行えば、表面安定性がよく、充てん密度の高い鋳型が得られる。樹脂および硬化剤の添加量によっては、ガス欠陥、黒鉛球状化不良が発生する。

(3) だま（団粒）はどんな害があるのか

① 鋳型や鋳物の出来栄えとどんな関係があるのか

混練が不十分でだまが発生すると、鋳型の硬化ムラが起こるので型肌が荒れる。型肌にだまがあると、局部的にガス発生量が多くなり、ガス欠陥を起こしやすい。

② 一般にどのように管理されているか

混練時にだまが発生しない方策を取るが、だまがある場合は肌砂への使用は避けて裏砂に使用する。

(4) 強熱減量は何に影響するのか

鋳型の出来栄えにそれほど影響はないが、有機系の鋳型砂は繰り返し使用していると、残留樹脂のため強熱減量が増加し、ガス欠陥の成因となる。

また砂粒子の表面状態が悪化し、樹脂の添加量が増加すると悪影響が起こりやすい。したがって再使用するには回収砂の精磨が必要である。

一般に強熱減量は2.5%以下が望ましい。

(5) 鑄型性質には何が必要か

① 鑄型強度

フラン鑄型の強度は、鑄造品の材質、大きさ、形状および肉厚によって使い分けされている。

また再生砂中にアルカリ分、粘土分、水分、微粉、金属などが含まれていると、硬化反応および強度の発現を妨げるので、できるだけ少ないことが望ましい。

再生砂中の微粉、水分、粘土分などの含有量と鑄型強度の関係事例を図3.1～3.3¹⁾に示す。

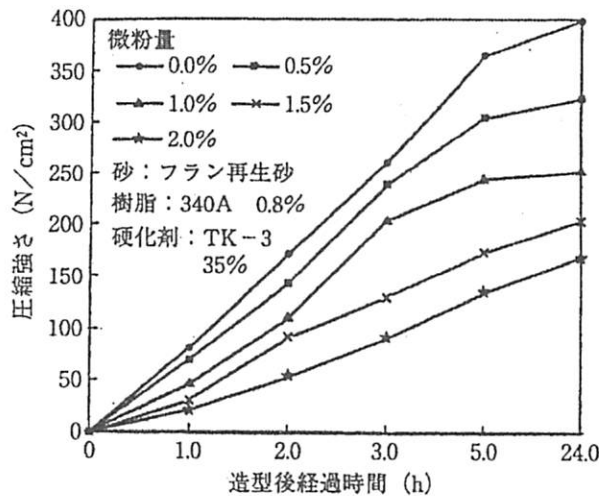


図 3.1 微粉量が鑄型の硬化特性に与える影響

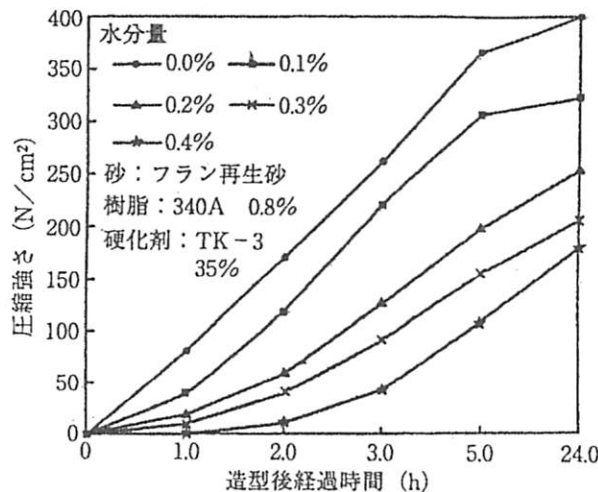


図 3.2 水分量が鑄型の硬化特性に与える影響

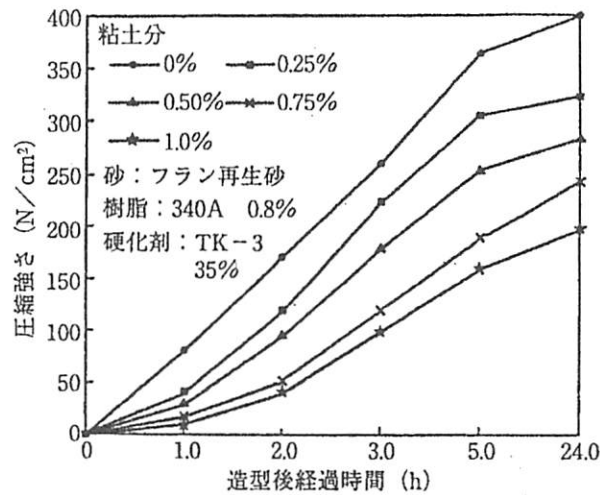


図 3.3 粘土分が鋳型の硬化特性に与える影響¹⁾

② 通気度

フラン鋳型は、一般に使用するけい砂が5～6号砂（297～149 μm ）であることと、添加する樹脂量が少ないため、通気度はA.F.S. 200～500程度である。

通気度が良過ぎると差し込み現象の成因となるので塗型によって回避している。

③ 充てん密度、表面安定度

フラン鋳型は、前述のように樹脂の添加量が少ないため、混練砂の流動性はよいが、粒子間隙が大きいので充てん密度はやや小さい。おおよそ1.45～1.55g/mlの範囲である。

表面安定度は混練砂の流動性がよいため90%以上である。

参考までにフラン砂の調砂作業の事例を表3.5に示す。

表 3.5 鑄造作業標準の事例

| 鑄造作業標準 | フラン砂の調砂作業 | 会社名 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------------------|----------|---------|-----|---------|-----|---|------|-------------------|-------|----|-------|-----|--------|---------|---|-----|---------|------|---------|------|---|------|-----|---------|-----|---|----------------|---|------|---|---|---------------|---|-----|---|
| <p>1. 適用範囲 この作業標準はねずみ鑄鉄、ダクタイル鑄鉄鑄物（ポンプ部品）を製造するフラン砂の調砂作業について規定する。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>2. 配合割合 フラン砂の配合割合は表1による。</p> <p style="text-align: center;">表1</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料 砂種</th> <th colspan="2">骨材 (%)</th> <th colspan="3">添加剤 (%)</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>5.5号</th> <th>再生砂</th> <th>樹脂</th> <th>スルホン酸</th> <th>酸化鉄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FU-1</td> <td>100</td> <td>-</td> <td>1.5</td> <td>0.4~0.8</td> <td>2.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FU-2</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>0.8</td> <td>0.2~0.5</td> <td>1.7</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | 材料 砂種 | 骨材 (%) | | 添加剤 (%) | | | 備考 | 5.5号 | 再生砂 | 樹脂 | スルホン酸 | 酸化鉄 | FU-1 | 100 | - | 1.5 | 0.4~0.8 | 2.0 | | FU-2 | - | 100 | 0.8 | 0.2~0.5 | 1.7 | | | | | | | | | | |
| 材料 砂種 | 骨材 (%) | | | 添加剤 (%) | | | 備考 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.5号 | 再生砂 | 樹脂 | スルホン酸 | 酸化鉄 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FU-1 | 100 | - | 1.5 | 0.4~0.8 | 2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FU-2 | - | 100 | 0.8 | 0.2~0.5 | 1.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>3. 混練機；表1の砂は、ワールミキサ（簡易速練機）60kg/バッチ、1,200kg/hrで混練する。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>4. 混練順序および混練時間は以下による。</p> <div style="text-align: center;"> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>5. 鑄型性質の管理目標 調砂したフラン砂は1日1バッチを無作為に抽出し、表2の試験を行う。</p> <p style="text-align: center;">表2</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>試験項目</th> <th>単位</th> <th>目標値</th> <th>試験数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>圧縮強さ</td> <td>N/cm²</td> <td>30~50</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>通気度</td> <td>A.F.S.</td> <td>150~300</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>充てん密度</td> <td>g/ml</td> <td>1.5~1.6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>残留水分</td> <td>%</td> <td>0.5~1.0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>強熱減量 (Ig.loss)</td> <td>%</td> <td><2.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>表面安定度 (S.S.I)</td> <td>%</td> <td>>92</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> | | | No | 試験項目 | 単位 | 目標値 | 試験数 | 1 | 圧縮強さ | N/cm ² | 30~50 | 3 | 2 | 通気度 | A.F.S. | 150~300 | 3 | 3 | 充てん密度 | g/ml | 1.5~1.6 | 3 | 4 | 残留水分 | % | 0.5~1.0 | 1 | 5 | 強熱減量 (Ig.loss) | % | <2.5 | 1 | 6 | 表面安定度 (S.S.I) | % | >92 | 3 |
| No | 試験項目 | 単位 | 目標値 | 試験数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 圧縮強さ | N/cm ² | 30~50 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 通気度 | A.F.S. | 150~300 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 充てん密度 | g/ml | 1.5~1.6 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 残留水分 | % | 0.5~1.0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 強熱減量 (Ig.loss) | % | <2.5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 表面安定度 (S.S.I) | % | >92 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.1.8 フラン法の造型設備^{1) 2)}

(1) 硬化剤のコントローラはどんなものか

フラン鋳型の混練では、樹脂の反応の制御をつかさどる硬化剤コントローラが最も重要である。

フラン鋳型に限らず、化学反応で硬化する自硬性鋳型の反応速度は温度で大きく変化する。従来は砂の温度、気温の変動あるいは必要とする鋳型の造型速度に応じて、経験と勘で硬化剤の種類と添加量を現場で調整していた。

造型作業を標準化する上でこれが一つの障害であった。最近では砂温、気温を自動検知し、強弱が違う2種類の硬化剤をあらかじめ設定した硬化速度に対応して、自動的に供給される硬化コントローラが急速に普及している。

(2) 振動テーブルはどんな効果があるのか

フラン鋳型や他の自硬性鋳型の混練砂は、可使時間以内にすばやく込め付け作業を行うことが、表面安定性のよい、適切な鋳型強度を有する鋳型を得るために重要なポイントである。従来、自硬性鋳型は手込め作業あるいはエアランマ作業によるつき固め法であった。

樹脂添加量が少なく流動性のよいフラン鋳型では、振動テーブルの技術進歩で、振動数、振幅等を適切に設定すれば、つき固め法以上に均一で、充てん密度が高く、表面安定性のよい鋳型が生産されるようになった。

(3) 砂再生装置はなぜ必要か

フラン鋳型では砂再生装置が最も重要であり、造型システムの良否が決まる。心臓部である再生機に前後する付帯設備を含めて再生装置と言う。各社により構成内容が異なるが、代表的設備としては、砂破砕機（サンドクラッシャ）、再生機（リクレーマ）、集じん機（ダクトコレクタ）、砂温調整機（サンドヒータ）、ふるい分級機（ブレイカスクリーン）、空気輸送機（ニューマチックコンベア）等で構成されている。

なお再生機は砂粒子を破砕しないで、砂表面を研磨できるもの

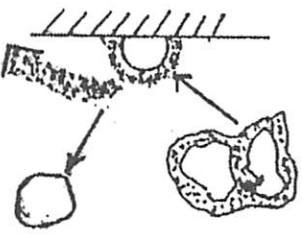
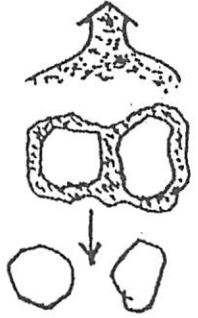
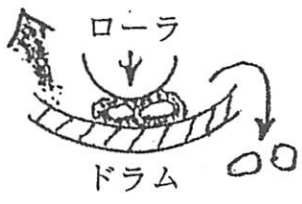
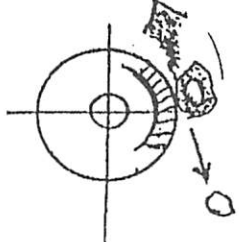
が好ましい。

市販されている再生方式の特徴および原理を表3.6、表3.7^{3) 13)}に示す。

表 3.6 三方式の特徴¹⁰⁾

| 特徴 方式 | 長 所 | 短 所 |
|----------|----------------------|------------------------|
| 衝撃式 | 摩耗部品が少なくランニングコストが安い | 粘性のある表面付着物の除去は難しい |
| | 再生効果は案内板角度と供給量の変更で容易 | 機械効率が他の再生法よりわずかに低い |
| | 微粉除去効果と砂冷却がよい | |
| 摩擦式 | 比較的摩耗部品が少なく保守点検が容易 | 衝撃式に比べ動力費が高い |
| | 再生状態の管理が行いやすい | バッチ式の場合ロスタイムがある |
| | 粒形改善効果がある | 微粉除去能力が若干劣る (単独の場合) |
| 研磨式 | 機械はコンパクトで構造も簡単 | 表面付着物の剥離状態が不均一 |
| | 設備費が安い | 砥石の消耗が大きい |
| | 動力費が安い | |

表 3.7 乾式再生機の再生原理¹⁰⁾

| 再生原理 | | 再生方式 |
|------|--|--|
| 衝撃式 | 粒子間衝突+ ターゲットとの衝突  | (1) 遠心力衝撃法 砂粒子を遠心力によって加速し、粒子間衝突とターゲットへの衝突により表面付着物を剥離する |
| | | (2) 噴気流衝撃法 砂粒子をジェットエアで加速し、粒子間衝突とターゲットへの衝突により表面付着物を剥離する |
| 摩擦式 | 粒子間摩擦  | (3) 攪拌摩擦法 回転羽根やドラムで攪拌移動させ、粒子間摩擦および羽根等との摺動により表面付着物を摩滅する |
| | | (4) 遠心力摩擦法 推積している砂粒と遠心力により加速された砂との粒子間摩擦によって表面付着物を摩滅する |
| |  | (5) 圧密摩擦法 自由回転するローラとドラムの間隙にある砂粒子を圧密しながら回転し、砂粒子間摩擦を行いつつ表面の付着物を剥離する |
| 研磨式 | 砂粒研磨  | (6) ショットブラスト式 ショットブラスト排砂（ショット粒投射により表面付着物を剥離）を除鉄して使用する |
| | | (7) 砥石研磨法 回転砥石に砂粒子を落下させ研削する |

3.1.9 鑄造方案^{1) 2) 4) 5)}

一般に鑄造方案の基本は次の2点である。

- ① 溶湯はできるだけ乱れず静かに速く鑄込むことである。フラン鑄型もこの基本どおり方案を立てる必要がある。フラン鑄型は酸素のない雰囲気では耐熱性（熱間強度）であるが、酸素があるところでは樹脂が燃焼する。鑄型のキャビティには空気中の酸素が存在するので、できるだけ速く溶湯と置換すること、すなわち鑄込みを速く行うことが必要である。
- ② 一般にフラン鑄型では押し上げ方案が多く採用されている。また湯口：湯道：堰の湯口比は1：0.7：0.3程度にする。中物、大物の湯口系には陶管を使用するとよい。

3.1.10 鑄造欠陥と対策^{1) 2) 4)}

鑄造欠陥の原因究明は複雑で、複数の要因が関係することが多い。フラン鑄型が採用された当初と違い粘結剤、鑄造機械、鑄造技術の進歩で原因究明と対策が進んでいる。しかし作業の不慣れや鑄造上の難しさあるいは単純なミスで欠陥を発生することがある。

以下に主な欠陥とその原因および対策事例を示す。

(1) ガス欠陥

- ① 粘結剤に起因するもの

〈原因〉

粘結剤の選定が鑄物材質に適合していない。また粘結剤の添加量が多い

〈対策〉

鑄物材質に適合した高品質の粘結剤を使用する。また必要最小限の添加量とする

- ② 再生砂に起因するもの

〈原因〉

再生砂の強熱減量が多い

〈対策〉

再生設備をチェックし、管理値内に調整する

③ 造型に起因するもの

〈原因〉

鋳型の硬化が不十分である。また混練ムラで粘結剤の偏在化した砂が鋳型表面にある

〈対策〉

十分に硬化した鋳型に注湯する。また混練ムラが起きないように、常時ミキサ（ポンプを含め）を整備する

④ 塗型に起因するもの

〈原因〉

塗型の乾燥が不十分である。また塗型剤の溶剤品質が悪い

〈対策〉

ボーム度を適切に管理し、溶剤が鋳型内部に浸透し過ぎないように注意する。また十分に塗型を乾燥する

再生メタノールは純度の高い良質のものを使用する。また塗型膜強化用としてスノーテックス（コロイダルシリカ系）を塗型剤に添加するとよい

⑤ 方案に起因するもの

〈原因〉

- 1) 鋳込み速度が極端に遅い
- 2) 湯口方案が不適切なため鋳型内で乱流を引き起こす
- 3) ガス抜きが不適切である

〈対策〉

- 1) 掛け堰は適切な湯口形状および位置にして湯のみをよくする
- 2) 鋳込み速度を速くする
- 3) ガス針、サランひも等でガス抜きをよくする

(2) 砂かみ、洗われ、すくわれ欠陥

① 造型に起因するもの

〈原因〉

- 1) 鋳型の表面安定性が悪いとき
- 2) 可使時間の過ぎた砂を使用

- 3) 抜型時の模型とのこすれ
- 4) 砂の充てん不足
- 5) 鑄型の切断面や削り面、破損部の補修が不十分

〈対策〉

- 1) 表面安定性のよい鑄型を使用する
- 2) 可使時間内の砂を使用する
- 3) 逆勾配がないように、模型の手入れをする
- 4) 砂込めは十分にし、充てんのよい鑄型とする
- 5) 鑄型の切断面や削り面は塗型をする

② 方案に起因するもの

〈原因〉

- 1) 溶湯が鑄型壁に直接ぶつかる
- 2) 長時間湯流れにさらされる箇所がある
- 3) 湯口系形状や位置が不適切で、溶湯が乱流状態で注湯される

〈対策〉

- 1) 湯が鑄型壁に直接ぶつからないように堰を設ける
- 2) 堰前の主型、中子部を二重塗型やジルコン系塗型およびカーボンクロスで補強する
- 3) 湯口系には陶管を使用する

(3) 差し込み欠陥

① 砂に起因するもの

〈原因〉

けい砂の粒度構成がよくない

〈対策〉

3～4シープのピークに粒度調整する

② 造型に起因するもの

〈原因〉

- 1) 可使時間の過ぎた砂を使用
- 2) つき固めが悪く充てん不足

〈対策〉

- 1) 必ず可使時間内に砂を使用する

- 2) 型の込め付けを十分に行い、充てんがよく表面安定性のよい鋳型を使用する

③ 塗型に起因するもの

〈原因〉

塗型剤の選定が不適當および濃度が低過ぎる

〈対策〉

- 1) 目止め効果があり、塗型膜が強いスノーテックス添加塗型剤などを使用する
- 2) 塗型剤のボーマ度を管理する

(4) 砂に起因する焼着欠陥

〈原因〉

けい砂の耐火度が低く、酸化鉄 (Fe_2O_3) の含有量が多い

〈対策〉

石英分が多く耐火度の高いけい砂を使用する。マグネットセパレータや集じん機を点検し、砂中の酸化鉄 (Fe_2O_3) をできるだけ少なくする

(5) ベイニング欠陥

〈原因〉

石英分が多く熱膨張率の大きいけい砂の使用

〈対策〉

- 1) 再生砂を使用する。熱履歴が繰り返された再生砂は熱膨張率が低下するので、ベイニングは起きにくい
- 2) 厚肉物では酸化鉄などを少量添加するか、石英分の低いけい砂をブレンドする

(6) 照らされ

〈原因〉

- 1) 鋳込み時間が長く、上型が長時間高温にさらされる
- 2) 段堰では湯の配分が悪い

〈対策〉

- 1) 鋳込み速度を速くする
- 2) 溶湯配分が片寄らないようにする

- 3) 傾斜鋳込みにする
 - 4) 上型面に耐熱性のある塗型をする
- (7) ダクティル鋳鉄の表面の黒鉛球状化不良

〈原因〉

硬化剤として使用する有機スルホン酸が、注湯時にいおう系の熱分解ガスを発生する

〈対策〉

- 1) 侵蝕防止効果の高い塗型剤を使用する
 - 2) 溶湯の残留Mgを0.04%以上と若干高くする
 - 3) 二重塗型をする
 - 4) 肌砂にクロマイト砂を使用する
 - 5) 肌砂に水溶性フェノール樹脂を使用する
- (8) 熱間亀裂

〈原因〉

フラン鋳型は、“なりより性”が悪い

〈対策〉

- 1) 木粉や穀物粉、がらや発泡ポリスチレン等のクッション剤を添加する
- 2) 熱間亀裂の発生しやすい箇所に、クロマイト砂か合成ムライト砂を使用する
- 3) 中子等はできるだけ砂盗みをする
- 4) 肌砂、ポケット砂には水溶性フェノール樹脂を使用する

3.2 エステル硬化フェノール・ノーベーク法¹⁾

3.2.1 特徴と必要条件

(1) 特徴はどんなことか

エステル硬化フェノール・ノーベーク鋳型（以下アルカリフェノール鋳型と言う）は、高アルカリ性の樹脂と有機エステルとを反応硬化させる造型法である。エステルは触媒として作用するのではなく、反応成分として作用する点が他の有機自硬性鋳型と異

なっている。

以下に主な特徴を示す。

- ① 粘結剤や硬化剤にはいおうなどを含まないので、これによる鑄造欠陥は発生しない
 - ② 鑄型の“なりより性”（可縮性）があり、ベイニングや熱間亀裂の鑄造欠陥が減少する
 - ③ 砂の選択がゆるやかで、ジルコン砂、クロマイト砂、ムライト系の特殊砂も使用できる
 - ④ 混練時、造型時、注湯時、型ばらし時などで発生する臭気や煙が少なく、作業環境が改善できる
 - ⑤ 鑄型の貯蔵性がよい
 - ⑥ 樹脂が水溶性のため、ミキサの清掃など取扱いが容易である
- (2) 必要な条件はどんなことか

- ① 砂の管理が必要で、とくに再生砂の管理が大切である。機械再生が一般的であるが、砂表面に被覆した粘結剤の結合力が強く、他の有機自硬性に比べると再生力を若干強めに行う必要がある
- ② 硬化剤の管理が必要である。一般の有機自硬性の硬化剤は触媒であるため、その添加量で可使用時間をコントロールできる。しかし本法の硬化剤は反応成分のため、可使用時間は硬化剤の種類で調節するので慣れないとやや繁雑である
- ③ 温度管理が必要である。他の有機自硬性と同様、気温、砂温、湿度によって硬化速度、鑄型強度に影響する

3.2.2 骨材¹⁾

(1) どのような基準で選ぶべきか

- ① 適用可能な骨材は、けい砂、クロマイト砂、ジルコン砂、オリビン砂、ムライト系砂およびこれらの再生砂である
- ② 砂の粒形は、できるだけ球形に近いことが望ましい。粒度指数はA.F.S.で45～65程度のものが多く使用されている
- ③ 砂の粒形が角形の場合、粘結剤の添加量が増加して砂の流動

性が低下し、充てん密度および鋳型強度に影響する

3.2.3 粘結剤

(1) どのような基準で選ぶべきか

アルカリフェノール粘結剤には有機溶剤が使用されておらず、難燃性であるため特別な法的規制の適用はない。粘結剤の特性を表3.8¹⁾に示す。

3.2.4 硬化剤

(1) どのような基準で選ぶべきか

硬化剤は、各樹脂メーカーで市販されているアルカリフェノール樹脂に適合したものを使用する。なお硬化剤は消防法の危険物第4類第3石油類に該当する。硬化剤の物性も表3.8²⁾に示す。

表 3.8 エステル硬化フェノール、ノーベーク粘結剤の物性および法的規制

| No | 項 目 | 粘結剤 | 硬化剤 |
|----|--------------------------|-----------|--------------|
| 1 | 外観 | 暗褐色 液体 | 無色か薄茶 液体 |
| 2 | 比重/25℃ | 1.15~1.25 | 1.00~1.20 |
| 3 | 粘度/25℃ (CP) [*] | 30~150 | 1~30 |
| 4 | 消防法 | 該当せず | 第四類 第三石油類 |
| 5 | 労働安全衛生法 | 同上 | 該当せず |
| 6 | 毒劇物取締法 | 同上 | 同上 |

※CP：センチボイズで粘度を示す。

3.2.5 混練方法

(1) 混練とはどんなことをするのか

原料砂と粘結剤、硬化剤および添加剤などを混合して、造型に必要な性質を与える鋳物砂の調整作業である。

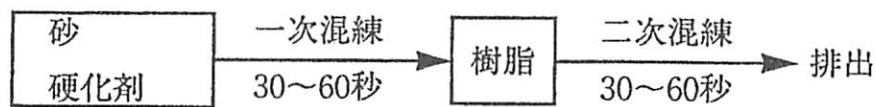
(2) 混練機にはどんな種類があるのか^{1) 9) 13)}

混練機は有機自硬性用として、バッチ式や連続式でも通常使用されている機種であれば問題はない。

バッチ式にするか連続式にするかは、砂の充てん量、抜型時間、鋳型の造型個数、砂の充てん時間などで決定される。混練砂には可使時間があるので、一般的には主型造型、大型中子造型には連続式、小物の主型および中子造型にはバッチ式が使用されている。

(3) 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか

本法はまず原料砂と硬化剤を一次混練し、次いで樹脂を添加して二次混練する。その順序と混練時間を次に示す。



(4) 混練における材料の計量管理はなぜ重要か

混練機で最も重要な点は混練効率であるが、それに次いで大切なものが計量装置で、砂や粘結剤、硬化剤の計量精度、とくに計量の再現性がよいことが要求される。

- ① アルカリフェノール粘結剤の計量で配慮すべき問題は、温度による粘度変化である。地域、場所によっては、低温時にサービスタンク類を加温して粘度低下を防止し、ポンプの計量精度を保持する必要がある。また定期的に計量検査を行うことが必要である
- ② 本法の粘結剤の成分はアルカリ性であるが、ポンプ、パイプ、バルブおよびサービスタンク類は鉄製でもよく、望ましくはステンレス鋼製がよい。また硬化剤はエステルであり金属を腐食することはないが、プラスチック製のポンプ、パイプ、バルブ、タンク類とし、ポリウレタン製、塩化ビニール製を使用してはならない

3.2.6 混練砂の管理^{1) 5) 6) 7)}

(1) 骨材の粒度分布はどうあるべきか

前述したように骨材の粒形はできるだけ球形に近いことが望ましい。粒度指数はA.F.S.で45~65程度である。

(2) 酸消費量はどうかあるべきか

砂中に存在するアルカリ分を表し、新砂ではその産地、種類によって異なる。繰り返し再生利用すると、粘結剤がアルカリ性であるため、再生砂の強熱減量によってその値が異なる。

(3) 強熱減量 (L.O.I.) はどうかあるべきか

強熱減量は通常再生砂に対して要求される品質特性の目安となる。再生砂の場合は一般に残留粘結剤量を表す。再生砂の強熱減量は各工場の製造条件によって異なっているが、現状では0.5～1.0%の間で調整している工場が多いようである。砂の回収処理フローの事例を表3.9¹⁾に示す。

表 3.9 鋳型砂の回収・再生処理のフロー

| 区分 | フ ロ ー | 機能・仕様 |
|------|---|----------------------------------|
| 前処理 | ① 塊砂 ↓ 振動クラッシャ → 集じん機 ↓ スクリーン処理 ↓ ドラム磁選機 | ダスト回収 ← 6メッシュ 鉄分の除去 |
| 再生処理 | 再生装置 微粉抜機 → 再生装置 再生装置 → ダスト → 集じん機 | 砂粒表面付着物除去 ② ダスト発生率 7～12% ← |
| 処理砂 | ③ 再生砂 ↓ 主型砂 中子砂 | 再生率 88～93% 単独または新砂の補給 |

注) 表中の対象回収砂は、アルファセット樹脂添加量2.0%での型ばらしおよびショットプラストから回収したものである。

またロータリーリクレマで4パス処理砂の分析例を表3.10¹⁾に示す。

表 3.10 ロータリーリクレーマ4パス処理例の分析結果

| 分析試料 \ 項目 | 強熱減量 (%) | 水分 (%) | pH | 酸消費量 (ml/50g) |
|-----------|-------------|-----------|-----|------------------|
| ①振動クラッシャ後 | 1.29 | 0.14 | 7.9 | 16.7 |
| ②回収ダスト | 3.77 | 0.68 | 8.6 | 40 |
| ③再生砂 | 0.65 | 0.05 | 8.3 | 11.6 |

注) 表中の①②③は表3.9に対応する。

3.2.7 配合基準

アルカリフェノール粘結剤の使用量は、けい砂および再生砂に対して1.2~2.0%、硬化剤は20~25% (対粘結剤) の範囲が一般的である。

3.2.8 造型作業

(1) 砂込めはどのようにするのか

本法の混練砂は流動性はよいが、型への砂込めは混練砂を流し込むだけでなく、突棒などでのつき固めや振動テーブルにより十分に充てんすること。とくにコーナー部や深いポケット部は十分につき固める必要がある。

(2) 模型はどのようなものが使用されているのか

模型は、木型、鉄製やアルミニウム製の金型、エポキシやウレタン樹脂型等いずれも使用できる。木型の場合で塗料が塗ってあるものは硬化剤のエステルが溶かすので、あらかじめ調べておく必要がある。

(3) 抜型作業の留意点は何か

抜型作業では離型をよくするため、あらかじめ離型剤を塗布しておくとうよい。抜型時間は鋳型の形状、大きさによって異なるが、目安として可使時間の2.5~3倍程度である。なお混練砂の可使時間の範囲を超えると、硬化完了後の鋳型強度は低下するのでフレッシュな混練砂を使用する。

3.2.9 適用範囲

本法はねずみ鑄鉄、ダクタイル鑄鉄の小物鑄物（数kg）から中物、大物鑄物（数10t）に至る広範囲に使用される。大物鑄物に用いられる大きな特徴は、特殊な化学反応機構に由来するもので、注湯時に鑄型の“なりより性”を持たせつつ十分な熱間強度を維持することで、大型で厚肉の鑄物を生産することが可能となる。

3.2.10 鑄造方案

本法の鑄型は熱間強度が優れているが、溶湯が直接型肌に衝突しないよう有機系鑄型共通の鑄造方案を採用する。また湯口系に陶管を利用するとか、堰に塗型を十分に作るなどの配慮が必要である。

塗型剤は水性、アルコール系いずれも使用できるが、とくに水性の場合は160～180℃で20～30分乾燥すると鑄型強度が向上する。またアルコール系の場合も着火乾燥によって鑄型強度の向上が期待される。

3.3 フェノールウレタン法^{1) 2) 9) 12)}

3.3.1 特徴と必要条件

(1) 特徴はどんなことか

フェノールウレタン法は、フェノール樹脂とポリイソシアネートとを塩基性有機化合物を触媒として、常温でウレタン化反応を行わせて硬化させる造型方法である。一般に市販されている樹脂は、メーカーによって「ペプセット」「AVライト」「PARA-SET」「スミライロレジン」等と呼称されている。

本法は常温自硬性鑄型の中でも、硬化速度が最も速い造型法である。事例を図3.4¹⁾に示す。

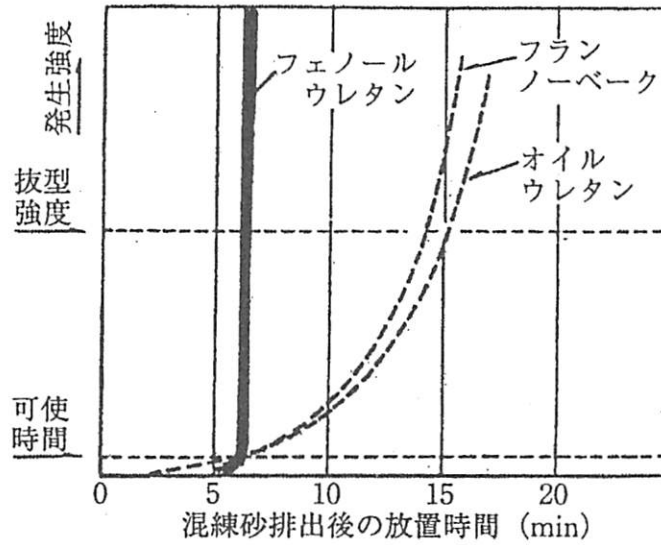


図 3. 4 各種自硬性粘結剤の可使時間と抜型時間の関係

以下に主な特徴を示す。

- ① 可使時間と抜型時間のつり合いがよい。鑄型表面と内部が同時に硬化し、その際に水などの副生成物を伴わない
 - ② 特殊な造型機を必要とせず、普通の造型設備で作業ができる
 - ③ 常温硬化のため寸法精度がよく、鑄物品質が向上する
 - ④ 鑄込み後の砂の崩壊性がよく、型ばらしや砂の再生が容易である
- (2) 必要な条件はどんなことか
- ① 砂の管理が必要である。砂の品質や職場条件で硬化速度に大きく影響する
 - ② 職場環境の管理が必要である。有機粘結剤を使用するため、造型場、注湯場、型ばらし場等での臭気や発煙などの環境対策が必要である
 - ③ 粘結剤の管理が必要である。粘結剤に石油系溶剤を含んでいるため、消防法（危険物の規制）や労働安全衛生法（有機溶剤中毒予防規則）などの法規制が適用される

3.3.2 けい砂

(1) どのような基準で選ぶべきか

けい砂の粒度、粒形、水分含有量、酸消費量などによって、鋳型の硬化速度および強度に影響する。けい砂の必要な項目は、

- ① 砂の表面積は粘結剤の添加量と関係するため、一般に粒度指数はA.F.S.で35~50程度のものが使用されている。とくに200メッシュ (74 μm) 以下の微細な砂はできるだけ避けた方がよい
- ② 砂中の水分は、粘結剤の第2成分であるポリイソシアネートと容易に反応し、硬化反応を阻害するので0.25%以下のものを使用する
- ③ 粘結剤はアルカリ性触媒によって硬化反応が促進されるので、ジルコン砂、クロマイト砂は問題なく使用できる。塩基性が強い砂、例えばオリビン砂は極端に可使時間が短くなるので留意する
- ④ 水ガラス (けい酸ソーダ) が残留している再生砂は、強アルカリ性となり一般に使用が難かしいなどである。

3.3.3 粘結剤¹⁾

(1) どのような基準で選ぶべきか

本法の粘結剤は次の3成分からなっている。

第1成分…フェノール樹脂 (パートR)

第2成分…ポリイソシアネート (パートM)

第3成分…塩基性有機触媒 (パートK)

上記の粘結剤には、各製造会社で種々のタイプのものが販売されている。表3.11¹⁾に国産フェノールウレタン粘結剤の事例を示す。また粘結剤の物性事例を表3.12¹⁾に示す。造型条件、造型設備あるいは鋳物材質などによって選択することが必要である。

なお、フェノールウレタン樹脂は石油系溶剤を含んでいるので、消防法の危険物第4類第2石油類に該当し、労働安全衛生法 (有機溶剤中毒予防規則) にも該当するので取扱い方法に注意する。

表 3.11 国産フェノールウレタン粘結剤¹⁾

| メーカー/製品名 | 第1成分 | 第2成分 | 第3成分 | 特 徴 |
|----------------|------------|-----------|------------------------|------------------------|
| H社 ペプセット | パートR | パートM | パートK | 標準品 |
| | パートR1600 | | | 低臭、低粘度品 遅硬触媒 |
| | ペプセット1600F | ペプセット2610 | ペプセット3800 ペプセット3850 | ABC FLEXBLO用 超速硬タイプ |
| A社 AVライト | AP-P200 | AP-M750 | UA | 標準品 |
| | AP-P190 | AP-M700 | U | 低臭、低粘度品 |
| | AP-200AL | AP-M750 | UA | 易崩壊性品 |
| K社 PARA-SET | パートR5-5 | パートM | パートK120 | 標準品 |
| | パートR5-5L | | | 低粘度品 |
| | | パートMS | | 遅硬用 |
| | | | パートK140 | 速硬用 |
| | | | パートK165 | 超速硬用 |
| S社 スマイロレジ | PR-51402 | HP-20 | HP-K | 標準品 |
| | PR-51402 | | | 速硬用 |
| | PR-51402G | | | 遅硬用 |

表 3.12 粘結剤の物性例¹⁾

| 項目 | パートR | パートR1600 | パートM | パートK | パートKS |
|----------------|---------|-----------|-----------|---------|-------|
| 粘度C.P (25℃) | 300 | 160 | 15 | 5 | 5以下 |
| 比重 | 1.08 | 1.08 | 1.12 | 0.87 | 0.87 |
| 成分 | フェノール樹脂 | | ポリイソシアネート | 有機塩基性触媒 | |
| 外観 | 淡黄色液体 | | 濃褐色液体 | 無色透明液体 | |
| 特徴 | 標準 | 低粘度 低臭 | | 標準 | 遅硬性 |

3.3.4 混練方法

(1) 混練とはどんなことをするのか

原料砂と粘結剤、硬化剤などを混練して、造型に必要な性質を

与える鑄物砂の調整作業である。

(2) 混練機にはどんな種類があるのか

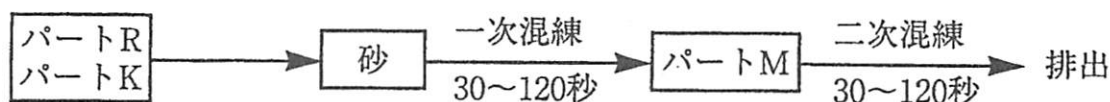
混練機は有機自硬性用として、通常使用されている混練機であれば問題なく使用できる。

混練機には連続式とバッチ式があるが、造型個数、砂の充てん量、砂の充てん時間などによって使い分けている。一般に主型造型には連続式、中子造型にはバッチ式が使用されている。

(3) 混練機にはどんな順序で材料を投入するのか

本法の混練は原料砂に第1成分（パートR）と第2成分（パートM）を等量ずつ加える。第3成分（パートK）は僅少であるので、あらかじめ第1成分に所定量を混合して使用する。

混練順序と混練時間を次に示す。



(4) 混練における材料の計量管理はなぜ重要か

粘結剤および硬化剤の計量精度は、他の有機自硬性鑄型法と同様に重要である。計量装置とくに計量の再現性のよいことが要求される。

(5) 強熱減量（L.O.I.）は何に影響するのか

強熱減量は通常再生砂に対して要求される品質特性の目安である。再生砂の強熱減量は、鑄鉄では2.5%以下が好ましく、これ以上になると鑄造欠陥発生の成因になりやすい。

3.3.5 配合基準

原料砂に対して粘結剤は、原則としてパートRとパートMは1：1の割合で使用する。

配合事例を次に示す。

パートR：0.5～0.8%/砂

パートM：0.5～0.8%/砂

パートK：0.08～0.1%/砂

触媒量 (パートK) と硬化速度の事例を図 3.5、図 3.6¹⁾ に示す。

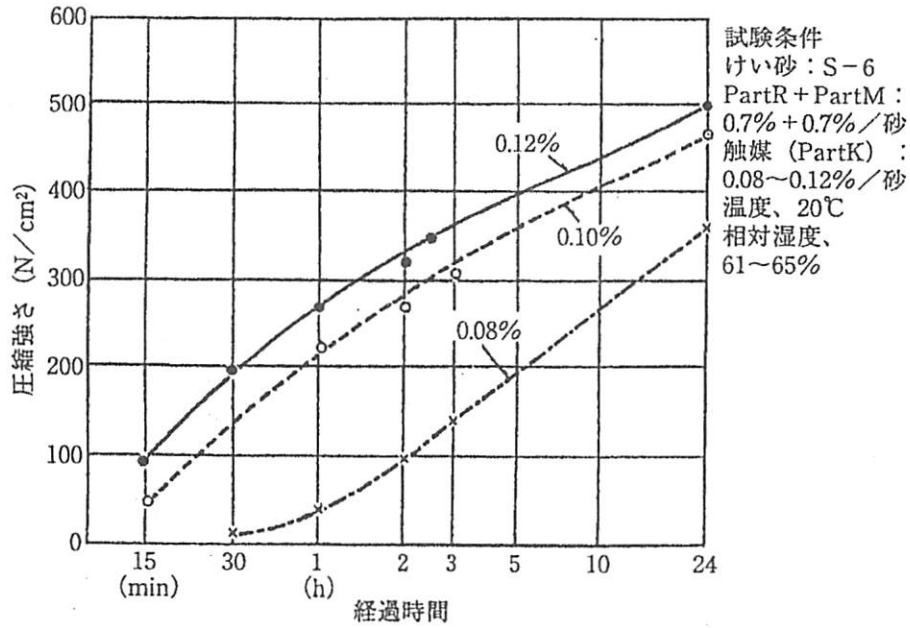


図 3.5 触媒量と経過時間および圧縮強さの関係

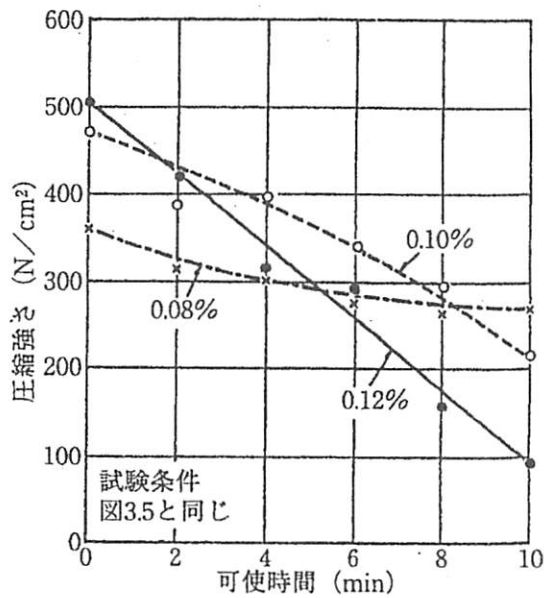


図 3.6 触媒量と可使用時間および圧縮強さの関係

3.3.6 造型作業

(1) 砂込めはどのようにするのか

本法の混練砂は流動性に優れているが、他の有機自硬性砂と同様に混練砂を流し込むだけでなく、突棒にてつき固めるか、または振動テーブルによって十分に充てんする必要がある。

(2) 模型はどのようなものが使用されているのか

模型の材質は木型、鉄製やアルミニウム製の金型、エポキシやウレタン樹脂等が使用されている。

(3) 抜型作業の留意点は何か

① 抜型は鋳型が完全硬化する前に行う必要がある。有機系鋳型の共通点である。抜型した鋳型の平滑面にはあまり手を加えない方がよい。型肌が荒れていると塗型しても、溶湯による“荒らされ”や砂の“飛ばされ”欠陥の発生原因になりやすいので注意する

② 可使時間を過ぎた混練砂は鋳型性質が劣化し、鋳造欠陥の原因となる

(4) 再生砂の利用効果はどんなことか

① 型ばらし後の回収再生された砂を主型、中子に使用する場合再生処理機の機能を活かして、強熱減量少なくし粘結剤の添加量を最少限に抑える。再生砂は新砂に比べ粘結剤の添加量を20%程度減少できる利点がある

② 再生砂の微粉が十分に除去されないと粘結剤の添加量は増して、強熱減量が増加し、通気度の低下による鋳造欠陥の原因となる。したがって微粉量は定期的に測定する

3.3.7 適用範囲

ねずみ鋳鉄、ダクタイル鋳鉄いずれも数kgから数tまでの中小物に最も適している。その理由は熱間強度に限度があるためである。他方侵硫問題はなく、“なりより性”があるため熱間亀裂の欠陥も少ない。

しかし、本鋳型はウレタン結合の窒素を含んでいるため、CE値の低いねずみ鋳鉄については注意が必要である。

3.3.8 鑄造方案

有機自硬性鑄型に共通の方案を採用すればよい。溶湯が直接鑄型に衝突しないように、できれば湯口系に陶管を利用するか、堰に塗型をする。

塗型剤は水性あるいはアルコール系とも使用できる。塗型後は十分に乾燥すること。アルコールが鑄型内に残留するとガス欠陥の成因となる。

3.3.9 鑄造欠陥と対策

鑄造欠陥の原因と対策例を以下に示す。

(1) すず欠陥

〈原因〉

注湯温度が低く鑄込み速度が遅い場合、生成するカーボンフィルム量が増加し、これが溶湯中に巻き込まれ鑄物表面に“しわ”状に現われ、すず欠陥（ラストラスカーボン欠陥）を招く。ガス抜きが不十分の時に発生しやすい

〈対策〉

- 1) 注湯温度、鑄込み速度を適正にする
- 2) 鑄型のガス抜きを十分にする

(2) 差し込み欠陥の少ない理由

“差し込み”による焼着現象が少ないのは、有機自硬性鑄型は溶湯により粘結剤物質が熱分解して、溶湯と鑄型界面にすずのフィルムを生成し平滑の鑄肌が得られる。そのため“差し込み”による焼着現象が少ないと言われている。

参考文献

- 1) (社) 日本鑄造技術協会 : 鑄造型法 (第4版) (1998)
- 2) 成田、谷本 (花王クエーカー (株)) : 川口鑄物技術講演会 (第491回) (2000)
- 3) (社) 日本鑄造工学会 : 技術講習会テキスト (1997) 15

第3章 自硬性鋳型

- 4) (社) 日本鋳造工学会 : 研究報告31 (1982)
- 5) (社) 日本鋳造工学会 : 研究報告52 (1989)
- 6) (社) 日本鋳造工学会 : 研究報告61 (1992)
- 7) (社) 日本鋳造工学会 : 研究報告71 (1995)
- 8) (社) 日本鋳造工学会 : 研究報告79 (1998)
- 9) (財) 素形材センター編 : 鋳型の生産技術 (1995)
- 10) (社) 日本鋳物協会 : 鋳物用語辞典 (1988)
- 11) 花王クエーカー (株) フラン樹脂カタログ
- 12) 日立化成工業 (株) フラン樹脂カタログ
- 13) (株) コーエー 砂再生装置カタログ