

平成12年度ものづくり人材支援基盤整備事業
- 技術・技能の客観化、マニュアル化等 -

「シェルモールド中子造型に係る技術・技能」

平成13年1月

中小企業総合事業団

情報・技術部

序文

「ものづくり人材支援基盤整備事業」に基づいて、(社)日本鑄造技術協会(JACT)では、「シェルモールド中子造型に係わる技術・技能についてのマニュアル」を作成することになった。

いうまでもなく、シェルモールド造型法による中子は、自動車関連はもちろんのこと、その他の産業機械部品等の主要な鑄造用中子として多用されている。

一方、コールドボックス法と比較すると、シェルモールド法は加熱硬化である点で異なっており、この加熱に起因する金型の膨張、歪、中子の収縮や変形が問題視される面もある。鑄物部品に要求される寸法精度は、今後とも益々厳しくなるだろうし、したがって、中子自体も寸法精度が高く、高品質であることが要求される。

そこで本マニュアルでは、第1部に、品質の良い中子を造型するための条件と技術・技能を主として記述し、第2部に、条件を変化させて中子を実際に造型する実験を行ない寸法変化の様子を調査した結果を報告している。

また、今後の調査・研究に役立つように第3部として、JACT 関連のシェルモールド法に係わる文献および資料を掲載した。

マニュアルの内容は、実際の中子造型現場での作業基準や作業指導書類の作成に際して、その基礎となり参考になり得るものと考えている。可能な限り内容を充実したものにするために、幅広く関係業界(鑄造業、中子造型業、シェル鑄型造型機メーカー、樹脂・RCS 製造業、骨材業)からの委員の参画をお願いした。

最終的には、中子の品質および寸法精度と、これを用いて鑄造した鑄物の品質と寸法精度がどのような関係にあるのかを把握すべきであったが、今回は残念ながらこの点は成し得なかった。

今後この種の調査が、またシェルモールド法とコールドボックス法との比較調査が実施されることを期待する次第です。

最後に、本マニュアル作成にあたり、ご多忙の中、献身的にご協力いただいた各委員および関係者各位に感謝の意を表します。

平成13年1月

マニュアル作成委員会
委員長 木村 徹

「シェルモールド中子造型に係る技術・技能」
マニュアル作成委員会

(敬称略・順不同)

委員長	木村 徹	内外マリアブル株式会社 (兼技能実演者)
副委員長	岩間 己喜夫	クロタ精工株式会社
副委員長	富永 恭爾	旭有機材工業株式会社 (兼主査)
主査	宮下 雄次	群栄化学工業株式会社
委員	深井 伸之	日立金属株式会社
	平岩 淳伺	アイシン高丘株式会社
	鈴木 伸二	自動車鋳物株式会社
	鈴木 弘治	有限会社ユニオンパーツ工業
	小峰 克允	小峰工業株式会社
	園 清見	株式会社コーエー
	杉浦 忠彦	株式会社前田シェルサービス
	脇田 健二	伊藤忠セラテック株式会社
	大橋 明	山川産業株式会社
	佐藤 薫	日立化成コーテッドサンド株式会社
	中村 信弘	株式会社大阪シェル工業所
技能実演者	波多野 登	
事務局	松川 東一	社団法人日本鋳造技術協会
	翁川 良一	社団法人日本鋳造技術協会
	石川 勝久	社団法人日本鋳造技術協会
	所 一典	社団法人日本鋳造技術協会

シェルモールド中子造型に係る技術・技能

目次

第1部 シェルモールド中子造型法

1 . シェルモールド法について	1-1
2 . シェルモールド法の特徴	
2-1 シェルモールド法の利点、欠点	1-4
2-2 シェルモールド法の実施例	1-6
3 . シェルモールド造型機	
3-1 シェルモールド造型機の歴史	1-8
3-2 R C Sの充てん方法	1-8
3-3 シェル造型機の分類	1-8
3-4 吹き込み式造型機の各機構	1-10
3-5 鋳型取り出し方式	1-11
3-6 省力化機構	1-12
3-7 今後の動向	1-12
4 . シェルモールド法の工程	
4-1 シェルモールド用骨材	1-14
4-2 シェルモールド用再生骨材	1-17
4-3 シェルモールド用樹脂	1-23
4-4 R C Sの製造工程	1-27
4-5 シェル中子造型工程	1-29
5 . シェルモールド法の環境対策	
5-1 R C Sの取扱いについて	1-35
5-2 臭気・発煙対策	1-35
5-3 騒音対策	1-36
5-4 熱対策	1-36

第2部 シェルモールド中子の寸法変化と変形に関する実験

1. 目的	2-1
2. 実験方法	2-1
2-1 テストピースの形状	2-1
2-2 造型金型	2-1
2-3 レジンコーテッドサンド	2-1
2-4 造型条件	2-2
2-5 実験条件の組合わせ	2-4
2-6 測定	2-4
3. 実験結果	2-7
3-1 実験データのまとめ	2-7
3-2 結果のまとめ	2-11
4. 考察	2-13
添付図面	2-20

第3部 関係文献および資料

1. J A C T発行シェルモールド法関係図書及び資料一覧表	
1-1 社団法人日本シェルモールド協会 1966(S41)年10月11日発行 シェルモールド法10年史	3-1
1-2 社団法人鑄造技術普及協会 1969(S47)年9月1日発行 新鑄造技術解説書	3-1
1-3 社団法人鑄造技術普及協会 1977(S52)年10月31日発行 鑄型造型法	3-2
1-4 社団法人鑄造技術普及協会 1981(S56)年11月25日発行 鑄型造型法概説	3-2
1-5 社団法人鑄造技術普及協会 1988(S63)年3月31日発行 新版 鑄型造型法	3-3
1-6 社団法人日本鑄造技術協会 1996(H8)年11月18日発行 第4版 鑄型造型法	3-3

1 - 7	社団法人鑄造技術普及協会 1986(S61)年 3 月 30 日発行 シェルモールド法の改善に関する開発研究	3-3
1 - 8	社団法人鑄造技術普及協会、財団法人素形材センター 1995(H7)年 2 月 28 日発行 素形材センター 研究調査報告 469 (平成 6 年度) ブロー圧制御による中子造型法の開発研究	3-3
2 .	JACT News シェルモールド法関係技術論文一覧表	3-4
3 .	JACT News シェルモールド法関係記事	3-7
4 .	J A C T 鑄型技術委員会 シェル関係技術報告一覧表	3-8

第1部 シェルモールド中子造型法

1. シェルモールド法について

シェルモールド法は第二次世界大戦中の 1944 年ドイツのヨハネス・クローニング (Johannes Croning) 博士が開発した鋳造型法であって、クローニング法またはC法とも呼ばれている。この方法により造型された鋳型をシェル鋳型と称しているが、精密鋳造法のセラミックシェルモールド法で使用される鋳型もシェル鋳型と云われているため混同されることがある。いずれの鋳型も貝殻状に造型されることからシェル鋳型と呼称されているが、鋳型骨材を粘結する材料と造型方法が全く異なるため混同してはならない。両者を区別するため、シェルモールド法によるものを有機シェル鋳型、セラミックシェルモールド法によるものを無機シェル鋳型と称することもある。

上記のようにシェルモールド法は第二次世界大戦中に開発され、ドイツでは手榴弾の鋳型などに使用されていた。ドイツでは大戦終了後もこの方法を秘密に保とうとしていたが、1947 年米国の調査員により発見され革新的な主造型法として公開された。わが国でも 1950 年頃から主として米国のプラスチック関係の雑誌記事から情報を得て研究が行われていたが、日独相互協定により 1955 年(昭和 30 年)4 月シェルモールド法に関する特許 8 件が発効した。この結果受け入れ機関として 1956 年(昭和 31 年)11 月 27 日(社)日本シェルモールド協会[以降(社)鋳造技術普及協会を経て(社)日本鋳造技術協会となる]が発足し、同時にドイチェ・エーデルシュタール・ウェルケ(DEW)社と技術援助契約を締結、日本におけるシェルモールド法の独占的特許実施権を取得し、協会会員との間に逐次再実施件契約の締結を行った。発足当時の会員は 26 社であったが、15 年後には 500 社を上回る会員数となった。

当初のシェルモールド法は、乾燥骨材にフェノール樹脂とヘキサメチレンテトラミン(ヘキサミン)の混合物を混合し、この混合物を約 250℃ に加熱した金型上に落とし込んで金型の熱により樹脂を溶融させ、さらにヘキサミンの熱分解により発生したホルムアルデヒドにより樹脂の重合を高め、それに伴い砂粒同士が融着し始めて 10~20 秒経過すると硬化層が数mmになる。この硬化層の厚みが所要の厚みになった後、金型を反転して未硬化の砂と樹脂などを除去し、残った硬化鋳型を押しピンで金型から離型してシェル殻状の鋳型を得た。これに使用する造型機をダンプボックスマシンと称し、主に主造型機として使用された。上記のようにシェルモールド法は、当初は主造型法であって、中子造型法ではなかったためシェルモールド法と称したのである。しかしこの方法では、骨材と粉末樹脂及びヘキサミンの混合物を金型に落とし込む際に粉塵が発生して作業環境が悪化し、また混合物の比重差による骨材と樹脂の偏析や、多量の樹脂を使用する必要があるなど問題が多かった。このような問題を見事に解決し、さ

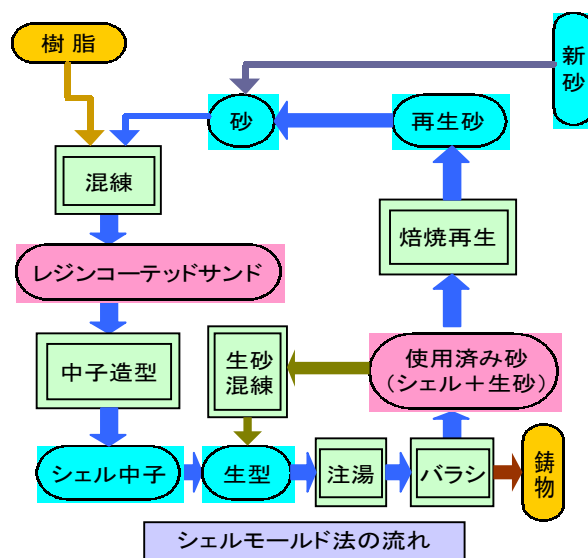


図 - 1 フローチャート

らに貯蔵安定性も向上させたのがレジソコートサンド(RCS)法であった。

すなわち 1952 年には、C.W.Fitko 氏等が開発しアクメ社が協力して RCS 法を発表した。この方法は、液状または溶融フェノール樹脂とヘキサミンを骨材とともに加熱混練して骨材表面に樹脂とヘキサミンを均一に分散、被覆し、ついで樹脂の融点以下に冷却して混練を続け、得られた集塊をほぐして、粉塵がなく流動性に富みかつ貯蔵性の優れた樹脂被覆砂粒すなわち RCS を得ることができた。

さらに 1955 年になって、上記の加熱混練工程中に流動性と離型性を高める目的でステアリン酸カルシウムのような金属石けんを添加混合すると、冷却工程中に樹脂層から大部分の金属石けんが分離して RCS の表面を覆うため、RCS の流動性向上による鑄型充填密度ひいては鑄型強度が高まり、また金型からの離型性が向上することが見出され樹脂の添加量が劇的に低減できた。

わが国では 1953 年に東洋工業(株)(現マツダ(株))が RCS 法の技術導入を行い、1965 年になって(社)日本シェルモールド協会は東洋工業と RCS 技術の通常実施権契約を締結し、これに基づいて会員に再実施権を許諾したため、わが国におけるシェルモールド法による造型技術が飛躍的に向上した。

ただ上記 RCS 製造特許範囲外の方法として、フェノール樹脂のメタノール溶液を使用して常温で骨材に被覆する方法(上記特許方法をホットマーリング法、常温コーティング法をコールドマーリング法と称する)が、東洋工業と日本シェルモールド協会との通常実施権契約締結時迄の期間実施されていたが、有機溶剤の完全揮発が困難で、高温多湿の夏季での貯蔵性が不安定などの問題点を抱えていたため、RCS の製造法は急速に特許方法に転換された。

この RCS の開発により、造型機もダンプボックスからブローイングマシンへと発展して中子造型が可能になり、樹脂添加量の低減のみならず造型速度も大幅に向上した。この RCS を使用したシェルモールド法独特の造型法としては、RCS を金型に充填し、金型を約 250℃ 加熱して所要時間熱硬化させ、ついで型を 180° 反転して未硬化 RCS を排砂した後、再度金型を元の位置に戻して暫時加熱硬化後、押出しピンで離型して中空の中子を造型する方法で、反転排砂した未硬化 RCS は再度造型に使用できるため中空中子の造型に大いに利用された。

このように RCS 製造技術と造型方法が確立したため、シェルモールド法は量産中子用として急速に採用されるようになり、とくに 1960 年頃からの自動車工業の発展に際して、高圧高速自動生型造型機ともに大きな役割を果たした。もちろんその間にはフェノール樹脂の種々の改良、RCS 製造技術の確立、シェル中子自動造型機の開発などシェルモールド法に関する多くの技術革新が行われたが、これらと共にシェルモールド法を発展させたわが国独特の供給、流通形態が形成された。

すなわち鑄物工場自身が RCS を製造する以外に、各地に RCS 製造専門工場が設立されて各地の鑄物工場に RCS を供給できるようになり、また全国各地に中子造型専門工場が設立されて鑄物工場にシェル中子を供給する態勢が出来上がった。このため鑄物工場では RCS 製造設備を備える必要がなく、また小規模工場ではシェル中子の造型機をも備える必要がなくなった。

しかも各地の RCS 製造専門工場の多くは、生型砂用再生設備である流動焙焼設備を設けて鑄物工場から排出される生型砂の再生を行い、この再生砂を用いて RCS として鑄物工場に供給す

るとともに、再生砂も鋳物工場にリサイクルするようになった。この結果鋳物工場では、資源の節減とともに廃砂による産業廃棄物処理コストが大幅に低減できた。とくに再生生型砂への樹脂の再被覆がコールドボックス法に比べて容易であり、わが国で造型される中子に占めるシェル中子の比率は現在でも70%を超えており、欧米の事情と大きく異なるのも上記のようにわが国独特の状況によるものである。

なお1956年導入したシェルモールド法関連特許8件は1971年9月に期間満了となり、翌1972年にRCSの特許期間も満了している。

参考文献

1. (社)鋳造技術普及協会：新鋳造技術解説書(昭和47年9月1日)
2. (社)鋳造技術普及協会：鋳型造型法概説(昭和56年11月25日)
3. (財)素形材センター：(鋳造技術シリーズ2) 鋳型の生産技術(平成7年1月20日)
4. (社)日本鋳造技術協会：第4版鋳型造型法(平成8年11月18日)
5. (社)日本鋳造技術協会：日本鋳造技術協会会員名簿(平成10年版)
6. P.R.Carey 他：鋳物砂粘結法第6回 - シェル法 - JACT News,475(1996)27

2. シェルモールド法の特徴

2-1 シェルモールド法の利点、欠点

シェルモールド法を他の造型法と比較した際の利点、欠点及び対策を以下に列挙する。

2-1-1 利点

(1) シェルモールド用 R C S は乾態である。

乾態のシェル用 R C S は適切に貯蔵する限り無期限保存が可能のため、R C S を材料として購入でき、鋳物工場としては R C S 製造設備は必ずしも必要ではない。

乾態の R C S は流動性が極めて良く、金型への R C S の充てんが容易で、複雑な形状でも容易に充てん・造型ができ、造型された鋳型の砂充てん密度が高く、滑らかな鋳肌が得られる。また、粘結剤が型に付着しにくく、型の清掃頻度が少なくすむ。

(2) 鋳型強度が高い。

鋳型の長距離輸送(約 100km 程度)が可能で、中小規模鋳物工場では中子造型専門工場から鋳型を購入することができ、造型機の設備費が不要になる。また鋳物工場内において中子の搬送や主型へのセット時の破損が少ない。

鋳型強度とくに熱間強度が高いため、中空中子の肉厚を薄くすることができ、材料コストの節減、中子砂の生型砂への混入量低減など生型砂品質への影響が少ない。

(3) 鋳型の強度劣化がほとんどない。

鋳型を適切に保存する限り湿度などによる強度劣化がほとんどなく、強度劣化による鋳型の廃棄がほぼなくなる。

(4) 中空中子の造型が容易である。

シェル鋳型独特の反転排砂方式により中空中子の造型が容易である。特に、中空中子は鋳造後の崩壊性に優れる。

(5) 生型砂へのシェル中子の混入による影響が少ない。

シェル中子の中空化が容易なことに加えて、熱による崩壊量がコールドボックス中子に比して少ないため生型砂への混入量が少なく、R C S 自体も生型砂の品質に及ぼす影響が小さい。

(6) 生型再生砂の R C S への利用が容易である。

再生した生型余剰砂は、約 800 による流動焙焼法と骨材表面のスクラビングにより容易に R C S 用骨材として利用できる。

2-1-2 欠点

(1) 金型加熱が必要である。

熱硬化性樹脂を使用しているため、金型の高温加熱(約 250 ~ 350)が必要で、この加熱による欠点としては下記の事項が挙げられる。

- ・ 安価な木型、樹脂型が使用できない
- ・ 加熱のためのエネルギーが必要
- ・ 高温加熱のために金型の変形が大きい

- ・ 鑄型の加熱、冷却に伴う鑄型の変形と寸法不良
- ・ 鑄型の「ばり」問題
- ・ 金型の均一加熱が困難
- ・ 金型の迅速交換が困難
- ・ ブロー跡(ブローキャンドル)が残る
- ・ 造型直後の鑄型が熱い
- ・ 造型作業による熱疲労
- ・ 機械及び金型の耐用年数が短い

(2) コールドボックス鑄型に比較し造型速度がやや遅い。

(3) 反転排砂方式による中空中子造型時にシェルモールド法特有のピールバック問題が生じる。

(4) 注湯温度の低い軽合金鑄物での鑄型の崩壊性が不十分である。

但し、中空中子であれば、崩壊性は他の造型法に比較して優れる。

(5) 造型時の臭気問題がある。

粘結剤がフェノール樹脂であるため造型時、注湯時に熱分解して不快なガスを発生させ、作業環境を悪くする。また、鑄造品においては、ガス発生による鑄造欠陥の発生がある。

2-1-3 対策

上記の欠点に対しては、造型機を囲って発生する臭気を集中脱臭する、低臭気樹脂を使用する、ばり取りロボットによる鑄型の「ばり」取り(自動造型機でばり取りロボットが付属しているものがある)、ブローノズルの吸引方式による鑄型のブローキャンドル解消、易崩壊性樹脂による軽合金鑄物用中子の崩壊性向上、金型の熱分布を向上するために銅合金金型を使用するなど対策されている。

シェルモールド法の特徴のまとめとして、他の量産用造型法であるアミン・コールドボックス法、フラン・ホットボックス法と比較したものを表 - 1 に示す。

表 - 1 他のプロセスとの比較

造型法	シェルモールド法	アミン・コールドボックス法	フラン・ホットボックス法
樹脂	フェノール	フェノール、イソシアネート	フラン
状態	乾態(ドライ)	湿態(ウェット)	湿態(ウェット)
流動性	良好	やや悪い	やや悪い
可使時間(時間)	無限に近い	2	2
吹き込み圧(MPa)	0.1 ~ 0.3	0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5
硬化温度()	250 ~ 350	室温	220 ~ 270
サイクルタイム(秒)	60 ~ 120	40 ~ 90	60 ~ 90
造型時の発生ガス	フェノール、アンモニア、ホルムアルデヒド*	アミン、溶剤	フラン、ホルムアルデヒド*
中子保存性	良好	劣る	やや劣る
熱間強度	良好	劣る	やや劣る
砂の選択性	融通性あり	限定される	限定される

2-2 シェルモールド法の実施例

シェルモールド法は 2-1 に示した利点から、以下の鋳物用鋳型、特に中子造型法として採用されている

高い高温強度から、注湯温度の高い小物鋳鋼や特殊鋳鉄鋳物にも適用される。 鋳鉄鋳物においても複雑な中子、特に細い部分を有する中子を必要とされる鋳物(カムシャフト用鋳型及び中子等)に適用される。

高い常温強度から、鋳型を高さ方向に並べ重ねて 1 個の鋳型としたスタックモールド法、横方向に並べ重ねて 1 個の鋳型とした H プロセスでの小物鋳物の量産に適用される。 特に、鋳型、中子の搬送時における損傷が少なく、鋳型搬送の多い鋳物工場で適用される。

唯一中空の中子を造型できる造型法であり、注湯される溶湯の熱容量が低く、注湯後の粘結剤の十分な熱分解が行われない非鉄鋳物、特に軽合金鋳物においては、中空中子であるゆえの優れた崩壊性を活かして適用される。

優れた砂流動性により、造型された鋳型の充てん密度が高く、鋳肌の滑らかさを要求される鋳物(自動車用給排気部品であるインテークマニホールド、タービンハウジング、油圧部品であるオイルポンプハウジング用中子等)に適用される。 但し、造型に金型を必要とするため、造型できる鋳型のサイズに限界があり、大物品の生産や小物であっても少量生産には不向きである。



(A) 鋳造品



(B) 中子

例 - 1 タービンハウジング



(A) 鋳造品



(B) 中子

例 - 2 インテークマニホールド

参考文献

- 1 . 日刊工業新聞社 : 鋳造技術講座 9 特殊鋳型
- 2 . (社)日本鋳造技術協会 : 第 4 版鋳型造型法(平成 8 年 11 月 18 日)
- 3 . (有)ユニオンパーツ工業 鋳型造型法概説(シェルモールド法)

3. シェルモールド造型機

3-1 シェルモールド造型機の歴史

日本ではシェル法導入当初より技術蓄積を伴って造型設備が広く普及した。今後ともシェル法の優位は継続されると判断される。

シェル鑄型は高強度で耐候性があり、強度劣化がなく、砂の節約ができ、RCSの可使時間が無限である等の優位性がある。最近の機械工業の発展に伴い、鑄物の寸法精度の向上が要求されている。そこで中子を造型するための金型と造型機ならびに中子砂の品質に高度の技術が必要となってくる。

造型機のメカニズムでは装置制御の根幹であるコンピューターの進歩でそれぞれの機械への指令を出すことができる情報システムが開発されている。

シェル法導入当初よりの造型機の変遷を見ると、当初のダンプボックスは手製の木箱を使った造型機であった。その後機械メーカー、RCSメーカーの開発とユーザーの協力により現在のようない造型機に発展した。

3-2 RCSの充てん方法

シェル造型には大別して、重力落下方式と、空気圧による吹き込み方式の2方法がある。重力落下方式は流動性に富んだRCSの利点を活かし、シェル主型ならびに比較的平易な形状の中子造型に適している。砂箱(ダンプボックス)上に加熱された主型金型、または、中子取り金型を固定し、この状態で180°回転する。これによって砂箱内のRCSは重力により金型内に流入し、所定のセッティング後、元の状態に戻し未硬化の余剰砂を砂箱に戻した後、金型からシェル鑄型を取り出す方法である。

これに対し、吹き込み方式は前記の重力落下方式では砂の充てんが困難な形状、すなわち砂の流入経路に狭い部分があったり、曲折が多いような複雑な中子の造型に適するものである。この吹き込み造型法は、今までに様々な研究が重ねられて、あらゆる形状の中子造型も可能になったものである。これは造型機の吹き込み充てん機能の向上に基するところが大きい、金型における砂充てんのための方案確立はさらに大きい成果といえる。

3-3 シェル造型機の分類

3-3-1 ダンプボックス(重力落下式)造型機

- ・ 金型ダンプボックス反転式 …… 主型
- ・ 垂直落下充てん式 …… 主型
- ・ ダンプボックス巻き取り式(コイルダンプ) …… 主型

3-3-2 ダンプボックス造型機の事例

乾燥砂の特質を利用した造型機で、シェル主型造型機を目的としたものがある。その概略を図-2に示す。

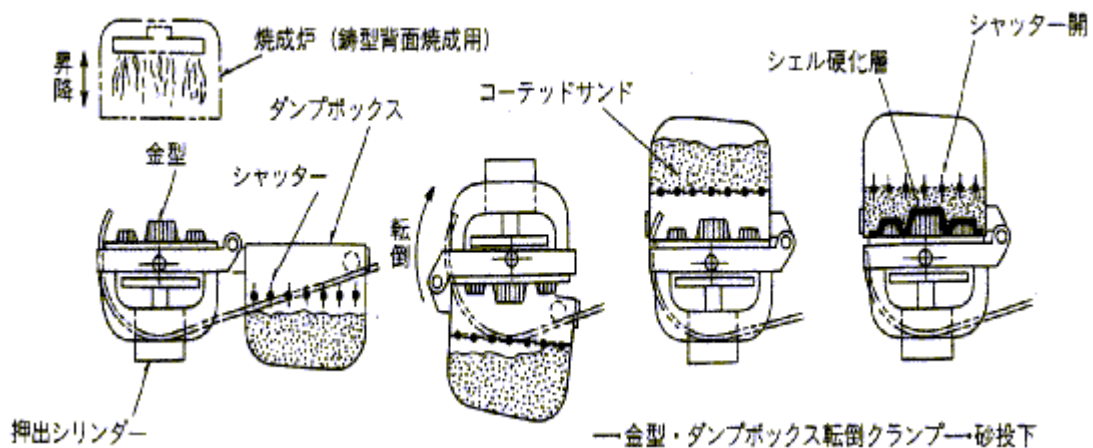


図 - 2 ダンプボックス式造型

その作業工程はRCSを金型面に落下後、一定時間保持し加熱、金型表面に沿ってRCSの硬化層(鑄型)が形成された後、反転させて未硬化RCSをダンプボックスに戻し、硬化層背面を仕上げ焼成して造型機から取り出す。造型されたシェル主型は接着後、通常の砂でバックアップして注湯される。主型の接着作業は一般的には接着機を用いて手作業で行うことが多いが、造型機と一体化して「造型 接着 取り出し」まで完全自動化した装置も市販されている。

初期の造型機は簡単な手動式構造であったが、自動化とともに金型とダンプボックスの繋合方式およびダンプボックス内のRCS投下機構に関して改良を加えコイルダンプ方式が開発された。機構構造が簡単で、金型費が安く、かつ鑄型の取り扱いが容易などの利点がある。

3-3-3 吹き込み式造型機

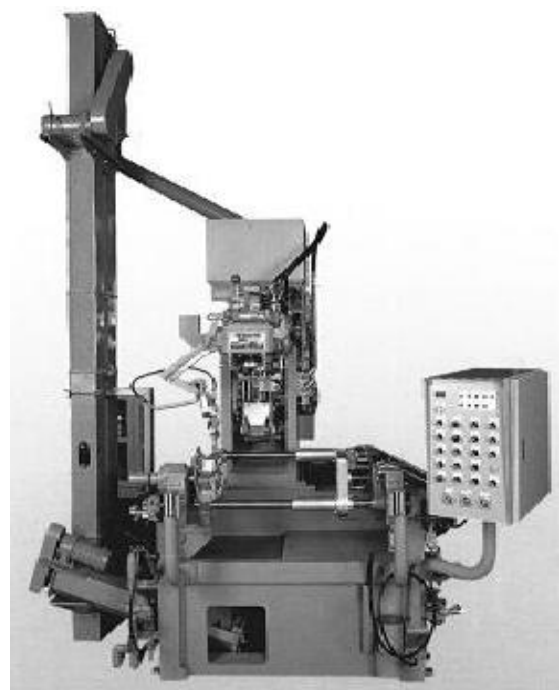
金型垂直割型造型機

- ・ 反転排砂式 …… 中子
- ・ マンドレル式 …… 中子

3-3-4 金型水平割り型造型機

- ・ 金型台車横行式 …… 主型・中子
- ・ 金型垂直作動式 …… 主型・中子

例 - 3 垂直割造型機
(トップブロー式)

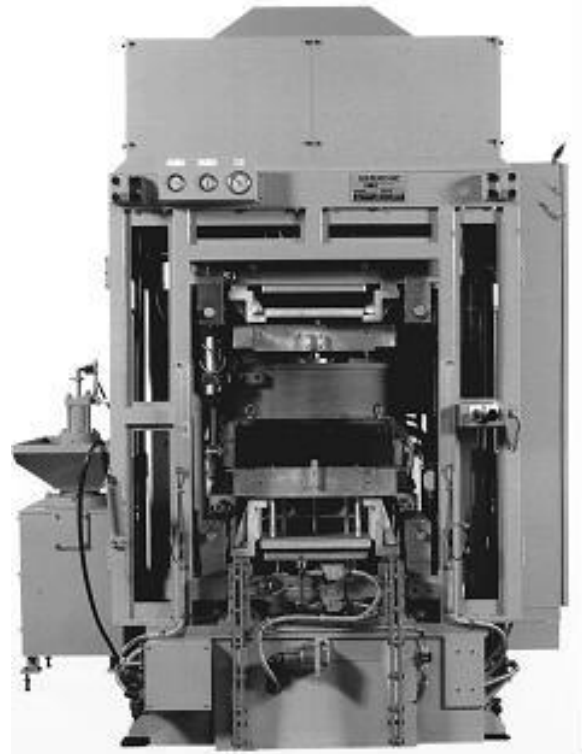


さらに、金型への吹き込みの位置によって

- ・ トップブロー式
- ・ サイドブロー式
- ・ アンダーブロー式

がある。 サイドブロー式とアンダーブロー式は構造が簡素で機械全高が低い等の利点があって、一部には使用されている。 しかし、鋳型形状に対する砂充てん性の観点から汎用性のあるトップブロー式が主流を占めている。

例 - 4 水平割造型機
(サイドブロー式)



3-4 吹き込み式造型機の各機構

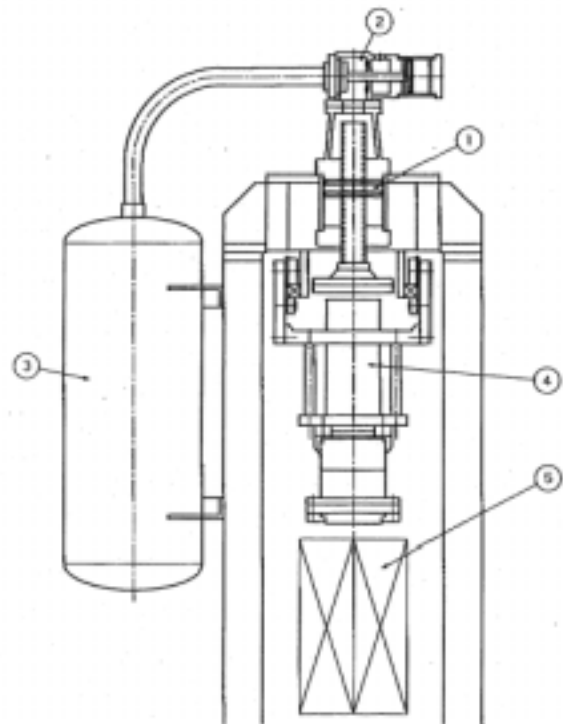
3-4-1 常時加圧吹き込み式

RCSを蓄えたブローヘッド内を吹き込み前に加圧して、ブローヘッドを金型に押圧後、吹き込みノズルを開くことによりRCSを金型内に吹き込み充てんするもので、吹き込み時の初速が速く、充てん効果に優れているが、吹き込みノズルの構造が複雑であり、最近の造型機に採用されているのは少ない。しかし、吹き込みノズルを除く他の構造は非常に簡素になる利点があるので見直されている。

3-4-2 一次加圧吹き込み式

ブローヘッド内は通常大気圧であり、金型内への吹き込み時のみブローヘッド内に圧縮空気が供給される。この方法では、ブローヘッド内のエア圧が所定圧に達するまでの時間遅れがあり、この間の低圧段階でもすでに吹き込みが始まっているので、吹き込み時の初速は遅い。

初速を上げるためにブローヘッド内を特別な構造(RCSの量、ブローヘッド容量等の調整)にする例もある。



一時加圧ブロー方式順序

ブローヘッド砂タンク を圧着シリンダー で金型のブロー面に圧着、エアブローバルブ でブロー用レシーバータンクの圧縮空気により砂タンク内のコーテッドサンドを金型内に加圧吹込む

図 - 3 一時加圧吹き込み方式

3-4-3 常時クランプ方式

常時クランプ方式とは金型へのRCS吹き込み開始時点から鑄型離型直前まで、金型を一定圧力で圧着保持する方式である。金型の熱歪を矯正する効果と見切り面の密着性に優れ、この状態が鑄型硬化完了まで継続されるので精度の高い鑄型が得られる特徴がある。

また、一部水平割造型機の中には砂吹き込み時のみ一定圧力で金型をクランプする方式がある。金型台車横行式造型機は機械高が低く、簡素な構造が利点であるが、金型の熱歪によりRCS吹き込みとそれ以降とでは見切り面の密着度が異なり、金型歪さらには鑄型硬化中に金型が動く時の振動等により厚肉の鑄型では鑄型表面から2~3mmの付近に亀裂が入って二重層になる場合がある。

3-4-4 中空中子造型方式

中空中子はRCSの節約と注湯時のガス発生の低減を目的としたもので、造型手段は反転排砂方式とマンドレル方式がある。反転排砂方式は乾態であるRCSにのみ適用できるもので、バイス転倒機構を有する垂直割造型機であれば容易に反転排砂方式を付加できる。マンドレル方式は金型により中空中子を造型するための方式である。また、マンドレル作動機構(動力)を造型制御に設けた専用機のものやその動力機構を具備した金型を載置する汎用機的な造型機もある。

一般的に反転排砂方式垂直割造型機に限定され、マンドレル方式は垂直割、水平割を問わず広く使用される。

3-5 鑄型取り出し方式

造型された鑄型を金型から造型機外へ取り出す手段は、手作業による場合もあるが、ほとんど自動式アンローダーによって行われ、造型機外の安全圏へ自動的に運び出した鑄型は、通常手作業によってアンローダーから降ろされ、次工程へ運ばれる。一般的なアンローダーの方式は

- ・ ベルトコンベア式
- ・ パレット式
- ・ フォーク式
- ・ チャッキング式

に大別される。

水平割、垂直割造型機を問わず、鑄型を金型から下向きに押し出す方式の場合はベルトコンベア式または、チャッキング式が用いられる。ベルトコンベア式とパレット式は離れたアンローダー上に鑄型を落とす例が多く、鑄型に傷がつきやすい欠点がある。

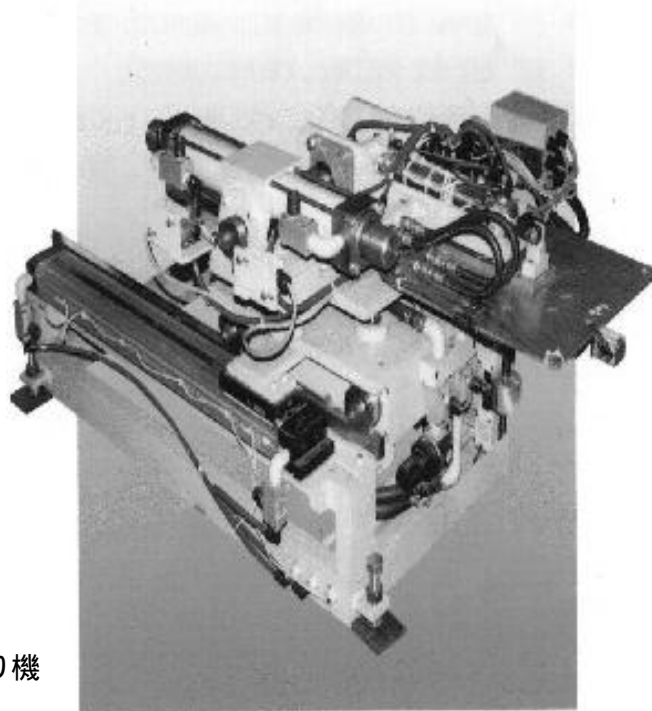


例 - 5 ベルトコンベア式取り出し機

上向きに押し出す方式は鑄型の姿勢を安定保持できない形状の中子、小物などフォークでは受けられない中子、あるいは大物鑄型でもある程度の傷が許される場合は、この方式のアンローダーが用いられる。

一方、フォーク式は鑄型によって専用のフォークに取り替えたり、位置調整を要する等の不便さがあるが、鑄型をすくい取る方式であるため傷が付きにくく、さらにはフォーク上にパレットを載せることにより両用の使い方ができる等の利点がある。

チャッキング式アンローダーも鑄型に傷が付きにくい利点もあるが、その機構上、金型が変わっても鑄型の配列、形状がほぼ類似の場合に専用機的に採用されている。省力、軽作業化指向により、最近では自動バリ取り、接着、塗型など次工程へ自動的に鑄型を移行させるオンライン化の要求が高まり、フォーク式およびチャッキング式アンローダーが正確に位置決めして造型機から次工程へ移し替えてできる点で優れており、各種機構を組み合わせられて重宝されている。また、ロボットにより、取り出し、バリ取り、接着、塗型を一貫して行うケースもある。



例 - 6 自動バリ取り機

3-6 省力化機構

金型、押出板、ブロープレートは従来ボルト取付であったが、最近遠隔操作で迅速脱着できる機構が採用され、いまではこれが標準的の装備になっている。

さらに発展して、空気、油、水等の配管、電気配線の接続の自動脱着を始め、多数の金型予熱と金型交換まで自動化され、段取り時間と省力軽作業を目的とした仕様も多くなっている。

3-7 今後の動向

シェル鑄型造型法は50年近く経過し、改善してきた方法であるが、その優れた造型法は将来にわたって他の新しい造型法と共存してゆくであろう。

装置関係ではすでに自動化して省力軽作業化の追及が進み、今後もさらにオンライン化は進むであろう。

参考文献

1. (社)日本鑄造技術協会 : JACT News 389(1989)26
2. (社)日本鑄造工学会 : 鑄型用語辞典 昭和63年4月
3. (財)素形材センター : 鑄型の生産技術 平成7年1月

4 . (有)ユニオンパーツ工業 鋳型造型法概説(シェルモールド法)

カタログ

(株)浪速製作所

新東工業(株)

(株)大阪シェル工業所

南精工(株)

東洋シェルマシン(株)

同和工業(株)

(株)安永製作所

アグネエンジニアリング(株)

(株)若林製作所

(ファンドリーサービス)

4. シェルモールド法の工程

4-1 シェルモールド用骨材

4-1-1 シェルモールドに起因する鑄造欠陥とその対策のために要求される鑄型特性

シェルモールド用の骨材を選定する場合、再生けい砂で JIS65 号に相当する粒度分布のものが、最も一般的な選択と言える。しかし、実際は様々な骨材、様々な粒度分布のものが使われているのが現状である。これは、最終的に鑄物製品が製造されたときに発生する鑄造欠陥の対策のために、骨材の変更を余儀なくされているためである。つまり大半は上記の選択で問題はないが、時に発生する鑄造欠陥を改善する目的で、その都度その欠陥に合わせた骨材及び粒度分布を選択しているわけである。当然のことながら、すべてのケースにおいて欠陥が発生してから骨材変更をしているわけではなく、過去の経験や実績から判断して、最初からベストマッチの骨材を選択している場合も多々ある。何れにしても、シェルモールドに起因する鑄造欠陥にはそれぞれに対応する要求鑄型特性がある(表 - 2)。例えば鑄物表面にミミスバリができるベーニングや中子折れ、中子の変形に伴う鑄物の変形等の対策には、熱膨張率が小さく高強度なシェル鑄型が要求される。またシェル鑄型に起因するガス欠陥の対策には、ガス発生量が少なく通気性の良いシェル鑄型が要求される。さらに物理的焼着の対策には充てん性の高いもの、化学的焼着の対策には耐熱性の高いものが要求される。また、鑄物製品内部に中子砂が崩壊せずに残留してしまう残砂不良には、注湯後の残留強度が低いシェル中子が要求される。

表 - 2 鑄造欠陥と鑄型特性

鑄型に起因する鑄造欠陥	要求される鑄型特性
ベーニング・変形	低膨張・高強度
ガス欠陥	低ガス発生量・通気性
焼着(物理的・化学的)	充てん性・耐熱性
残砂(崩壊不良)	低残留強度

4-1-2 鑄型特性とそれに対応する骨材特性

以上がシェル鑄型に起因する鑄造欠陥の対策のために要求される鑄型特性であるが、これらの鑄型特性にもそれぞれに対応する骨材特性がある(表 - 3)。高強度でガス発生量が少ないシェル鑄型を得るためには表面が清浄で丸い骨材が必要であり、低膨張のシェル鑄型を得るためには低膨張の骨材、耐熱性の高いシェル鑄型を得るためには耐熱性の高い骨材が必要である。また、通気性の良いシェル鑄型を得るには骨材の粒度分布を粗くし、微粉を少なくする必要があるが、逆に鑄型表面が平滑なシェル鑄型を得るには粒度分布を細かくして微粉も多少あった方がよい。通気性と平滑な鑄型表面の両方を兼ね備えるには、シャープな粒度分布で流動性の良い丸い骨材が必要である。さらに、残留強度が低いシェル鑄型を得るためには表面が清浄で、オーリティックや粘土分などの不純物が少なく、丸くて表面が滑らかな骨材が必要である。加えて高い耐熱性と熱伝導性があれば、理想的である。また、低膨張性と相反するが、熱膨張率が大きい(具

体的には石英分の高いけい砂)骨材の方が残留強度は低くなる。

表 - 3 鋳型特性と骨材特性

鋳型特性	要求される骨材特性
高強度	砂粒表面の清浄性、微粉が少ない、丸い粒形、硬い砂粒
低ガス発生量	砂粒表面の清浄性、微粉が少ない、丸い粒形、硬い砂粒
低膨張	低膨張性
耐熱性	耐熱性
通気性	粗い粒度分布、微粉が少ない
充てん性	丸い粒形、細かくてシャープな粒度分布、適度な微粉量
低残留強度	砂粒表面の清浄性、丸い粒形、凹凸の少ない砂粒表面 耐熱性、熱伝導性、熱膨張が大きい

4-1-3 シェル鋳型用骨材に求められる特性

以上のことから、シェル鋳型用骨材に求められる特性をまとめてみると下記の5点になる。

- (1) 砂粒表面が清浄で不純物や微粉が少ない
- (2) 丸くて凹凸が少ない粒形
- (3) 熱膨張率が小さい
- (4) 耐熱性が高い
- (5) 砂粒自体が硬い

砂粒表面が清浄で不純物や微粉が少ない骨材を得るには、骨材製造の段階で機械的に砂粒表面がよく磨かれていることと、集じん等により微粉が除去されていることが必要である。理想的には湿式で洗浄されている方がよい。また、破碎処理がされていない天然の原料から作られているものがよく、山砂よりも浜砂の方がより理想的である。

丸くて凹凸が少ない粒形についても、岩石を機械的に破碎処理された骨材より天然の浜砂がよい。ただし、最近では極めて粒形の丸いものがある。例えば造粒により作られたムライト系のセラミック砂やフェロニッケル鋳滓を風砕処理した加工骨材がそれである。けい砂の主成分である石英は急激な熱膨張を伴う変態点を有しているため、純度が高いけい砂ほど熱膨張率は大きい。そのため、けい砂はSiO₂分が少ないものほど熱膨張率は小さくなる。また、けい砂以外の骨材はすべてけい砂より低膨張だが、特にジルコン砂やオリビン砂、人工のものであればムライト系セラミック砂やフェロニッケル鋳滓加工骨材などが低膨張である。(図 - 4 参照)

耐熱性が比較的高い骨材はジルコン砂やクロマイト砂、オリビン砂およびムライト系セラミック砂などが挙げられるが、鋳鋼用でない限りここまでの耐熱性は要求されない。また、けい砂であれば、SiO₂分が高いものほど耐熱性が高くなるが、逆に熱膨張は大きくなる。鋳鉄の分野であれば、フェロニッケル鋳滓加工骨材でも耐熱性の問題はない。

砂粒自体の硬さでは純度の高いけい砂ほど硬度が高く望ましい。けい砂以外では、オリビン砂の硬度が低いので注意を要するが、それ以外はほぼ問題はない。ただし、再生使用を考慮するのであれば、硬ければ硬いほどコスト的にも有利である。

上記5点の特性において、目安となる数値を表 - 4 に示す。これら以外にも粒度分布や熱伝

導性などの特性があるが、これらの特性は発生する鑄造欠陥によって要求値が変わるため、一概にどれが望ましいか述べられない。例えばガス欠陥が発生している場合は、粒度分布は粗くする必要があり、焼付きや肌荒れが発生している場合は逆に粒度分布を細くする必要がある。また、引け巣の場合は冷却能が高い方が望ましいが、チル化や湯回り不良の場合は保温性が高い方が望ましい。

表 - 4 シェル鑄型用骨材に求められる特性（要求値）

特性項目	要求される具体的特性値範囲
粘土分	0.5%以下（理想的には0.1%以下）
P a n分	0.5%以下（理想的には0.1%以下）
pH	6～8（塩基性骨材の場合はこの範囲にあらず）
酸消費量	10ml/50g以下（理想的には7ml/50g以下） （塩基性骨材の場合はこの範囲にあらず）
粒形係数	1.4以下（理想的には1.3以下）
かさ比重	1.3以上（理想的には1.4以上）
熱膨張率	1000 で1.1%以下
耐火度	鑄鉄ではSK12以上（1350 以上） 鑄鋼ではSK34以上（1750 以上）
硬度	モース硬度6以上（理想的には7以上） ヌーブ硬度600Hk以上（理想的には800Hk以上）

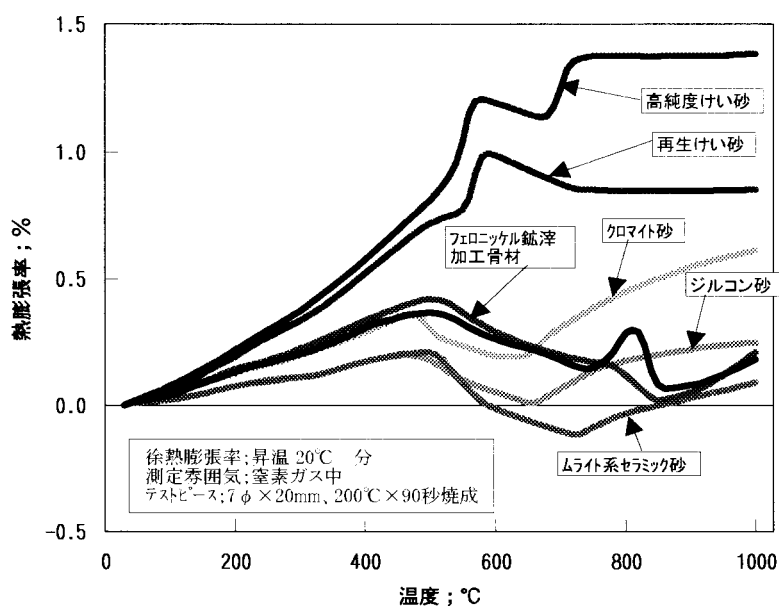


図 - 4 各種骨材の熱膨張率

4-1-4 シェル鑄型造型時における骨材特性の影響

シェル鑄型の造型時においても様々な不良や不具合が発生するが、一般的には骨材よりも樹脂特性の影響の方が大きい。ただ骨材特性の影響も全くないわけではない。

シェル鑄型造型時における不良の中で最も多い鑄型破損は強度不足が原因のものと、硬化不良

が原因のものがある。強度不足の場合は強度の骨材（表 - 3 参照）が望ましく、硬化不良の場合は熱伝導性の良い骨材が望ましい。さらに、充てん不良の場合は流動性の良い丸い粒形の骨材が望ましく、ピールバックの場合も同様である。また、シェル鑄型の寸法精度向上に寄与する骨材特性としては、次の3つが考えられる。

- (1) 熱による膨張収縮が少ない低膨張骨材
- (2) 流動性が良く充てん性の良い丸い骨材
- (3) 低レジンで高強度が得られる砂粒表面が清浄な骨材

4-1-5 鑄型および鑄型用骨材に求められるその他の特性と条件

欠陥対策や性能的な面で要求される特性の他に、シェル鑄型だけでなく鑄型全般に求められる特性または条件として次の点が上げられる。

- (1) 低コストであること
- (2) 品質が安定していること
- (3) 未来に渡って安定的に供給できること
- (4) 環境に優しいこと

今後も鑄造業界の状況は楽観できるものではなく、コストの問題は最も重要であると言える。骨材の原価において輸送コストの占める割合はかなり大きく、そういった意味では産地または生産地はできるだけ消費地に近いことが望ましい。また副産物や産廃物などを利用して可能な限り原価低減を進める必要がある。

また、品質安定面では原料任せの天然物よりも、工程および品質が管理された人工骨材の方が望ましい。さらに、安定供給の面では一般的に原料が豊富で供給能力が高い方がよいが、天然原料は最終的には枯渇の問題があるので今後は副産物・産廃物の利用品若しくはリサイクル品が望ましい。

これからの地球環境の問題を考えれば、環境に対する影響を無視して生産活動を行うことは不可能である。そのため、再生できる骨材というのは大前提である。さらにその歩留まりは高いことが望ましく、その過程での廃棄物はできるだけ少ない方がよい。この要求に応えるためには砂粒自体が硬くて耐熱性があり、砂粒表面が清浄で微粉等が少ない骨材が望ましい。丸くて表面の凹凸が少なければ、なおさら理想的である。また有害物質を含まないことも必要である。作業環境面では微粉が少ない骨材で、かつ新たに微粉が発生しないように丸くて硬い砂粒であることが要求される。

4-2 シェルモールド用再生骨材

シェルモールドに使用されている骨材は用途によってけい砂を始め様々なものがあるが、量的には圧倒的に再生けい砂が多い。この傾向は、1973年のオイルショック以降活発となり、最近では資源枯渇や産廃物規制の問題からよりいっそう顕著になっている。

4-2-1 再生砂の原料

シェルモールドが我が国に導入された頃はダンプボックス造型法などオールシェルプロセス

が主流であったが、現在では生型ラインにおける中子砂用のプロセスとして使用されているのが一般的であり量的にも最も多い。 シェルモールドが生型ラインの中子として使われると、そのシェル中子が注湯後崩壊した後炭化砂としてライン砂に混入していくため、その中子使用量に比例してライン砂は過剰となり余剰砂として生型砂が産廃になる。 現在この砂を再生してシェルモールド用骨材に使用するケースが大半である。 その他の有機自硬性や無機自硬性の余剰砂はそのプロセス内でリサイクルするケースが多く、またシェルモールド用再生骨材の原料としては性能的に向いていない。

4-2-2 再生方式

生型ラインの余剰砂を再生する場合シェルモールドの炭化砂が多く混入していることから、流動焙焼および乾式再生の併用方式が最も多い。 この再生方式の一般的なフローシートを図 - 5 に示す。

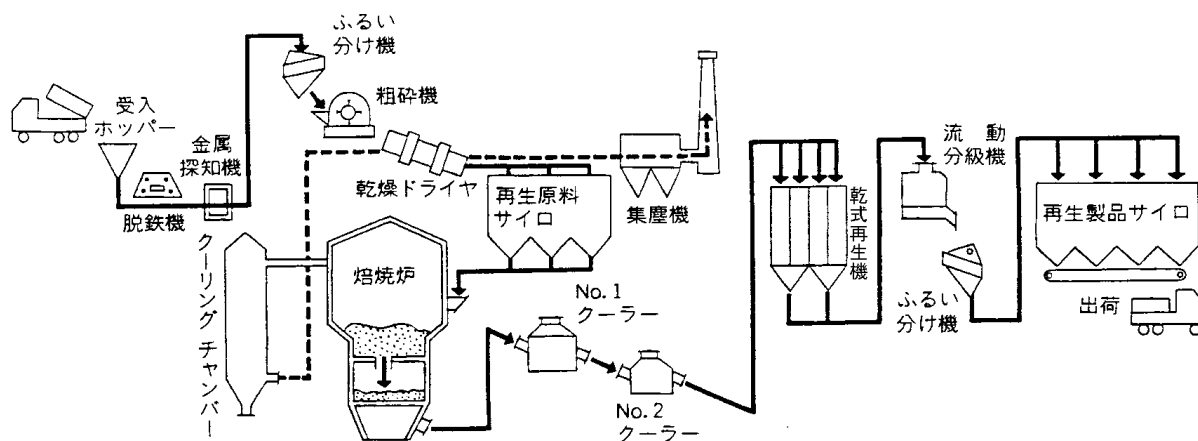


図 - 5 生型砂再生の一般的なフローシート

生型ラインから回収された古砂は、鉄片等を除去し、乾燥してからダマやガラを破碎して一旦貯蔵する。 この砂を流動焙焼炉に投入し、流動エアにて砂粒を流動させながらバーナーで焙焼して有機粘結剤等を燃焼させる。(図 - 6 参照) 冷却した後、乾式の再生機にて表面附着物を剥離する。 そのあと微粉分離・粒度調整を経て、シェルモールド用の再生骨材となる。

回収砂が炭化していないシェル殻主体の場合は、流動焙焼方式だけ実施しているケースもあるが、まれである。 逆に最近では、コスト的な問題から乾式再生方式だけで処理している例もあるが、この場合再生砂の色が黒く、それを原料としたRCSも黒くなるので、シェル焼成の際、色による焼成の判定がやりにくいという問題がある。

乾式再生は、その再生原理により、衝撃式、摩擦式、

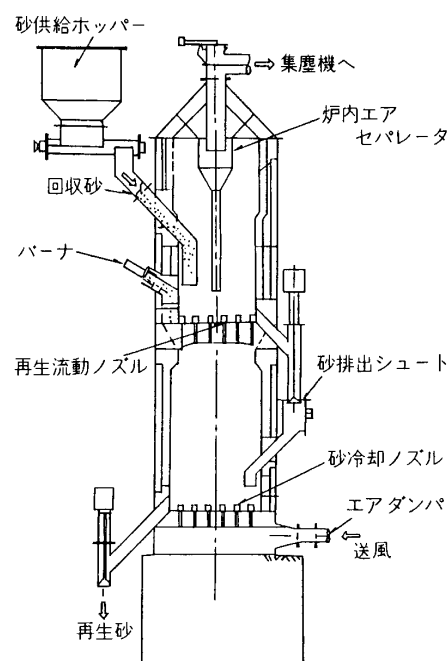


図 - 6 流動焙焼炉構造

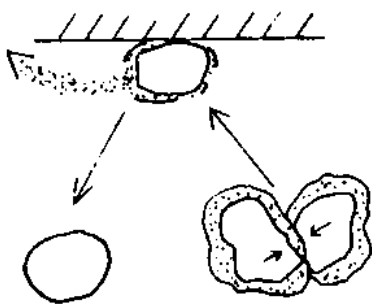
研磨式に分類される。それぞれの原理および特徴を図 - 7、表 - 5 に示す。従来は衝撃式が主流であったが、最近では摩擦式や研磨式の方が多い。

乾式および焙焼式の他に湿式の再生方式もあるが、処理後の乾燥コストや廃水処理の問題で実施されている例は少ない。ただし、砂粒表面の清浄性などの性能面では最も理想的な方式と言えるだろう。こういった点から僅かではあるが焙焼方式などと併用している例もある。

表 - 5 乾式再生の再生原理と特徴

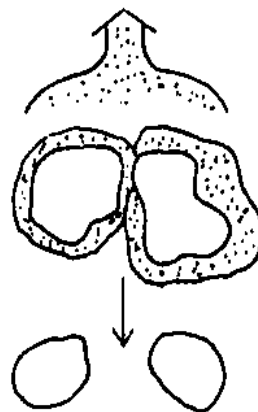
再生方式	再生原理	長 所	短 所
衝撃式	遠心力やジェットエアを利用して砂粒子を加速し、粒子間衝突及びターゲットとの衝突の際の衝撃により付着物を剥離する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 摩耗部品が少なくランニングコストが安い ・ 再生効果がターゲット角度や供給量によって容易に変更できる ・ 微粉除去効果と砂冷却がよい 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 粘性のある付着物の除去は難しい ・ 機械効率が他に比べやや悪い
摩擦式	回転羽根やドラムで攪拌させるか、遠心力を利用して、粒子同士の摩擦により付着物を摩滅する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保守点検が容易である ・ 再生状態の管理が行いやすい ・ 粒形改善効果がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 動力費が高い ・ 微粉除去能力がやや劣る
研磨式	回転砥石に砂粒を落下させ、付着物を研削する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械がコンパクトで構造が簡単である ・ 設備費・動力費が安い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 表面付着物の剥離状態が不均一になりやすい ・ 砥石の消耗が大きい

粒子間衝突
+ ターゲットとの衝突



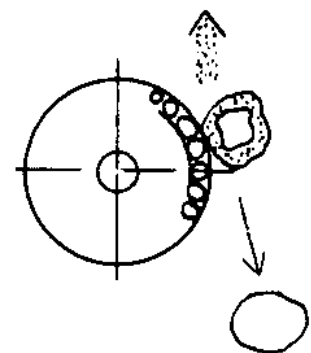
衝撃式

粒子間摩擦



摩擦式

砂粒研磨



研磨式

図 - 7 乾式再生の原理図

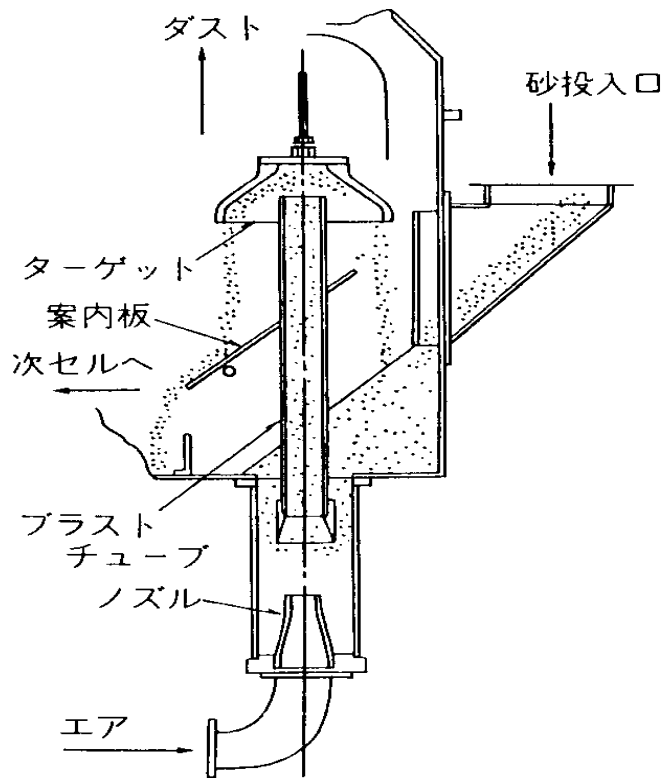


図 - 8 衝撃式再生機の構造図

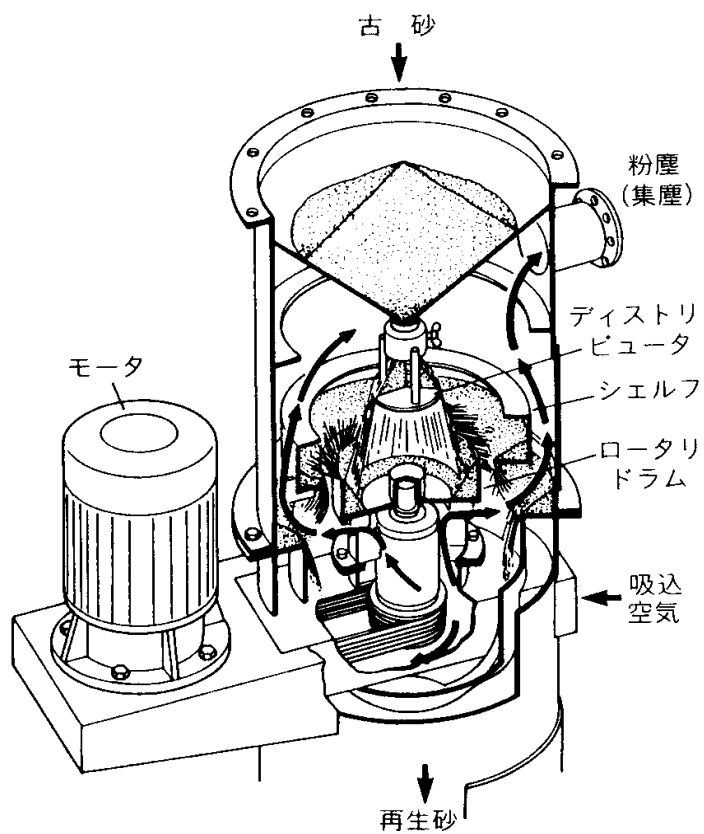


図 - 9 摩擦式再生機の構造図

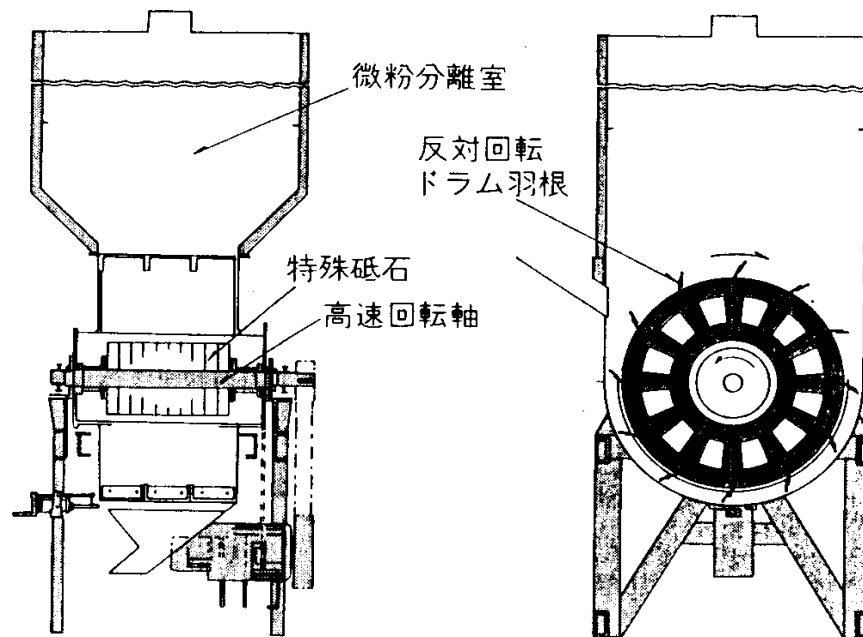


図 - 10 研磨式再生機の構造図

4-2-3 管理方法

生型ラインには時にシェルモールド以外の中子砂が混入するが、水ガラス系などの無機粘結剤は焙焼によって除去されず、逆にゲル化するのでこの中子砂の混入は極力避けなければならない。また、アルカリフェノールプロセスの中子砂は焙焼方式ではアルカリ分が除去されず残留してゆき、再生砂のpHが高くなって、シェルモールド用骨材としての性能に悪影響を及ぼすので、多量に混入しないよう注意を要する。フランププロセス砂は一般的に粗めで、シェルモールドではあまり使用されない粒度なので多量に混入することはあまり望ましくない。

シェル中子を多く含む生型ラインの余剰砂においても、その発生する場所によってRCSを全く含まない砂、RCSが多い砂、シェル殻やダマなどに分類できる。再生する際に、それらが極端に偏らないよう注意する必要がある。つまり、絶えずこれらの割合が大きく変動しないように管理し、焙焼温度等の条件が安定すれば再生砂の品質は安定する。

再生砂の品質的な管理は一般には粒度分布と強熱減量で行われている。粒度分布は求める性能によって変わるが、微粉量はできるだけ少ないのが望ましい。強熱減量は0.2%以下が望ましく、0.1%以下が理想的である。後工程の乾式再生における磨鉢度合も再生砂の品質に影響する。シェルモールドの場合粒形は鑄型強度や流動性などにおいて、影響の大きな因子なので磨鉢が不十分だと強度や充てん性に悪影響を及ぼす。しかし、磨鉢が強力すぎると砂粒が破碎されてしまい、返って逆効果になる可能性がある。再生砂の粒形は粒形係数やカサ比重（個々では、「砂の集合体としての比重」をいう）で管理し、一般的には粒形係数は1.3以下、カサ比重は1.4以上が望ましい。

4-2-4 再生けい砂の特徴

シェルモールドにおいて再生けい砂がよく用いられるのは、環境面という問題の他に熱膨張率が小さいという点も大きな要因になっている。生型砂の砂粒表面にはくり返し使用されることによって生成したオーリティック層がある。これは焙焼再生の際にもベントナイトなどの無機物が焼結することによって生成される。この層がけい砂の急熱膨張を吸収し、結果として再生けい砂を用いたシェル中子の熱膨張を小さくしている。しかし、このオーリティックはけい砂よりも耐熱性が低いため、注湯時の焼付きや崩壊不良の原因にもなっている。またオーリティックには微細な気孔が多く空いているため、シェルモールド以外の液状の粘結剤を用いるプロセスでは強度が発現しにくい。このような理由から焙焼後の乾式処理において過剰に磨くケースもあるが、これによって歩留まりが低下して、廃棄物も増加するとともにコストがアップする。さらに再生けい砂の最大の特徴である低熱膨張性も、オーリティック層が少なくなるに従って大きくなり新砂に近づいてゆく。

参考文献

- 1 . (財)素形材センター : (鑄造技術シリーズ2)
鑄型の生産技術(平成7年1月20日)
- 2 . (社)日本鑄造技術協会 : 第4版鑄造型法(平成8年11月18日)

4-3 シェルモールド用樹脂

シェルモールド法において樹脂は鑄物砂に対して概ね1~3重量%添加される。したがって、樹脂は接着剤として作用する。砂にコートされた樹脂は一旦熱溶融し、鑄物砂表面に均一に広がり、熱硬化するとともにフェノール樹脂特有の硬化収縮が起こり、鑄物砂同士をより強く接着する。一旦硬化したフェノール樹脂は不溶、不融となる。これがシェル鑄型の安定性をもたらす。

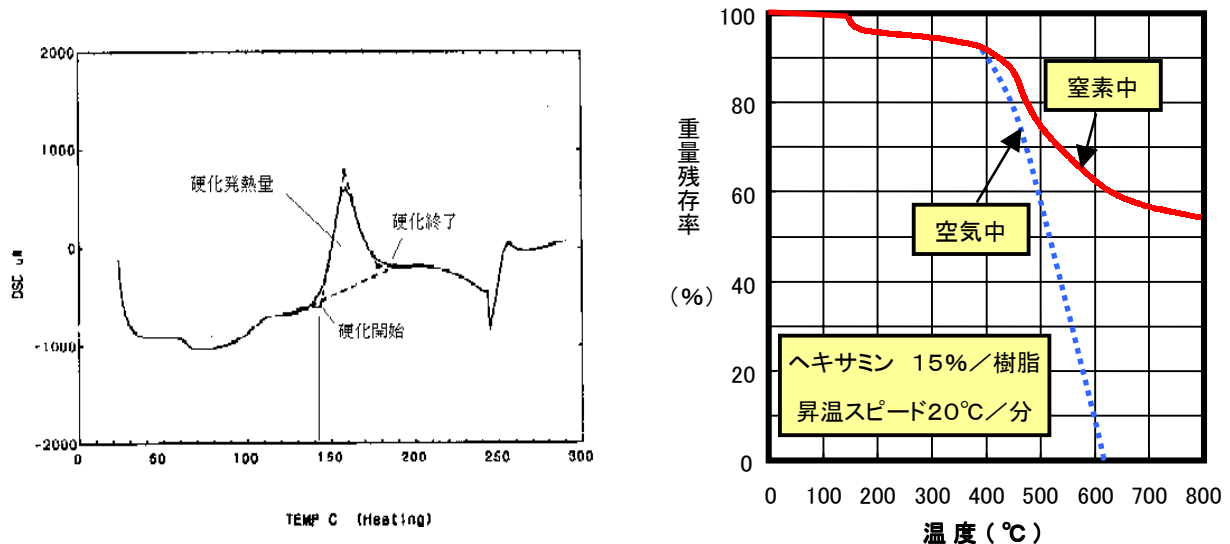


図 - 1 1 フェノール樹脂の熱挙動

フェノール樹脂は図 1 1 に示すとおり、硬化に際しては 150 の温度が必要であり、350 より熱分解が加速される。したがって、シェル鑄型を深部まで硬化させ、また熱分解による強度劣化を妨げるために金型温度は 250~350 に設定される。

4-3-1 シェルモールド用樹脂の分類と組成

シェルモールド法では粘結剤としてフェノール樹脂が用いられる。フェノール樹脂はフェノール類とホルムアルデヒドを反応させて得られる。

反応触媒に塩酸、シュウ酸のような酸を用いるとフェノールがメチレン結合した、熱可塑性のノボラック樹脂が得られ、ヘキサメチレンテトラミン(ヘキサミン)で熱硬化する。ヘキサミンは水溶液の状態、固形分換算で樹脂添加量に対して 10~20 重量%添加される。添加量が多いほど、高強度、高融着点の R C S となるが、R C S 製造工程及びシェル造型工程において臭気が強くなる問題が生ずる。

一方、水酸化ナトリウム、アミン類のような塩基を用いるとフェノールがメチレン、ジメチレンエーテル結合し、かつメチロールの官能基を持つレゾール樹脂が得られ、そのまま熱硬化する。一般的にノボラックのほうが分子量は高い。

混練方法によって樹脂のタイプが異なるが、現在ではドライホット法で R C S を製造するのでノボラック樹脂が主に使用される。レゾール樹脂はダブルコート法で用いられてきたが、現在ではまれになっている。臭気対策や中空中子の砂抜けを改良するために固形レゾール樹脂が用いられる。

シェルモールド法では混練性や流動性を向上させるためのエチレンビスアミドのようなワックスや砂との接着性を向上させるためにシランカップリング剤が添加される。

表 - 6 フェノール樹脂のタイプ

樹脂タイプ	ノボラック	レゾール
RCSの呼称	ハイヘキサタイプ	ゼロヘキサタイプ
樹脂製造時		
モル比	1.0以下	1.0以上
触媒	酸	アルカリ
硬化剤	ヘキサミン	不要
樹脂の保存性	ライフ長い	約3ヶ月
RCSにした時		
造型時臭気	刺激臭強い	刺激臭少ない
硬化速度	速い	遅い
熱分解時	窒素系ガス多い	窒素系ガス少ない
鑄型強度	比較的強い	比較的弱い
鑄型の崩壊性	やや難	やや易
コスト	やや安価	やや高価
消費量	多い	少ない

4-3-2 樹脂の形状

フェノール樹脂の形状は粒状、針状、棒状、顆粒状、カマボコ状、フレーク状、ペレット状、マーブル状等があるが、溶解性、ブロッキング性、計量を勘案してノボラック樹脂ではマーブル状が一般的である。樹脂の製造上、マーブル状にするのが難しい高軟化点樹脂や固形レゾール樹脂はフレーク状や棒状で供給させる。固形レゾール樹脂ではスプレードライ方式で乾燥造型し、亜球状のものもある。

4-3-3 樹脂の構造による特性の違い

フェノール樹脂は分子量分布を有しており通常重量平均分子量(M_w)で表現される。重量平均分子量が大きくなると、

- ・ 軟化点が高くなる。
- ・ 熔融粘度が高くなる。
- ・ ゲル化時間が短くなり、フローが短くなる。

のように物性が変化し、その結果として鑄型特性も次のように変化する。

- ・ 融着点が高くなる。
- ・ 常態強さが低くなる。

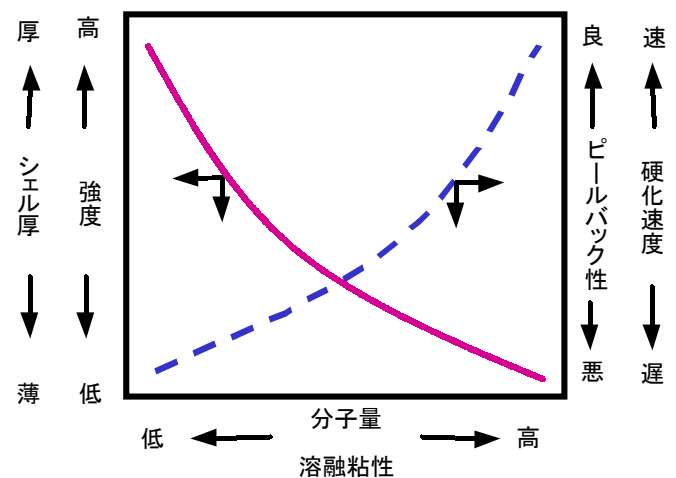


図 - 1 2 分子量と特性

- ・ 温間強さが高くなる。
- ・ ベンドが小さくなる。
- ・ピールバック性が向上する。

4-3-4 用途に応じた樹脂の選定

上記のようにフェノール樹脂の分子量だけではなく、フェノール樹脂の構造(配置)やフェノール源を変えることにより様々な機能を示し、用途に応じてそれらを選択する。

4-3-4-1 速硬化樹脂

速硬化樹脂は造型時間の短縮や金型温度の低下を目的に使用される。速硬化の方法としては、第一にフェノール樹脂のハイオール化であり、第二に主にサリチル酸等の有機酸の添加でヘキサミンの分解を助長する方法がある。ただし、流動性や架橋密度が低下するので常態強さ及び熱間強さが低下する。また、酸の添加は融着点を下げ流動性は向上し、常態強さが上がることもあるが、RCSのブロッキングの危険があり注意が必要となる。

4-3-4-2 低熱膨張樹脂

鑄型の熱膨張に対する樹脂の役割は、鑄型骨材の熱膨張を緩和してゆくことである。当然、低熱膨張鑄型を得るためには低熱膨張骨材を使用することが望ましいが、低熱膨張骨材は価格が高く、一般的方法となっていない。また、樹脂添加量が多いほど低熱膨張鑄型となるが、それに伴い発生ガス量が増加するため限度がある。樹脂による低熱膨張化が求められ、ビスフェノール類をフェノール源として使用することやビンソール等の添加物によって低熱膨張化をはかっている。

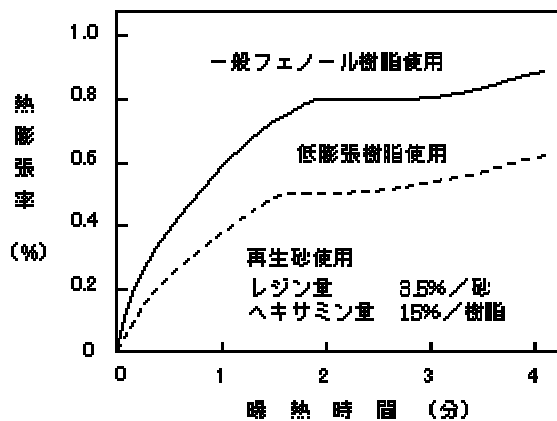


図 - 1 3 熱膨張率の比較

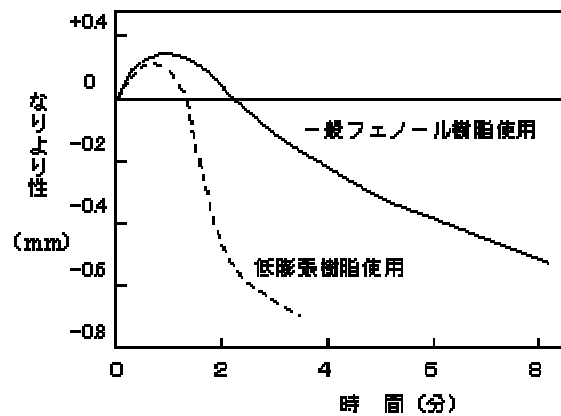


図 - 1 4 なりよりの比較

4-3-4-3 易崩壊性樹脂

鑄造品の軽量化の潮流から、鑄鉄からアルミへのシフトが行われるに連れて、鑄型の易崩壊性が強く求められるようになった。易崩壊性の付与は概ね崩壊剤の添加により、フェノール樹脂の熱分解を助長することで達成される。崩壊剤として、各種酸化剤、有機/無機ハロゲン化物、燐酸エステル、有機酸類が用いられる。分解を促進することから発生ガス量の増加、発生ガス

の有害性があるものもあり、選択には注意が必要である。

4-3-4-4 低臭樹脂

フェノール樹脂は硬化剤にヘキサミンを用いるため、造型時及び注湯時に熱分解ガスとしてアンモニアやホルムアルデヒドが発生する。とりわけ、ホルムアルデヒドの発生には対策が必要である。樹脂中にキャッチャー剤を使用することやヘキサミンを使用しない固形レゾールの使用が効果的である。その場合、架橋密度や硬化性の低下が起こるので、ノボラック樹脂との併用、少量のヘキサミンの添加によって要求される鑄型特性を得ることが望ましい。ただし、ヘキサミンを使用する以上限界はある。

一方、フェノールの発生は熱分解で発生するものもあるが、多くはノボラック樹脂に残存する遊離フェノールによる。現在では、製造装置、製造技術の発達によりかなり解消されている。

表 - 7 ガス濃度測定例

樹脂種		従来 ノボラック	低臭気 ノボラック	ゼロヘキサ
造型時発生 ガス濃度測定例 (ppm)	フェノール	2	0.5	3
	ホルムアルデヒド	5	5	4
	アンモニア	250	240	35
臭気濃度 (3点比較式臭袋法)		2700	860	3000

4-4 R C Sの製造工程

規定温度に加熱した鋳型用骨材をミキサーに投入し、シェルモールド用樹脂(フェノール樹脂)を溶融被覆させた後、レゾール樹脂の場合は冷却水、ノボラック樹脂の場合はさらに硬化剤であるヘキサメチレンテトラミン(ヘキサミン)を投入して混練する。冷却が進み、骨材同士の固着が少なくなった時点で、ステアリン酸カルシウム(ステカル)を投入、分散させて乾態自由流動性にし排出して作られる。

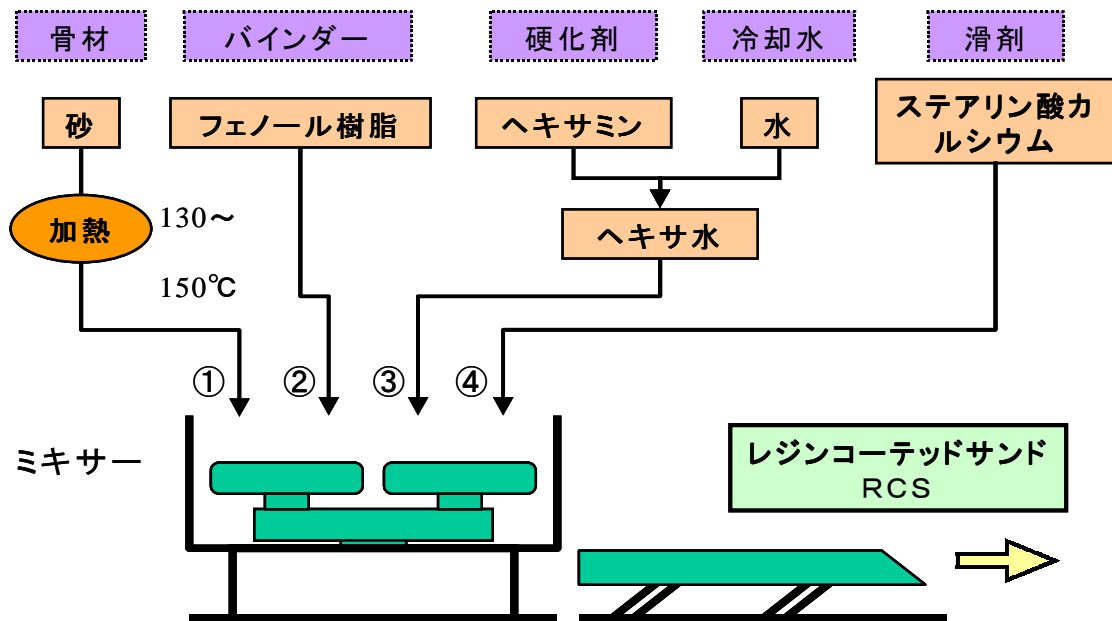


図 - 15 R C Sの製造工程

4-4-1 R C Sの貯蔵

R C Sは適切に貯蔵する限り長期保存が可能である。しかしながら、高温、多湿の場所では熱ブロック、水ブロックを起こす可能性があるため注意が必要である。

4-4-2 造型時及び鋳造時トラブルのR C Sによる対策

造型時及び鋳造時トラブルのR C Sによる対策を表 - 8 に示す。各不具合に対して、R C Sによる対策方法は種々あるが、相反する特性もあるため鋳型形状を考慮に入れ、バランスの良い特性を有するR C Sを選定することが望ましい。

表 - 8 造型時及び鑄造時トラブルのRCSによる対策

	不具合内容	RCSによる対策方法
造型時	充てん不良	<ul style="list-style-type: none"> ・粒形が丸く微粉が少ない骨材を使用しRCSの流動性を良くする ・高分子樹脂を使用しRCSの融着点を高くする
	離型時破損	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂添加量を多くし鑄型強度を高くする ・速硬化樹脂を使用し鑄型の離型時強度を高くする ・高強度樹脂を使用し鑄型強度を高くする
	中空中子の重量増	<ul style="list-style-type: none"> ・高分子樹脂を使用しRCSの中空性を良くする
	ピールバック	<ul style="list-style-type: none"> ・耐PB樹脂を使用する
	離型後の変形 放冷ワレ	<ul style="list-style-type: none"> ・低膨張骨材を使用し鑄型の変形を抑える ・低膨張樹脂を使用し鑄型変形を抑える ・高強度樹脂を使用し鑄型強度を高くする ・樹脂添加量を多くし鑄型強度を高くする
鑄造時	ガス欠陥	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂添加量を少なくする ・高強度樹脂を使用し樹脂添加量を少なくする ・高強度骨材を使用し樹脂添加量を少なくする ・粒度の粗い骨材を使用し鑄型の通気性を良くする ・レゾール樹脂を使用しヘキサミン添加量を削減する
	ベーキング	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂添加量を多くし鑄型強度を高くする ・高強度樹脂を使用し鑄型強度を高くする ・低膨張樹脂を使用し鑄型変形を抑える ・低膨張骨材を使用し鑄型変形を抑える
	鑄肌不良	<ul style="list-style-type: none"> ・粒度の細かい骨材を使用し鑄型面を平滑にする ・流動性の良い骨材を使用し鑄型面を平滑にする ・耐火度の高い骨材を使用する
	砂残り不良	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂添加量を少なくし鑄型強度を低くする ・易崩壊樹脂を使用し注湯後の鑄型強度を低くする

4-5 シェル中子造型工程

4-5-1 中子金型の設計作業

金型は中子の大きさ、形状、数量等により造型機が選定され、その時点で型分割、加熱方式、反転排砂の有無、込め数、吹き込み口等の基本的な事が決まり、その他、金型を作る上での設計は下記のような事を考慮して行われる。

(1) 金型の材質

材質は普通鋳鉄、ダクタイル鋳鉄が主に用いられ、歪取り熱処理が必要である。最近では熱伝導率の良い銅合金材も使われるようになった。

(2) 型の分割

金型の分割は主に垂直割と水平割である。3分割以上になると多方割（専用機）もある。厚肉で反転排砂可能なものは垂直割で、薄肉の大物は型サイズが大きくなるため一般的に水平割とする。水平割の場合は中実中子、小物の多数個込め、複雑形状中子で、垂直分割の場合は中空中子とすることが多い。小さな分割ができない箇所についてはルーズピースなどが利用される。

水平分割・・・複雑な形状で充てん及び離型が困難な中子

垂直分割・・・反転排砂の必要な中子

(3) 型の肉厚（20～50 mm、それ以上の物もある）

金型の熱歪み及び中子の焼きムラをなくすため、型の肉厚を均等にする。又リブの取り付けによる熱歪み防止も必要である。金型を均一加熱するため金型の肉厚は中子形状をなぞるように肉を盗むと良い。しかし金型肉厚が薄いと型の反りが発生するため、ある程度の肉厚を確保する必要がある。また複数込めの中子型については対称位置にキャビティーを配置させないと金型の歪みが発生することに注意する。バーナー取付け位置より金型が大きくはみ出してしまうと金型温度のムラにより反りが出てしまうのでバーナー位置からなるべくはみ出さない型サイズとすることにも配慮が必要である。一般的に金型肉厚は20～30mmである。

(4) 熱源関係（加熱温度は250～350℃）

熱が均等に伝わるような熱源、金型の型歪み、中子焼成に配慮が必要である。

ガス加熱式...ガスバーナーの位置、数、大きさ

金型サイズに合わせてバーナーの数は調整するが、一般的に金型の内側は熱がこもってしまうため、バーナーの数を少なくし、外側は熱が逃げ易いため、バーナーの数を増やすと良い。

金型製作時には、経験的にバーナーの位置、数を設定するが、一度中子造型を実施し、金型温度と中子の焼き色を確認しながらバーナーの位置、またはバーナーの数を間引きしたり付け加えたりして、最適なバーナー位置を設定する。さらに金型キャビティー形状での凸部に付ける。最小50mmピッチとし小さいバーナーチップを多数つける。

電気加熱式...ヒューズ線位置、数、容量

ガス加熱式と同様なことが言える。

ガス加熱に比べ電気加熱は温度調整が容易であるがランニングコストは高い。肉厚バランスが悪いと均一加熱が出来ず、型の反り、歪が発生する。

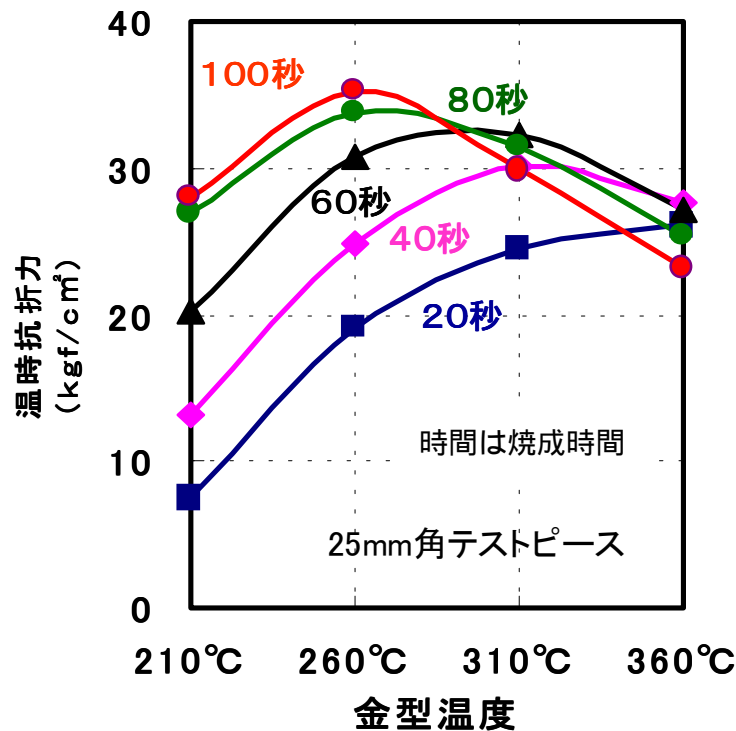


図 - 1 6 金型温度と温時抗折力の関係

(5) 充てん関係

製品形状により色々な工夫や低圧でムラなく充てん出来る必要がある。

- ・ 吹き込み圧...0.1~0.3MPa
- ・ 吹き込み時間 ... 2 ~ 5 秒 (参考値)
- ・ 吹き込み口...位置、数、大きさ

ブローヘッド内の砂が金型キャビティー内へスムーズに充てんされる位置、大きさの吹き込み口を設定する。吹き込み口の横幅は可能な限り大きくするとよい。また吹き込み口の大きさは排砂率を考慮して設定する。注意点としては、砂が直接製品部へ当たらない位置に吹き込み口をつける。また吹き込み方向に干渉物がなく下段まで砂が通る所に付ける。2箇所以上の時はブローエアーの干渉に注意する。

- ・ バイパスの有無...位置
- ・ ブローエアーの干渉に注意する。
- ・ ベントホールの有無...取り付け位置、数、大きさ

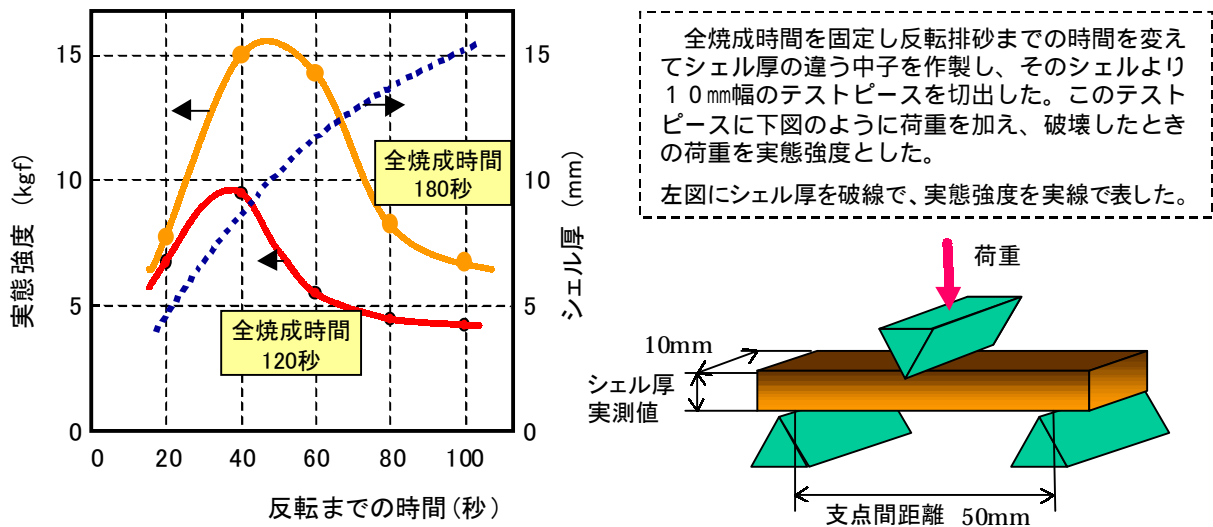
金型製作時には経験的にベントホールを配置するが、一度中子造型を実施し、充てん不良部にベントホールを追加したり、大きさ、開口率の違うベントホールに変更して、最適ベントホールの配置を設定する。また目詰まりや強度的な問題から、基本的にはベントホールを使用せず、代わりとして、エアーの抜けが悪い所に押しピンを取り付けて、ピンと穴のクリアランスの部分からエアーを逃がし、どうしても必要な所にベン

トホールを取り付ける場合もある。

- ・ エアー抜き穴の有無...位置、数
一般的に見切り面からエアーを逃がすのが良いが、充てん性の向上のため、溝などを掘りエアー抜きを行う。但しエアーが抜けすぎると充てん不良を引き起こすので、その点注意を要する。
- ・ 吹き込みエアーの脱湿
充てん性を改善するために、吹き込みエアーの脱湿をするような工夫も必要である。

(6) 反転排砂...回転方向(ピールバックを考慮) 排砂口の大きさ

排砂率を良くするため排砂口を大きくしたいが充てん性に係る吹き込み口の大きさを考慮して設定する。なお、反転排砂によるシェル厚は硬化していることが必要であり、未硬化部分があると実態強度は得られない。(図 - 17)



グラフでわかるように反転までの時間が長くなるとシェル厚は厚くなる。また実態強度は、シェル厚の増加にともない上昇するが、途中から低くなる。

これは、全焼成時間を固定しているため金型からの熱量は同じであるが、反転までの時間が長いと、シェル厚をつけるのに熱量が使われてしまい、硬化に使われる熱量が少なくなり、シェル厚の内、硬化した層が薄くなるためである。

すなわち、無駄に硬化していないシェル厚をつけるより、薄くても硬化したシェル厚をつける方が中子の実態強度は強くなることを示している。

図 - 17 全焼成時間を固定した時の反転までの時間と実態強度の関係

(7) 押し出しピン(中子離型用)...位置、数、大きさ

製品により異なるがエアー抜きも兼ねるので出来るだけ多く配置する。位置は巾木形状部を優先配置する。中子では凸部に配置する。中子には平均的な力がかかる位置に押し出しピンを配置しないと離型不良が発生するので注意を要する。また押し出しピンはベントの代わりにもなるのでその部位の充てん確認も必要である。

大きさは約 10mm前後で、大き過ぎると押し出しピン部の焼き不具合が発生、小さ過ぎるとピンの曲がりが発生する。

(8) 芯金の使用...セット方法の考慮

ブロー圧で芯金が動かないよう固定方法を考える必要がある。

4-5-2 造型工程

金型の点検 R C Sの確認 金型脱着 タイマー設定

焼成 離型 中子仕上げ 中子検査

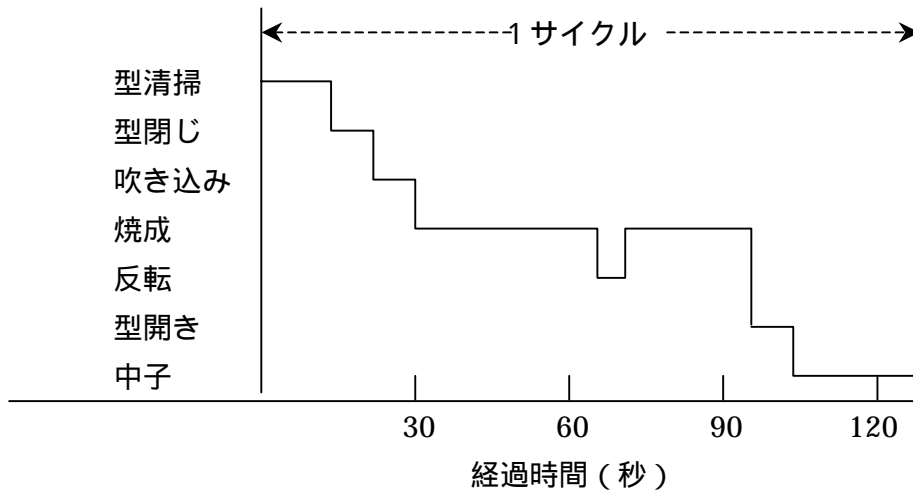


図 - 1 8 焼成作業サイクルの一例

4-5-2-1 段取り替え作業

使用後の金型を機械から外し、次の造型金型を機械に取り付ける作業である。

使用後の金型は、次の造型のため清掃をおこない格納し、使用前の金型は、始業点検をしてから機械に取り付ける。

4-5-2-2 金型の点検

- (1) 合わせピンの磨耗，曲がり、傷、ガタ等を確認する。
- (2) 金型のワレ、押し出しピンの曲がり、ガタを確認する。
- (3) 金型のベントホール、エアー抜き穴の詰まりを確認する。
- (4) 金型のしみつきの確認し、特に吹き込み口近辺に注意する。
- (5) ヒーター線切れ、ガスバーナーの点火不良を確認する。

4-5-2-3 R C Sの確認

- (1) 使用する R C S の種類を確認する。
- (2) R C S の品質状態を確認する。(吸湿、ブロッキング等)
- (3) 吹き込み箱の残砂を確認する。(種類の違う砂は完全に取り替える)
- (4) 吹き込み箱の砂容量を調整する。(砂量が多いと充てん不良が発生する、少ないと吹き込み直下部にシミツキが発生する)

4-5-2-4 金型を機械からの取り外し、取り付け作業

- (1) 金型の合わせ状態の確認。(隙間、水平が出ているか等)
- (2) 吹きこみ口の位置

4-5-2-5 タイマーの設定

- (1) 吹き込み時間、圧力を設定する。(タイマー2~5秒、圧力0.1~0.3MPa)
- (2) 焼成時間、温度を設定する。(製品により異なる、250~350)
- (3) 反転排砂までの時間を設定する。(製品により異なる、焼成肉厚が6mm以上にする)
- (4) 反転排砂時間を設定する。
- (5) 離型時までの時間を設定する。(製品により異なる)

4-5-2-6 焼成作業

以上のような段取り替え作業が終わり中子の造型作業が始まる。

初期品質を確認する。(作業立ち上がり時は造型条件がととのわず品質のバラツキが多い。)

- (1) 砂の充てん状態を確認する。
- (2) 焼成状態を確認する。
- (3) 外観(きれ、われ)を確認する。
- (4) 焼成肉厚を確認する。

4-5-2-7 離型作業

中子焼成が出来たら、中子を金型から取り出すことを離型作業といい、次のようなことを注意する必要がある。

- (1) 押し出しピンが正常な状態で作動しているか。
- (2) 金型にしみつき現象はないか。
- (3) 離型後の中子の置き方に異常はないか(置き方により歪、われ等が発生する)
- (4) 離型後の中子の急な冷却はないか(急な冷却はヒビ、われ等が発生する)

4-5-2-8 中子の仕上げ作業

中子の仕上げ作業は、造型された中子の見切りバリ取り、吹き込み口やバイパスの除去、押し出しピン跡の修正、ムラ詰まり部の修正作業等をおこなう。

4-5-2-9 中子の検査作業

出来あがった中子の外観及び寸法の確認検査を行う。

- (1) 外観の確認
 - ・ 焼きムラ(限度見本による目視判定)
 - ・ ヒビわれ(目視判定)
 - ・ 破損、しみつき(目視判定)
 - ・ 充てん不具合(目視判定)

- ・ ガス抜き状態（線ゲージ等で貫通の確認）
- (2) 寸法の確認
- ・ 寸法（ノギス等で測定）
 - ・ 変形（ゲージ等で確認）
 - ・ 中子の中空の状態（切断で肉厚をノギス等で測定）
- 以上のような工程を経て中子の造型工程は終わる。

表 - 9 シェル中子の欠陥と対策（中子造型工程）

欠 陥		対 策
中 子 造 型 工 程	充てん不良	吹き込みエア圧を適切にする。 エアベントの清掃を実施する。 金型温度を下げる。 吹き込み箱の砂容量を適正にする。 押し出しピンを太くする、隙間を付ける。 エア抜きをつける。 吹き込み用バイパスを付ける。 押し出しピンを付ける。 エアベントを増やす。 融着点の高いRCSを使用する。 粒形の丸みのある砂を使用する。 微粉分の少ない砂を使用する。
	しみつき不良	離型剤を定期的に塗布する。 吹き込みエア圧をさげる。 エアベントの清掃を実施する。 金型温度を上げる。 吹き込み口を大きくする、数を増す。 エアベントを増やす。 吹き込み用バイパスをつける。 離型性の良いRCSを使用する。
	われ、変形不良	扇風機による離型後の中子の急冷を止める。 離型後の中子の置き方、中子の姿勢に注意する。 金型内の温度バランスを取り焼きムラをなくす。 しみつきの原因の対策をする。 押し出しピンのバランスを取る。 つなぎ（ステー）を取り付ける。 充てんムラをなくす。 RCSの強度を上げる。 熱膨張の少ないRCSを使用する。
	ピールバック （P/B）	金型内の温度バランスを取る。（特にP/B部を熱源にて低温を防ぐ） 反転排砂のタイミングをはかる。 反転排砂の角度を調整する。 充てん不良の原因対策をする。 耐P/B性RCSを使用する。 硬化速度の速いRCSを使用する。

5. シェルモールド法の環境対策

昨今、環境問題に対する意識が高まっているが、鋳物業界は悪臭苦情の対象業種であり、中でも臭気対策が重要になってきており、シェルモールド法も例外ではない。

このシェルモールド法における環境対策として、どのような取り組みが実施されているのかを以下に示す。

5-1 R C Sの取扱いについて

R C Sを取扱う場合、皮膚・粘膜または着衣に触れたり、眼に入らぬよう保護眼鏡・保護手袋、また、粉塵を吸入しないよう粉塵マスク等の保護具を着用する必要がある。

5-2 臭気・発煙対策

シェル中子焼成時には、フェノール樹脂とヘキサミンの熱分解によって、臭気原因物質であるアンモニア・ホルムアルデヒド・フェノール類等のガスが発生する。これら物質の作業環境に対する管理濃度は、労働安全衛生法から表 - 10 のように制限されている。(なお、管理濃度数値は日本産業衛生学会の許容濃度である。)そして、そのガスと発煙に中子作業者は曝露されている。

表 - 10 臭気原因物質の管理濃度

臭気原因物質	許容濃度
アンモニア	25 ppm
フェノール	5 ppm
ホルムアルデヒド	0.5 ppm

この問題点として、

- (1) 臭いがきつい。
- (2) 悪臭がある。
- (3) 作業服や髪に臭いが付く。
- (4) 臭いが職場に拡散する。

などが挙げられ、作業者は不快感に悩まされている。また、金型温度の上昇に伴い、発生臭気は増加すると言われており、生産性を重視する一方、高温での中子焼成が発生臭気を増加させる要因にもなっている。その対策として、臭気を発生させないことが第一であるが、現在の化学技術ではそれは困難である。そこで、発生した臭気、煙を吸引捕集する処理方法として、直接燃焼法・触媒燃焼法・活性炭吸着法、薬液洗浄法などの脱臭装置がある。また、できる限り前工程で処理するという考え方から、臭いの発生量を化学変化で少なくする中和法、また、臭いを他の臭いに置き換えてしまうマスキング法が添加剤のみの使用でできる安価な方策として挙げられる。

その減臭添加剤の一例として、臭気中和法では、ノコソフトCC(有忠正)、エアーケム(第一クリーンケミカル株)がある。また、マスキング法としては、天然素材を基本としたストッブオダー(株前田シェルサービス)などが販売されている。これら添加剤は、R C S製造工程中に予め添加しておくタイプである。また、天然臭気中和剤を工場内に噴霧して、発生する臭気と煙を中和させるといったシステムも開発されており、エコソープ(有エコロ)がその一例である。

次に、低臭樹脂ではノーヘキサントタイプの樹脂があるものの、要求する砂特性を得ることがで

きない。また硬化が遅れ生産性に影響することから、結局ある程度のヘキサを添加する必要があり、広くは使用されていないのが現状である。また、設備的な対策としては集塵ダクトの設置が一般的であり、ターンテーブル方式、局部フード式などが挙げられる。また、熱対策として使用される冷風ダクトも、作業者の背後から冷風を当てながら中子からの発煙を前方に飛ばすといった点で効果がある。

最後に、最近では、環境にいち早く対応したシェル造型機として、モノコック構造で臭気の漏れを防ぎ、しかも、燃焼式の脱臭機が付いたものも販売されている。

5-3 騒音対策

シェルモールド中子造型時における騒音としては、主に中子造型時のブロー排気音と反転排砂時のバイブレーター音が挙げられる。なお、下表の騒音規制法によって、排出規制値が制限されている。また、作業環境下における排出規制値も同時に制限されており、第 Ⅰ 管理区分では、騒音レベルの低減に努めるよう記述されている。なお、A測定平均値は、平均的作業時の騒音レベルとし、B測定は平均的作業内に発生する最大限の騒音レベルとする。

表 - 1 1 騒音規制法による排出規制値

区分	排出規制値
昼間	6 0 d b
朝夕	5 5 d b
夜間	5 0 d b

表 - 1 2 騒音障害防止のためのガイドライン管理区分

	8 5 d b 未満	8 5 ~ 9 0 d b	9 0 d b 以上
8 5 d b 未満	第 Ⅰ 管理区分	第 Ⅱ 管理区分	第 Ⅲ 管理区分
8 5 ~ 9 0 d b	第 Ⅱ 管理区分	第 Ⅲ 管理区分	第 Ⅳ 管理区分
9 0 d b 以上	第 Ⅲ 管理区分	第 Ⅳ 管理区分	第 Ⅴ 管理区分

まずブロー排気音については、一般に排気管にサイレンサー（消音ノズル）を取り付けるなどして対処している。また、ブロー圧を低く設定するのも効果があるが、昨今中子形状の複雑化に伴い中子砂が充填されにくくなる傾向にあり、ブロー圧を高く設定せざるを得ないことも排気音の上昇につながっている。

次にバイブレーター音については、サイレンサー、吸音材（ゴム板）などを取り付けて騒音の低減を行っている。また、バイブレーターをユーラスモーターにすることや、バイブレーターの機種をロータリー式からピストン式へ変更することも効果的である。さらに各中子の排砂状況を確認しながら、バイブレーターを間欠的に作動させたり、エア圧を低減させるなどして騒音を低減させる取り組みも実施されている。

5-4 熱対策

シェルモールド中子は 300 ℃ 付近に加熱した金型内で焼成されるため、その輻射熱による熱対策も必要となってくる。まずは、作業スペースの雰囲気温度を低下させることであるが、冷風ダクトを設置するのが一般的である。しかしながら、それだけでは周囲の熱い空気を巻き込ん

でしまうため、冷却効果が薄れてしまう。そこで、より効率的に雰囲気温度を低下させる工夫としては、冷却ダクトに屋根やフードなどを取り付けることにより、作業者に直接冷風が行きわたるような配慮が必要である。またその付随効果としては、作業者の背後から冷却ダクトを当てることにより、中子からの発煙を作業者の前方へと飛ばすこともでき、発煙対策としても効果がある。(前述)

また、離型直後の中子温度は 200 前後と高いため、このまま直接接触すると火傷する可能性がある。そこで、ローラーコンベアを長く設けることで冷却ゾーンを確保して、中子を冷却させることも行っている。さらに、作業用軍手に断熱材を貼り付けることで火傷防止を行っている。

以上、シェルモールド法における環境対策を列挙したが、ISO14000 による環境活動からも臭気・排煙対策を真っ先に行う必要がある。また、今後は、環境規制が更に厳しくなることが予想される為、より一層の取り組みが必要である。

参考文献

- 1．化学物質の危険・有害便覧（労働省安全衛生部監修）‘97年改定版
- 2．鑄造技術シリーズ2、鑄型の生産技術（財）素形材センター（平成7年度発行）

第2部 シェルモード中子の寸法変化と変形に関する実験

1. 目的

シェルモールド法は大量生産型の鋳物の中子に多く用いられており、また近年自動車用の鋳物は軽量化のニーズから薄肉化の方向にあり、高い寸法精度が要求されている。同様に大量生産鋳物用中子に使用されるコールドボックス法に対比して、シェルモールド法は加熱硬化である事が大きく異なり、この加熱による金型の膨張、歪、中子の収縮や変形が問題視されている。今回の実験では加熱硬化型であるシェルモールド法において、種々の条件が中子の寸法に与える影響を定量的に把握することを目的とした。

具体的な実験方法として以下の項目を取り上げた。

- a. 中子の焼成時の膨張収縮による中子寸法の変化を定量的に測定する。
- b. 加熱など色々な条件による違いから生じる歪を測定する。
- c. 材料である R C S の条件（骨材、樹脂）の違いによる影響を見る。
- d. 金型温度の違いによる充てん性への影響を見る。
- e. 造型機の型締力の影響を見る。

なお、本来中子の寸法精度は鋳物の寸法精度のために重要であり、鋳物を鋳造し、その寸法で評価すべきものであるが、実験期間及び費用の問題より、今回の実験では造型された中子の寸法で評価する事とした。

2. 実験方法

2-1 テストピース形状

テストピースの形状は、5 ページ図 3 に示すようなものとした。

W字型の形状とすることにより図中 A , B の寸法で膨張収縮を測定し、B , C , D の寸法で歪、変形を測定しようとした。また、E , F の寸法によって円筒形の直径に対しての寸法変化を測定することとした。

2-2 造型金型

上記テストピースを作製するための金型として 7 ページ図 4 の写真のような金型を作製した。金型は 400mm × 400mm の垂直割トップブローの造型機に設置できるものとし、加熱方式はガス加熱とした。また材質は鋳鉄製とした。金型は、(株)前田金型製造所で作製し、本金型の図面を巻末に添付する。

2-3 レジンコーテッドサンド

シェル中子の材料であるレジンコーテッドサンド（以下 R C S と称す）については、中子寸法に与える影響として骨材種、樹脂種（樹脂の柔軟性）、樹脂添加量を選び計 4 種の R C S を作製した。骨材種としては熱膨張の大きいものとしてフラタリーサンド（けい砂）を、膨張の少ないものとしてナイガイセラビーズ # 6 5 0（伊藤忠セラテック株製）を用いた。樹脂種は、変成タイプと未変成タイプで硬化した樹脂の柔軟性が異なる点に着目し、一般のフェノール樹脂（未変成タイプ）と、硬化した樹脂が柔軟性をもっている低膨張タイプ（変成タイプ）を用いた。ただし、反転排砂により中空中子を作製する際の R C S は一般タイプの

フェノール樹脂（未変成）のうち高融点タイプを用いた。

各RCSの配合及び特性について表1に示す。

なおRCSは、旭有機材工業(株)で作製した。

表1 RCSの配合，特性

RCS名		イ	ロ	ハ	ニ
配合	砂種	フラタリー	フラタリー	フラタリー	ナイガイセラ ビーズ#650
	樹脂種	一般（高融点） SP1006LS	一般 SP610	低膨張タイプ BP150	一般 SP610
	樹脂添加量	1.7% / 砂	2.5% / 砂	1.65% / 砂	1.65% / 砂
	ヘキサミン量	15% / レジン			
	ステアリン酸加シム量	0.1% / 砂			
RCS融着点（ ）		114	104	100	111
曲げ強度（N / cm ² ）		515	973	637	441
粒度分布 （%）	26mesh	0	0	0	0
	36mesh	3.2	1.5	2.8	0
	50mesh	4.7	9.7	12.8	1.5
	70mesh	40.4	39.7	37.5	38.6
	100mesh	46.1	43.7	41.3	44.0
	140mesh	5.6	5.1	5.6	14.8
	200mesh	0	0.3	0	1.1
	280mesh	0	0	0	0
pan	0	0	0	0	
粒度指数（AFSFN）		60.9	60.3	59.2	67.0
熱膨張率 （%）	300	0.14	0.13	0.15	0.04
	400	0.26	0.23	0.26	0.06

注) イのRCSは中空性を加味した樹脂とした。

注) ニのRCSは実験の主旨からして樹脂の汎用性を重視したため、セラビーズと樹脂の相性から予想より強度が低目であった。

注) 熱膨張率は28mm × 50mm hのテストピースを260 × 120秒で焼成し、このテストピースを用いて各温度で急熱膨張を測定した値。

2-4 造型条件

造型は(株)大阪シェル工業所で垂直割トップブローの造型機を用いて実施した。造型機の外觀を、図1，2に示す。焼成条件は以下の項目、水準で行った。

変動条件

金型設定温度 200，250，300，340 の4水準とした。

焼成時間 55秒を標準とし，100秒でも調査した。

中空・中実
型締力

ただし、低温の 200℃ では 70 秒とした。

中実を標準とし、中空の影響を調査した。

型締めシリンダーへのエア圧は 0.6MPa を標準とし、1.0 MPa
でも行い金型の歪への影響を観た。

固定条件

ブロー圧 0.2 MPa

ブロー時間 2 秒

排気時間 4 秒



図 1 造型機外観 (1)



図 2 造型機外観 (2)

2-5 実験条件の組合わせ

2-3, 2-4 の変動条件を組み合わせ以下の表 2 に示す 10 の条件で実験を行った。

表 2 実験条件

条件 番号	RCS種				金型設定温度 (°C)	焼成時間 (秒)	中空・ 中実	型締力 MPa
	RCS記号	骨材種	樹脂量	樹脂種				
I	イ	フラタリー	1.70%	一般	200	70	中実	0.6
II	イ	フラタリー	1.70%	一般	250	55	中実	0.6
III	イ	フラタリー	1.70%	一般	300	55	中実	0.6
IV	イ	フラタリー	1.70%	一般	300	100	中実	0.6
V	イ	フラタリー	1.70%	一般	300	60	中空	0.6
VI	イ	フラタリー	1.70%	一般	340	55	中実	0.6
VII	イ	フラタリー	1.70%	一般	340	55	中実	1.0
VIII	ロ	フラタリー	2.50%	一般	340	55	中実	0.6
IX	ハ	フラタリー	1.65%	低膨張	340	55	中実	0.6
X	ニ	セラビーズ	1.65%	一般	340	55	中実	0.6

注) 実験条件 は、反転排砂により中空にしたがその反転までの時間はすべての部位が中空になる(重量で 60~70%になる)ように反転までの時間などを調整した。

2-6 測定

造型数 同一条件で 15 個造型した。

寸法 造型後室温まで冷却した後に、図 3 の A, B, C, D, E, F の寸法をノギスで測定した。

最小読み取り目盛り A, B, C, D 0.05mm
E, F 0.01mm

中子重量 最低目盛り 1g のデジタル台秤で測定した。

金型温度 金型温度調節用のセンサー部の温度を温度調節器の表示より読み取った。

図 4 に示す測温場所 ~ は表面温度計を用い各実験条件毎に 2~3 回測定した。

また、条件 の時にサーモビジョンを用い金型全体の温度分布を調べた。

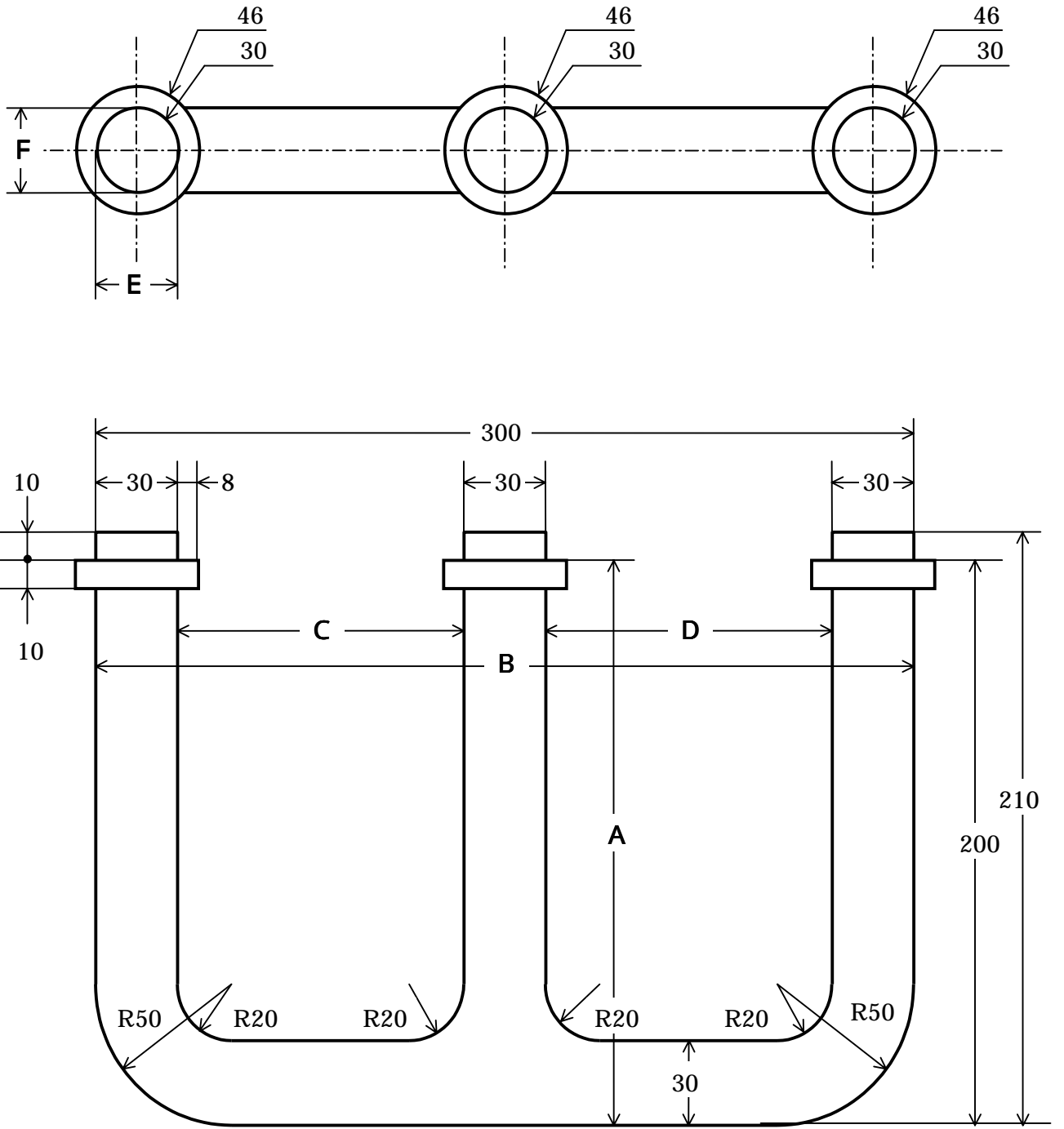


図3 テストピース形状図 (単位mm)



金型作製上の工夫

- 金型の全体サイズを成型機のサイズに合わせており、成型機の締め付け力が均一に加わるようになっている。もしキャビティの寸法にあわせて短い型にすると、締め付け力は金型下部に加わり型が歪む。
- エアー抜きのためにキャビティ部より 20mm ほどのところに掘り込みが入れてある。(固定型) さらにキャビティに囲まれる部分はエアー抜きの穴をあけ隣のキャビティにエアーが干渉しないようになっている。(図中楕円の部分)
- 巻末の図面にあるように金型背面は金型の厚みを約 20mm にしてあり均一に加熱されるようになっている。

図 4 造型金型写真

3. 実験結果

3-1 実験データのまとめ

各測定結果のデータシートを16～20ページの表5～表14に示す。

これらのデータの平均値をまとめたものを表3に示す。

表3 測定結果まとめ

条件 番号	金型温度(°C)				中子 重量 (g)	シェル寸法(mm)						加熱時の金型 寸法(mm)	
	セン サ-	場所 ①	場所 ②	場所 ③		A	B	C	D	E	F	A	B
	常温の金型寸法(mm)					200.75	299.90	105.30	105.20	30.00	29.95		
I	233	252	257	255	955	200.77	299.66	105.15	105.17	29.94	29.82	201.25	300.60
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.24%	-0.31%	-0.39%	-0.27%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.01%	-0.08%	-0.15%	-0.03%	-0.21%	-0.43%	100.25%	100.23%
II	264	290	304	295	956	200.87	299.79	105.14	105.15	30.01	30.01	201.40	301.00
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.26%	-0.40%	-0.50%	-0.39%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.06%	-0.04%	-0.15%	-0.04%	0.03%	0.19%	100.32%	100.37%
III	297	325	331	320	958	200.84	299.87	105.20	105.13	30.02	30.03	201.55	301.15
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.35%	-0.43%	-0.50%	-0.47%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.04%	-0.01%	-0.09%	-0.06%	0.07%	0.27%	100.40%	100.42%
IV	306	350	345	339	958	200.78	300.00	105.11	105.16	30.02	30.04	201.65	301.35
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.43%	-0.45%	-0.65%	-0.50%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.02%	0.03%	-0.18%	-0.04%	0.07%	0.30%	100.45%	100.48%
V	304	337	332	331	619	200.75	300.09	105.31	105.13	29.99	30.03		
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.45%	-0.42%	-0.45%	-0.53%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.00%	0.06%	0.01%	-0.06%	-0.02%	0.28%		
VI	340	374	377	375	955	200.79	300.16	105.26	105.22	30.01	30.08	201.90	301.75
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.55%	-0.53%	-0.63%	-0.57%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.02%	0.09%	-0.04%	0.02%	0.03%	0.43%	100.57%	100.62%
VII	344	394	392	376	952	200.87	300.09	105.21	105.27	29.99	30.07	201.90	301.80
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.51%	-0.57%	-0.69%	-0.53%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.06%	0.06%	-0.09%	0.07%	-0.04%	0.40%	100.57%	100.63%
VIII	341	377	375	370	954	200.81	299.91	105.00	105.03	29.99	30.04	201.85	301.75
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.52%	-0.61%	-0.86%	-0.74%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.03%	0.00%	-0.28%	-0.16%	-0.02%	0.30%	100.55%	100.62%
IX	341	383	382	372	955	200.83	299.95	105.12	105.09	29.99	30.04	201.85	301.75
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.50%	-0.60%	-0.75%	-0.68%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.04%	0.02%	-0.17%	-0.10%	-0.02%	0.31%	100.55%	100.62%
X	342	386	385	359	1040	201.40	301.02	105.52	105.52	30.11	30.06	201.85	301.80
	加熱金型に対する寸法変化率					-0.22%	-0.26%	-0.38%	-0.29%				
	常温金型に対する寸法変化率					0.32%	0.37%	0.21%	0.30%	0.37%	0.36%	100.55%	100.63%

注) C, D部の加熱金型に対する寸法変化率はA, B部の加熱時の寸法変化率より加熱時の寸法を算出し、これをもとに計算した。

図5にA部について常温の金型に対するシェル及び加熱金型の寸法変化率のグラフを示す。
 図6にA部について加熱金型に対するシェル（常温）の寸法変化率のグラフを示す。

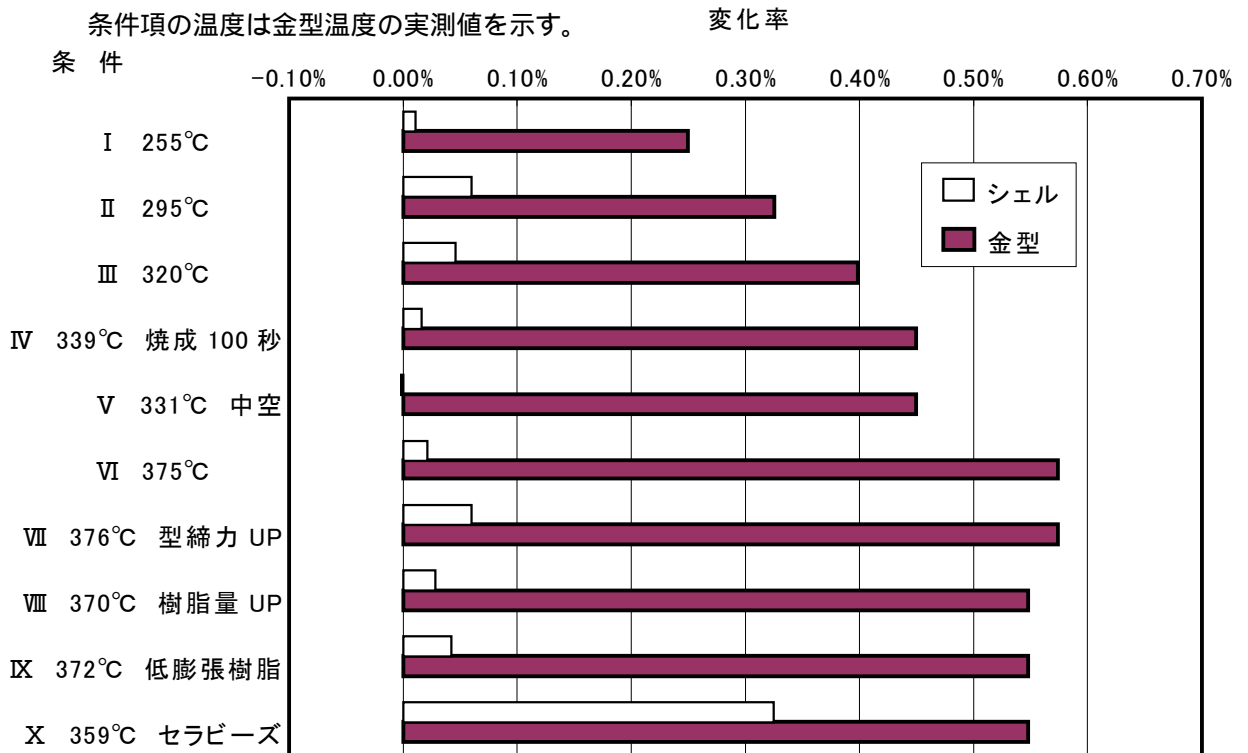


図5 常温の金型に対する寸法変化率（A部の寸法）

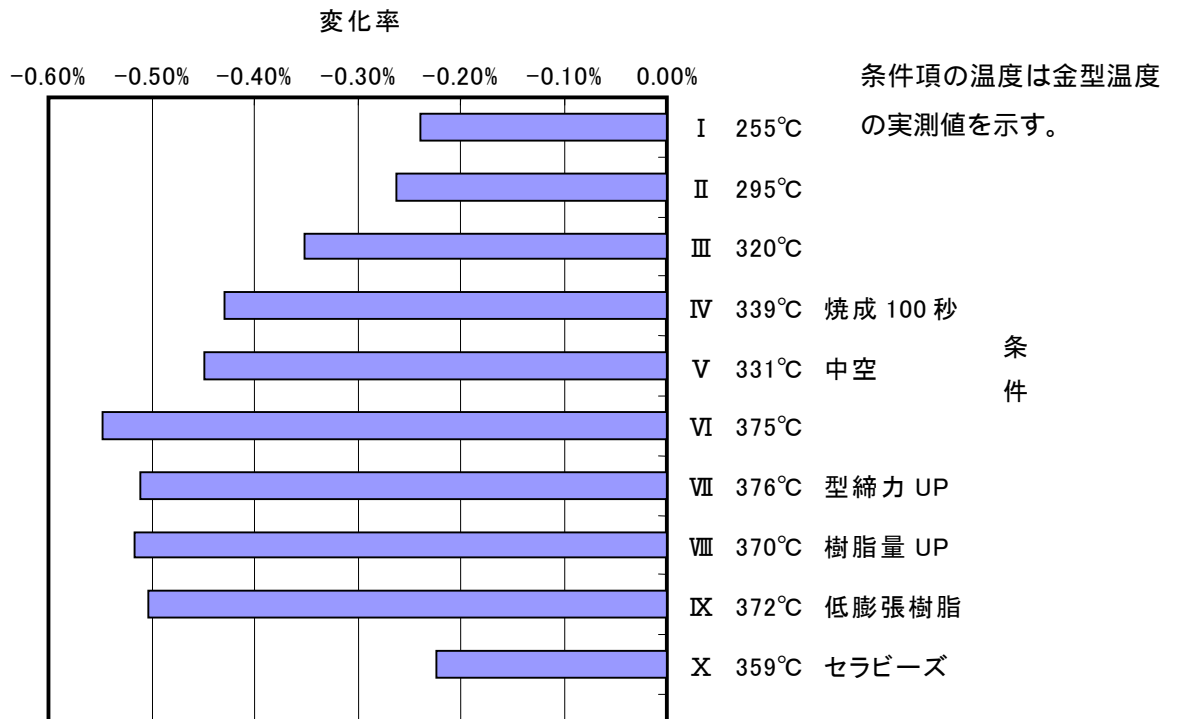


図6 加熱金型に対する常温のシェルの寸法変化率（A部の寸法）

図7にB, C, D, 部の加熱金型に対する常温シェル各条件下での寸法変化率を示す。

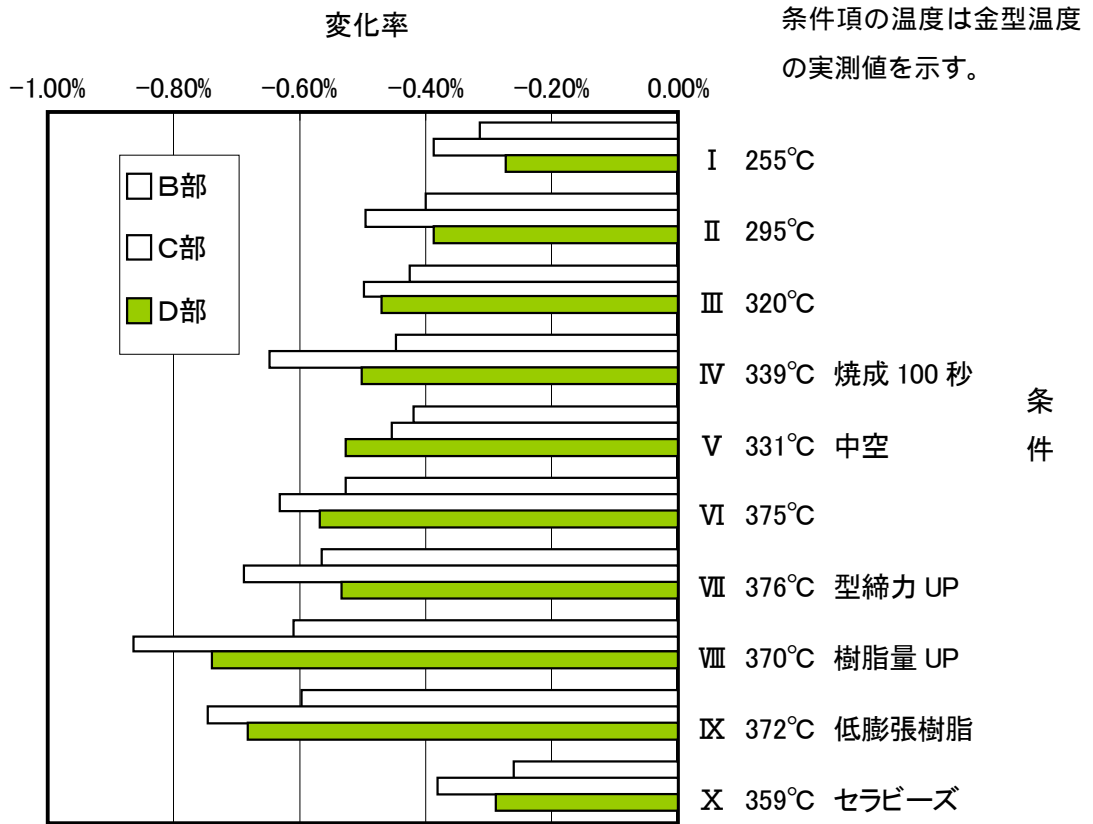


図7 加熱金型に対する常温シェルの寸法変化率 (B, C, D部の寸法)

常温の金型に対しての加熱した際の金型寸法変化率と温度の関係を図8に示す。また同時に鋳鉄の線膨張係数を元に算出した計算値も記載した。また、サーモビジョンを用いて金型温度の分布を調べた画像を図9に示す。

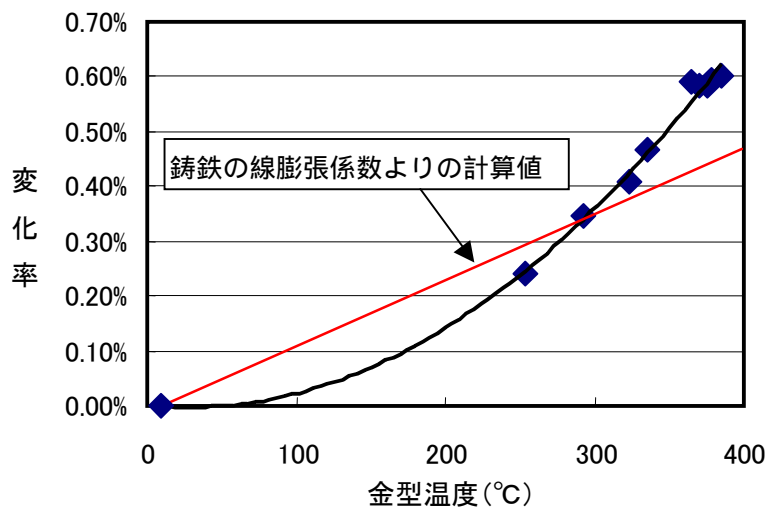


図8 金型温度と金型寸法変化率

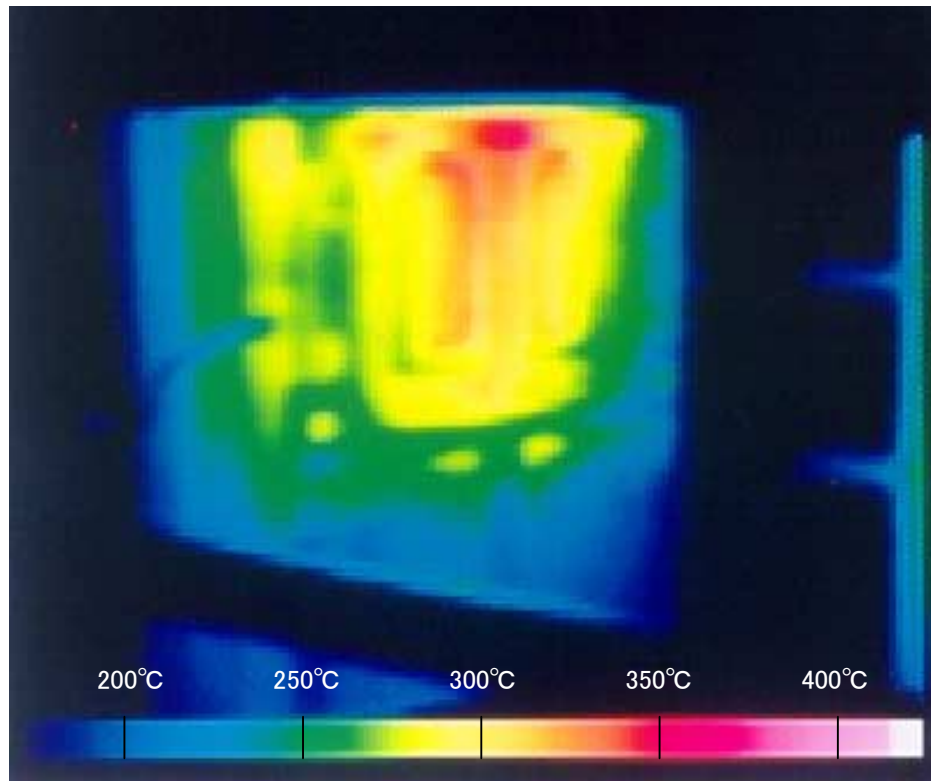


図9 サーモビジョンによる金型温度分布

本実験で作製したテストピースの金型温度の違いによる焼成状態（色）を示すため、図10にテストピース中央部の写真を示す。



図10 テストピースの色と金型温度（フラタリーRCS）

3-2 結果のまとめ

図5, 8より明らかなように金型は加熱により膨張しその膨張は温度に依存している。反面シェルはその金型に吹き込まれたRCSが、その金型寸法に合わせて充てん、加熱焼成されてシェルが成型された後、離型後の冷却により収縮する。図6, 7に示されるように加熱時の金型寸法を基準にすると造型冷却後のシェルの寸法変化率は、いずれもマイナス(収縮)の値を示した。しかしながら収縮の程度は下記のように条件により異なった。

焼成温度が低いほど収縮が少ない。(条件 , , の対比)(図11参照)

セラビーズを用いたRCSは収縮が少ない。(条件 , の対比)

焼成時間では焼成時間が短いほうが収縮は少ない。(条件 , の対比)

シェルの中空、中実では中実のほうが収縮は少ない。(条件 , の対比)

型締力のUP、樹脂量のUP、低膨張樹脂の使用はほとんど影響がなかった。

(条件 に対して , , の比較)

しかし、熱により金型が膨張し、シェルは冷却により収縮するため、常温の金型寸法を基準とした際の常温でのシェルの寸法は、図5の斜線の棒グラフ、また、次頁図12のように変化率は低くなり、セラビーズRCSを除き0.1%以下の寸法変化であった。

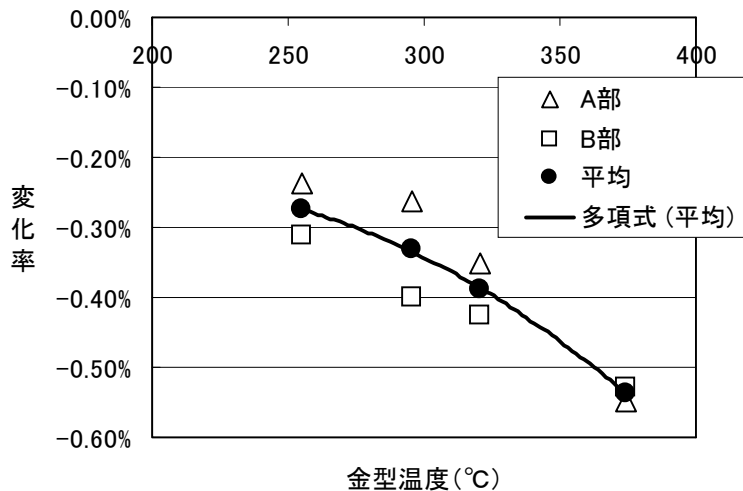


図11 加熱時の金型寸法を基準とした際の金型温度とシェルの寸法変化率

シェル重量については、中実のシェルの場合金型温度が高くなるに連れて充てん性が悪くなり重量が低下する傾向が一般に見受けられる。今回実験では、条件 ~ まではブロー口部分が未硬化であったため、自動取出しにより造型後ベルトコンベアーに落とした際、未硬化のRCSがブロー口よりこぼれ重量が少なくなった。硬化しこぼれのなくなった条件では(条件 ,)、温度の高いほうが重量は少なくなった。

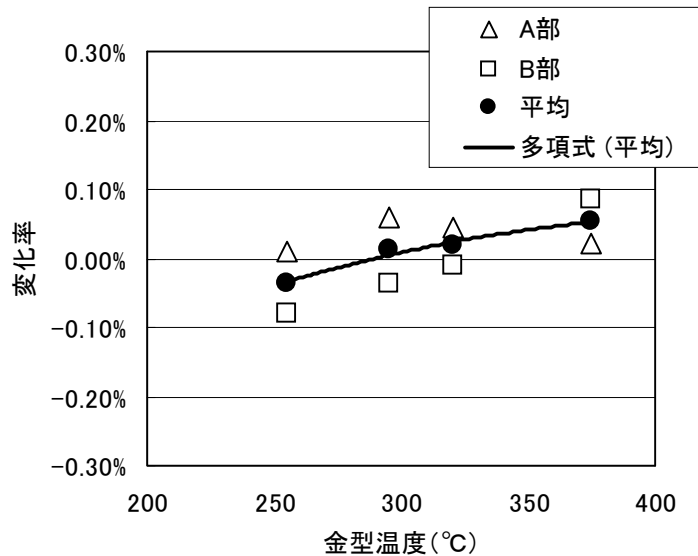


図 1.2 常温の金型寸法を基準とした際の金型温度とシェル寸法の変化率

バラツキ（標準偏差）について、表 4 に A 部，B 部，C 部，D 部の寸法の各条件における標準偏差率（標準偏差を測定値の平均値で割った比率）を示す。

表 4 各条件下でのシェル寸法の標準偏差率

条件 番号	実験条件							標準偏差率			
	RCS種			金型設 定温度	焼成 時間	中空・ 無空	型締 力	A	B	C	D
	骨材種	樹脂量	樹脂種	(°C)	(秒)		MPa				
I	フラタリー	1.70%	一般	200	70	中実	0.6	0.02%	0.05%	0.06%	0.10%
II	フラタリー	1.70%	一般	250	55	中実	0.6	0.03%	0.03%	0.09%	0.08%
III	フラタリー	1.70%	一般	300	55	中実	0.6	0.04%	0.03%	0.08%	0.08%
IV	フラタリー	1.70%	一般	300	100	中実	0.6	0.03%	0.01%	0.10%	0.08%
V	フラタリー	1.70%	一般	300	60	中空	0.6	0.04%	0.03%	0.06%	0.05%
VI	フラタリー	1.70%	一般	340	55	中実	0.6	0.03%	0.02%	0.06%	0.05%
VII	フラタリー	1.70%	一般	340	55	中実	1.0	0.04%	0.02%	0.08%	0.07%
VIII	フラタリー	2.50%	一般	340	55	中実	0.6	0.04%	0.02%	0.04%	0.05%
IX	フラタリー	1.65%	低膨張	340	55	中実	0.6	0.04%	0.03%	0.06%	0.07%
X	セラビーズ	1.65%	一般	340	55	中実	0.6	0.03%	0.02%	0.11%	0.07%
平均								0.03%	0.03%	0.07%	0.07%

表 4 に示すように、今回の実験において各条件においての寸法の標準偏差率は低く、A 部，B 部では平均で 0.03%、また、すべて 0.05% 以下となった。 $\pm 3\sigma = \pm 0.09\%$ であり、今回の実験においては、シェルの寸法において 1 / 1000 の精度は充分とれる事がわかった。なお、E 部、F 部の標準偏差率が比較的大きいのは測定部のサイズが小さい事、また E 部は金型の

横方向へのずれによるもの影響が出ていると思われる。

4. 考察

目的の項に述べたように、今回の実験でシェルモールド法が加熱硬化であることによる要因を中心に、主に以下の点を調査した。

- a. 中子の焼成時の膨張収縮による中子寸法の変化を定量的に測定する。
- b. 加熱など色々な条件による違いから生じる歪を測定する。
- c. 材料であるRCSの条件（骨材、樹脂）の違いによる影響を見る。
- d. 金型温度の違いによる充てん性への影響を見る。
- e. 成型機の型締力の影響を見る。

その中で、金型も含めたシェル中子の膨張収縮による寸法変化率については、金型温度と骨材種が大きな要因となっている事がわかった。金型の加熱による膨張に対してシェル中子の冷却による収縮があり、今回用いたRCSのうち骨材をフラタリーサンド（けい砂）にしたものは、加熱した金型に対する収縮は、金型温度が高いほど大きくなるという傾向にあったが、その分シェルの収縮も大きく、結果として常温の金型寸法にほぼ近い大きさ（0.1%以内）になる事が判った。これに対して骨材そのものの膨張がほとんどないセラピース（ムライト質の人工骨材）は、加熱金型に対する収縮は少なくなっており、その結果常温の金型寸法に対しては約0.3%大きくなる事が判った。この事は、シェル中子の成型用金型を設計するにあたり、使用する骨材の熱膨張率と金型材の熱膨張率を考慮すべき事を示している。また、一旦成型したテストピースでの300、400での熱膨張率（2ページ表1参照）に対比して収縮率は大きい結果となった。これは収縮の原因として骨材の熱膨張率だけでなく樹脂の硬化収縮、またRCS表面の樹脂層が融着する事により砂粒間が縮む事が影響していると思われる。

また、今回の実験で加熱や型締め力などによる歪、また中子の充てん性に対する影響を再現し調査しようとしたが、あまり大きな歪などの傾向は得られなかった。その理由としては以下の点が挙げられる。

テストに用いたテストピース形状が簡単なものであり、大きさもさほど大きいものではなかった事。

金型は新規に作製し、新しいものであったため、長期間の使用による型の歪、磨耗などの影響がなかった。

6頁に記載したように成型金型が充てんや歪に対して充分考慮されて作製されており、できた金型も精度の良いものであった。

成型機も新しいものであり、また締め付け力も充分にあった。

この証のひとつとして今回の成型テストにおいて、金型割面からのRCSの噴出しはもちろん、バリのあるテストピースはなかった。このことは、金型や成型機などが適切な状態であれば充分歪のないシェル中子が得られることを示している。

今回の実験で各条件下においてのバラツキは中子重量、寸法ともに非常に少なかった。前

述したように、テストピース形状が簡単な事、金型，造型機が良い事がその理由としてあげられるが、シェル中子の寸法は1 / 1000 の精度が充分狙えるものであり、かなり寸法精度が良いものといえる事がわかった。加熱造型を行わないコールドボックス法においても、溶剤揮発による寸法変化が見られることが判っている。この事よりシェルモールド法がコールドボックス法よりも大きく寸法精度が劣るとは言えないのではなかろうか。

今回の実験では、期間、費用の問題から、鑄造しその鑄造品での寸法のテストまで行う事ができなかった。したがって、あくまでシェル中子自体の寸法精度であり、鑄造時の熱による膨張や変形に与える影響は調査できなかった。また、他の中子プロセスであるコールドボックス法等で同様の実験は行なっていないので、プロセス間での比較ができなかった。よって、今後さらにプロセス間の対比や、鑄物の寸法精度などを調査して、より良い鑄物を作る事に役立てたい。

表5 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果													
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中実	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)			
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B	
1		イ	200	70	中実	0.6	217	240	237	243	952	200.75	299.65	105.25	105.25	30.01	29.72			
2		イ	200	70	中実	0.6	220				953	200.70	299.65	105.20	105.20	30.05	29.96			
3		イ	200	70	中実	0.6	223				953	200.80	299.75	105.20	105.30	29.88	29.75			
4		イ	200	70	中実	0.6	226				953	200.80	299.70	105.20	105.25	29.84	29.77			
5		イ	200	70	中実	0.6	227				954	200.70	299.65	105.20	105.15	29.88	29.75			
6		イ	200	70	中実	0.6	228	253	260	254	955	200.80	299.45	105.15	105.25	29.97	29.79			
7		イ	200	70	中実	0.6	230				955	200.70	299.45	105.10	105.20	30.03	29.80	201.25	300.60	
8	I	イ	200	70	中実	0.6	233				955	200.70	299.50	105.15	105.20	29.97	29.80			
9		イ	200	70	中実	0.6	235				955	200.80	299.80	105.05	105.20	29.88	29.80			
10		イ	200	70	中実	0.6	236				955	200.75	299.80	105.10	105.00	29.87	29.84			
11		イ	200	70	中実	0.6	238	262	274	268	956	200.80	299.60	105.05	105.20	29.91	29.81			
12		イ	200	70	中実	0.6	241				956	200.80	299.65	105.20	105.20	29.96	29.88			
13		イ	200	70	中実	0.6	242				956	200.80	299.65	105.05	105.00	29.97	29.84			
14		イ	200	70	中実	0.6	245				957	200.85	299.90	105.15	105.00	29.90	29.89			
15		イ	200	70	中実	0.6	247				957	200.80	299.70	105.15	105.10	29.95	29.91			
							平均値	233	252	257	255	955	200.77	299.66	105.15	105.17	29.94	29.82		
							最大値	247	262	274	268	957	200.85	299.90	105.25	105.30	30.05	29.96		
							最小値	217	240	237	243	952	200.70	299.45	105.05	105.00	29.84	29.72		
							標準偏差	7.8				1.3	0.049	0.141	0.062	0.101	0.060	0.060		
							標準偏差率	3.36%				0.13%	0.02%	0.05%	0.06%	0.10%	0.20%	0.20%		

表6 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果													
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中実	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)			
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B	
16		イ	250	55	中実	0.6	258	288	303	292	956	200.90	299.85	105.20	105.20	30.00	30.01	201.40	301.00	
17		イ	250	55	中実	0.6	260				956	200.90	299.90	105.20	105.20	30.00	29.98			
18		イ	250	55	中実	0.6	261				956	200.95	299.80	105.20	105.25	29.99	29.99			
19		イ	250	55	中実	0.6	263				956	200.90	299.80	105.00	105.15	29.99	29.99			
20		イ	250	55	中実	0.6	264				955	200.80	299.65	105.25	105.25	30.01	30.01			
21		イ	250	55	中実	0.6	264				956	200.85	299.80	105.10	105.15	30.01	29.98			
22		イ	250	55	中実	0.6	266				956	200.90	299.85	105.00	105.20	30.01	30.03			
23	II	イ	250	55	中実	0.6	266				956	200.90	299.85	105.20	105.20	30.03	30.01			
24		イ	250	55	中実	0.6	264	293	307	292	956	200.85	299.75	105.10	105.10	30.03	30.01			
25		イ	250	55	中実	0.6	266				957	200.90	299.65	105.20	105.00	30.02	30.02			
26		イ	250	55	中実	0.6	268				957	200.80	299.90	105.20	105.20	30.02	30.01			
27		イ	250	55	中実	0.6	268				956	200.85	299.70	105.20	105.10	29.98	30.02			
28		欠番																		
29		イ	250	55	中実	0.6	267	290	301	302	956	200.80	299.90	105.10	105.15	30.01	30.01			
30		イ	250	55	中実	0.6	267				956	200.90	299.70	105.00	105.00	30.02	30.04			
							平均値	264	290	304	295	956	200.87	299.79	105.14	105.15	30.01	30.01		
							最大値	268	293	307	302	957	200.95	299.90	105.25	105.25	30.03	30.04		
							最小値	258	288	301	292	955	200.80	299.65	105.00	105.00	29.98	29.98		
							標準偏差	2.1				0.5	0.050	0.088	0.090	0.082	0.016	0.018		
							標準偏差率	0.80%				0.06%	0.03%	0.03%	0.09%	0.08%	0.05%	0.06%		

表7 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中実	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)		
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B
31		イ	300	55	中実	0.6	298	324	326	323	958	200.90	299.90	105.20	105.15	30.03	30.02	201.55	301.15
32		イ	300	55	中実	0.6	298				957	200.80	299.90	105.25	105.10	30.03	30.00		
33		イ	300	55	中実	0.6	297				958	200.90	299.80	105.25	105.10	30.00	30.01		
34		イ	300	55	中実	0.6	297				958	200.85	299.95	105.20	105.30	30.05	30.04		
35		イ	300	55	中実	0.6	298				958	200.85	299.80	105.15	105.10	30.02	30.03		
36		イ	300	55	中実	0.6	296				957	200.85	299.90	105.20	105.10	30.05	30.03		
37	III	イ	300	55	中実	0.6	298				957	200.75	299.80	105.30	105.20	30.01	30.01		
38		イ	300	55	中実	0.6	297	325	333	314	958	200.95	299.95	105.30	105.20	30.04	30.05		
39		イ	300	55	中実	0.6	298				958	200.80	299.90	105.20	105.00	30.01	30.03		
40		イ	300	55	中実	0.6	298				958	200.90	299.90	105.25	105.10	30.02	30.05		
41		イ	300	55	中実	0.6	297				958	200.80	299.80	105.20	105.15	30.04	30.03		
42		イ	300	55	中実	0.6	296				958	200.75	299.95	105.10	105.05	30.02	30.05		
43		イ	300	55	中実	0.6	296				956	200.90	299.95	105.30	105.25	30.03	30.04		
44		イ	300	55	中実	0.6	295				957	200.70	299.90	105.10	105.10	30.04	30.04		
45		イ	300	55	中実	0.6	293	326	335	324	959	200.90	299.65	105.05	105.10	29.91	30.03		
平均値							297	325	331	320	958	200.84	299.87	105.20	105.13	30.02	30.03		
最大値							298	326	335	324	959	200.95	299.95	105.30	105.30	30.05	30.05		
最小値							293	324	326	314	956	200.70	299.65	105.05	105.00	29.91	30.00		
標準偏差							1.4				0.8	0.074	0.086	0.080	0.088	0.035	0.013		
標準偏差率							0.47%				0.08%	0.04%	0.03%	0.08%	0.08%	0.12%	0.04%		

表8 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中実	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)		
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B
46		イ	300	100	中実	0.6	295	342	341	336	960	200.80	299.90	105.05	105.10	30.02	30.05	201.65	301.35
47		イ	300	100	中実	0.6	299				958	200.75	299.95	105.30	105.25	30.04	30.05		
48		イ	300	100	中実	0.6	303				958	200.85	300.00	105.05	105.15	30.00	30.02		
49		イ	300	100	中実	0.6	303				958	200.85	299.95	105.10	105.10	30.01	30.04		
50		イ	300	100	中実	0.6	306				958	200.70	300.00	105.00	105.10	30.04	30.04		
51		イ	300	100	中実	0.6	306				958	200.75	300.00	105.00	105.20	30.04	30.04		
52	IV	イ	300	100	中実	0.6	304	353	348	336	958	200.75	300.00	105.15	105.25	30.04	30.06		
53		イ	300	100	中実	0.6	306				958	200.80	300.00	105.30	105.25	30.05	30.06		
54		イ	300	100	中実	0.6	307				958	200.90	300.00	105.00	105.15	30.03	30.01		
55		イ	300	100	中実	0.6	308				958	200.80	300.10	105.20	105.30	30.03	30.04		
56		イ	300	100	中実	0.6	308				958	200.70	300.00	105.10	105.00	29.94	30.03		
57		イ	300	100	中実	0.6	309				958	200.75	300.05	105.00	105.20	29.99	30.04		
58		イ	300	100	中実	0.6	310				958	200.75	300.05	105.10	105.05	30.03	30.04		
59		イ	300	100	中実	0.6	310				958	200.80	300.00	105.20	105.15	30.04	30.05		
60		イ	300	100	中実	0.6	310	355	347	346	957	200.80	300.00	105.05	105.15	30.03	30.05		
平均値							306	350	345	339	958	200.78	300.00	105.11	105.16	30.02	30.04		
最大値							310	355	348	346	960	200.90	300.10	105.30	105.30	30.05	30.06		
最小値							295	342	341	336	957	200.70	299.90	105.00	105.00	29.94	30.01		
標準偏差							2.5				0.6	0.062	0.041	0.102	0.086	0.029	0.014		
標準偏差率							0.82%				0.06%	0.03%	0.01%	0.10%	0.08%	0.10%	0.05%		

表9 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中空	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)		
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B
61	V	イ	300	60	中空	0.6	307	342	333	343	638	200.80	300.05	105.30	105.15	30.02	30.05		
62		イ	300	60	中空	0.6	306				632	200.85	300.05	105.35	105.25	30.07	30.07		
63		イ	300	60	中空	0.6	305				625	200.75	300.25	105.25	105.15	29.97	30.03		
64		イ	300	60	中空	0.6	304				625	200.85	300.15	105.35	105.10	30.00	30.03		
65		イ	300	60	中空	0.6	303				629	200.65	300.15	105.35	105.20	29.99	30.02		
66		イ	300	60	中空	0.6	304				630	200.75	300.10	105.40	105.10	30.01	29.99		
67		イ	300	60	中空	0.6	304				628	200.85	300.00	105.20	105.05	30.03	30.02		
68		イ	300	60	中空	0.6	304				629	200.80	300.00	105.35	105.15	29.95	30.00		
69		イ	300	60	中空	0.6	304				618	200.65	300.10	105.30	105.10	29.97	30.06		
70		イ	300	60	中空	0.6	304				622	200.75	300.00	105.25	105.20	29.99	30.06		
71		イ	300	60	中空	0.6	304				609	200.75	300.10	105.35	105.10	29.99	30.05		
72		イ	300	60	中空	0.6	304				608	200.75	300.05	105.30	105.10	29.96	30.04		
73		イ	300	60	中空	0.6	304				602	200.65	300.15	105.30	105.15	29.99	30.03		
74		イ	300	60	中空	0.6	303				594	200.75	300.15	105.40	105.05	29.98	30.03		
75		イ	300	60	中空	0.6	303	332	330	319	592	200.60	300.00	105.20	105.15	29.98	30.04		
平均値							304	337	332	331	619	200.75	300.09	105.31	105.13	29.99	30.03		
最大値							307	342	333	343	638	200.85	300.25	105.40	105.25	30.07	30.07		
最小値							303	332	330	319	592	200.60	300.00	105.20	105.05	29.95	29.99		
標準偏差							1.0				13.9	0.078	0.083	0.067	0.055	0.029	0.022		
標準偏差率							0.32%				2.24%	0.04%	0.03%	0.06%	0.05%	0.10%	0.07%		

表10 データシート(条件)

実験 No.	実験条件(変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度(°C)	焼成時間(秒)	中空・中空	型締力MPa	実測金型温度(°C)			中子重量(g)	シェル寸法(mm)						金型寸法(mm)		
							センサー	場所①	場所②		場所③	A	B	C	D	E	F	A	B
76	VI	イ	340	55	中実	0.6	338	376	377	379	956	200.80	300.10	105.10	105.15	30.03	30.09		
77		イ	340	55	中実	0.6	343				956	200.75	300.25	105.20	105.15	30.05	30.06	201.9	301.75
78		イ	340	55	中実	0.6	343				955	200.85	300.20	105.40	105.15	30.00	30.11		
79		イ	340	55	中実	0.6	342				956	200.70	300.10	105.25	105.25	30.03	30.06		
80		イ	340	55	中実	0.6	341				956	200.80	300.15	105.25	105.20	30.02	30.10		
81		イ	340	55	中実	0.6	341				956	200.70	300.20	105.30	105.20	30.04	30.11		
82		イ	340	55	中実	0.6	340				955	200.90	300.15	105.20	105.15	29.99	30.07		
83		イ	340	55	中実	0.6	339				955	200.75	300.25	105.25	105.20	30.00	30.06		
84		イ	340	55	中実	0.6	339				955	200.85	300.15	105.25	105.20	29.97	30.04		
85		イ	340	55	中実	0.6	339	372	377	370	955	200.75	300.05	105.30	105.30	29.98	30.13		
86		イ	340	55	中実	0.6	339				955	200.85	300.10	105.25	105.25	30.00	30.05		
87		イ	340	55	中実	0.6	340				955	200.80	300.10	105.25	105.30	30.00	30.05		
88		イ	340	55	中実	0.6	340				955	200.75	300.10	105.20	105.30	30.00	30.06		
89		イ	340	55	中実	0.6	341				955	200.85	300.30	105.30	105.25	30.03	30.12		
90		イ	340	55	中実	0.6	341				955	200.80	300.15	105.35	105.30	29.98	30.09		
平均値							340	374	377	375	955	200.79	300.16	105.26	105.22	30.01	30.08		
最大値							343	376	377	379	956	200.90	300.30	105.40	105.30	30.05	30.13		
最小値							338	372	377	370	955	200.70	300.05	105.10	105.15	29.97	30.04		
標準偏差							1.3				0.5	0.064	0.074	0.062	0.054	0.023	0.031		
標準偏差率							0.40%				0.05%	0.03%	0.02%	0.06%	0.05%	0.08%	0.10%		

表 1 1 データシート (条件)

実験 No.	実験条件 (変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度 (°C)	焼成時間 (秒)	中空・中実	型締力 MPa	実測金型温度 (°C)				中子重量 (g)	シェル寸法 (mm)						金型寸法 (mm)	
							センサー	場所 ①	場所 ②	場所 ③		A	B	C	D	E	F	A	B
91	VII	イ	340	55	中実	1.0	338	407	406	385	953	200.80	300.20	105.10	105.15	30.02	30.07	201.9	301.8
92		イ	340	55	中実	1.0	343				952	200.90	300.10	105.10	105.35	29.98	30.04		
93		イ	340	55	中実	1.0	342				952	200.90	300.15	105.15	105.30	30.10	30.11		
94		イ	340	55	中実	1.0	342				952	200.90	300.10	105.20	105.35	29.98	30.04		
95		イ	340	55	中実	1.0	341				953	200.80	300.15	105.10	105.25	29.97	30.06		
96		イ	340	55	中実	1.0	342				953	200.90	300.10	105.15	105.30	30.00	30.05		
97		イ	340	55	中実	1.0	342				952	200.75	300.00	105.30	105.40	29.97	30.10		
98		イ	340	55	中実	1.0	342				953	200.90	300.00	105.20	105.25	29.96	30.08		
99		イ	340	55	中実	1.0	341				953	200.80	300.00	105.25	105.35	29.97	30.10		
100		イ	340	55	中実	1.0	340	388	385	370	952	201.00	300.10	105.30	105.25	29.98	30.08		
101		イ	340	55	中実	1.0	388				952	200.90	300.10	105.10	105.15	29.97	30.08		
102		イ	340	55	中実	1.0	341				953	200.85	300.10	105.35	105.25	29.96	30.04		
103		イ	340	55	中実	1.0	339				953	200.80	300.10	105.30	105.20	29.99	30.04		
104		イ	340	55	中実	1.0	339				952	200.90	300.20	105.25	105.30	29.99	30.08		
105		イ	340	55	中実	1.0	340	386	384	374	952	200.95	300.00	105.25	105.20	29.97	30.06		
平均値							344	394	392	376	952	200.87	300.09	105.21	105.27	29.99	30.07		
最大値							388	407	406	385	953	201.00	300.20	105.35	105.40	30.10	30.11		
最小値							338	386	384	370	952	200.75	300.00	105.10	105.15	29.96	30.04		
標準偏差							16.5				0.5	0.072	0.068	0.082	0.072	0.045	0.025		
標準偏差率							4.81%				0.05%	0.04%	0.02%	0.08%	0.07%	0.15%	0.08%		

表 1 2 データシート (条件)

実験 No.	実験条件 (変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度 (°C)	焼成時間 (秒)	中空・中実	型締力 MPa	実測金型温度 (°C)				中子重量 (g)	シェル寸法 (mm)						金型寸法 (mm)	
							センサー	場所 ①	場所 ②	場所 ③		A	B	C	D	E	F	A	B
106	VIII	□	340	55	中実	0.6	338	376	378	371	953	200.90	299.95	105.00	105.00	29.96	30.05	201.85	301.75
107		□	340	55	中実	0.6	342				953	200.90	299.90	104.95	105.05	30.00	30.08		
108		□	340	55	中実	0.6	343				953	200.80	299.85	105.00	105.10	29.98	30.06		
109		□	340	55	中実	0.6	342				954	200.75	299.90	105.00	105.00	29.98	30.05		
110		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.80	299.90	105.00	105.00	30.01	30.06		
111		□	340	55	中実	0.6	342				954	200.70	300.00	105.00	105.05	30.02	30.04		
112		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.75	299.90	105.05	104.95	30.00	30.06		
113		□	340	55	中実	0.6	340	377	370	366	953	200.80	299.90	104.90	105.00	30.00	30.04		
114		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.70	299.95	105.00	105.00	30.00	30.02		
115		□	340	55	中実	0.6	340				954	200.95	299.90	105.00	105.10	29.99	30.02		
116		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.90	299.85	105.00	105.10	29.98	30.02		
117		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.80	299.90	105.00	105.05	29.99	30.05		
118		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.80	299.85	105.05	105.00	30.00	30.02		
119		□	340	55	中実	0.6	341				954	200.75	299.95	105.00	105.05	30.00	30.02		
120		□	340	55	中実	0.6	341	377	377	373	954	200.80	300.00	105.05	105.00	29.98	30.02		
平均値							341	377	375	370	954	200.81	299.91	105.00	105.03	29.99	30.04		
最大値							343	377	378	373	954	200.95	300.00	105.05	105.10	30.02	30.08		
最小値							338	376	370	366	953	200.70	299.85	104.90	104.95	29.96	30.02		
標準偏差							0.9				0.4	0.077	0.052	0.037	0.048	0.013	0.020		
標準偏差率							0.26%				0.04%	0.04%	0.02%	0.04%	0.05%	0.04%	0.07%		

表 1 3 データシート (条件)

実験 No.	実験条件 (変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度 (°C)	焼成時間 (秒)	中空・中実	型締力 MPa	実測金型温度 (°C)				中子重量 (g)	シェル寸法 (mm)						金型寸法 (mm)	
							センサー	場所 ①	場所 ②	場所 ③		A	B	C	D	E	F	A	B
121	ハ	340	55	中実	0.6	341	384	383	376	955	200.85	299.70	104.95	105.10	30.01	30.06	201.85	301.75	
122	ハ	340	55	中実	0.6	341				955	201.00	299.90	105.05	105.00	29.91	30.06			
123	ハ	340	55	中実	0.6	341				954	200.80	299.75	105.20	105.00	29.99	30.02			
124	ハ	340	55	中実	0.6	341				955	200.80	299.90	105.15	104.95	30.01	30.05			
125	ハ	340	55	中実	0.6	341				955	200.80	299.90	105.10	105.10	30.00	30.05			
126	ハ	340	55	中実	0.6	341				955	200.80	299.95	105.10	105.10	29.98	30.02			
127	ハ	340	55	中実	0.6	341				955	200.80	300.00	105.20	105.05	30.02	30.06			
128	ハ	340	55	中実	0.6	340	382	380	368	954	200.95	300.00	105.10	105.10	29.99	30.04			
129	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.80	300.00	105.25	105.10	29.98	30.04			
130	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.90	300.10	105.20	105.20	30.00	30.05			
131	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.80	300.00	105.10	105.10	30.01	30.00			
132	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.75	299.90	105.10	105.15	30.01	30.04			
133	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.80	300.00	105.10	105.10	30.02	30.04			
134	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.90	300.00	105.05	105.10	29.98	30.04			
135	ハ	340	55	中実	0.6	341				956	200.75	300.10	105.20	105.20	30.00	30.07			
平均値						341	383	382	372	955	200.83	299.95	105.12	105.09	29.99	30.04			
最大値						341	384	383	376	956	201.00	300.10	105.25	105.20	30.02	30.07			
最小値						340	382	380	368	954	200.75	299.70	104.95	104.95	29.91	30.00			
標準偏差						0.3				0.7	0.072	0.092	0.063	0.069	0.014	0.019			
標準偏差率						0.08%				0.08%	0.04%	0.03%	0.06%	0.07%	0.05%	0.06%			

表 1 4 データシート (条件 X)

実験 No.	実験条件 (変動因子)						測定結果												
	条件番号	RCS種	金型設定温度 (°C)	焼成時間 (秒)	中空・中実	型締力 MPa	実測金型温度 (°C)				中子重量 (g)	シェル寸法 (mm)						金型寸法 (mm)	
							センサー	場所 ①	場所 ②	場所 ③		A	B	C	D	E	F	A	B
136	ニ	340	55	中実	0.6	341				1040	201.40	300.90	105.50	105.50	30.08	30.16	201.85	301.8	
137	ニ	340	55	中実	0.6	341				1041	201.35	301.05	105.45	105.30	30.16	30.15			
138	ニ	340	55	中実	0.6	342	391	391	365	1042	201.40	301.00	105.50	105.40	30.14	30.01			
139	ニ	340	55	中実	0.6	343				1041	201.40	300.90	105.50	105.50	30.17	30.04			
140	ニ	340	55	中実	0.6	343				1040	201.35	301.00	105.45	105.40	30.14	30.05			
141	ニ	340	55	中実	0.6	342				1041	201.35	301.10	105.60	105.55	30.12	30.08			
142	ニ	340	55	中実	0.6	342				1040	201.45	301.10	105.45	105.55	30.10	30.07			
143	ニ	340	55	中実	0.6	342	383	380	362	1039	201.35	301.00	105.50	105.65	30.15	30.07			
144	ニ	340	55	中実	0.6	342				1040	201.35	301.00	105.45	105.60	30.10	30.04			
145	ニ	340	55	中実	0.6	342				1040	201.40	301.15	105.35	105.60	30.09	30.04			
146	ニ	340	55	中実	0.6	341				1039	201.40	301.00	105.60	105.50	30.12	30.04			
147	ニ	340	55	中実	0.6	341				1040	201.40	301.00	105.75	105.50	30.09	30.05			
148	ニ	340	55	中実	0.6	341				1040	201.55	301.10	105.65	105.50	30.09	30.02			
149	ニ	340	55	中実	0.6	341				1040	201.45	301.00	105.45	105.60	30.05	30.03			
150	ニ	340	55	中実	0.6	341	383	383	351	1039	201.40	300.95	105.60	105.60	30.06	30.03			
平均値						342	386	385	359	1040	201.40	301.02	105.52	105.52	30.11	30.06			
最大値						343	391	391	365	1042	201.55	301.15	105.75	105.65	30.17	30.16			
最小値						341	383	380	351	1039	201.35	300.90	105.35	105.30	30.05	30.01			
標準偏差						0.7				0.9	0.064	0.072	0.115	0.078	0.036	0.035			
標準偏差率						0.22%				0.09%	0.03%	0.02%	0.11%	0.07%	0.12%	0.12%			

第3部 関係文献及び資料

1 . J A C T 発行シェルモールド法関係図書及び資料一覧表

1-1 (社)日本シェルモールド協会 1966(S41)年 10月 11日発行

[(社)日本シェルモールド協会創立 10周年記念出版]

シェルモールド法 10年史

[内容]

第5章	シェルモールド造型法	p.205
5.3	ブロー方式造型作業	p.214
5.4	充填、鑄込み作業	p.216
第6章	シェル鑄型の性質	p.221
6.1	シェル鑄型の常温性質	p.221
6.2	シェル鑄型の高温性質	p.227
6.2.2	熱膨張試験	p.233

1-2 (社)鑄造技術普及協会 1972(S47)年 9月 1日発行

[(社)鑄造技術普及協会設立記念出版]

新鑄造技術解説書

[内容]

第編 技術篇

1 . 総論	p.15
A . シェルモールド技術	p.15
B . 公害問題	p.20
C . 作業基準・試験法その他	p.22
2 . 砂	p.26
1 . シェルモールド用砂の開発	p.26
2 . 生産の実情	p.28
3 . シェルモールド用砂の将来	p.29
3 . レジン	p.31
2 . シェルモールド用結合剤の歩み	p.31
3 . シェルモールド用レジンの現状	p.35
4 . 機械	p.38
シェル鑄型造型機	p.38
1 . シェル鑄型造型機の変遷の概要	p.38
2 . シェル鑄型造型機の概要	p.45
3 . シェル鑄型造型機の将来	p.45
コーテッドサンド用混練機	p.46

5 . 鑄鉄	p.47
A . 普通鑄鉄	p.47
3 . シェルモールド法と寸法精度	p.48
4 . シェルモールド法による鑄物の軽量化	p.52
5 . 自動車部品のシェル鑄物化の現状	p.54
B . ダクタイル鑄鉄	p.60
6 . 可鍛鑄鉄	p.69
7 . 鑄鋼	p.74
8 . 軽合金鑄物	p.80
9 . 銅合金鑄物	p.85

1-3 (社)鑄造技術普及協会 1977(S52)年 10月 31日発行

鑄 型 造 型 法

[内容]

第 編 熱硬化性鑄型

(1) シェルモールド法	- 5
4 . 設備	- 7
4-1 造型機.....	- 9
5 . 基本操作	
5-1 材料基準	-14
5-2 配合基準	-18
5-3 造型	-23

1-4 (社)鑄造技術普及協会 1981(S56)年 11月 25日発行

[協会創立 25周年記念出版]

鑄 型 造 型 法 概 説

[内容]

2 . 熱硬化性鑄型

2.1 シェルモールド法	p.44
2.1.1 レジン、レジンコーテッドサンド	
1. 最近 5 ヲ年間における進歩の経過	p.45
2. シェルモールドの現状	p.47
2-4 低膨張レジン	p.48
2.1.2 造型機	
1. シェルモールド造型機の進歩	p.49

1-5	(社) 鑄造技術普及協会	1988(S63)年 3月 31日発行	
	新版 鑄型造型法		
	[内容]		
	2.1 シェルモールド法		p.76
	4. 設備		
	4.1 造型機の進歩		p.78
	5. 造型材料		p.83
	6. 基本操作		p.89
1-6	(社) 日本鑄造技術協会	1996(H8)年 11月 18日発行	
	[協会創立40周年記念出版]		
	第4版 鑄型造型法		
	[内容]		
	2.1 シェルモールド法		p.68
	4. 造型設備		p.70
	5. 造型材料		
	5.1 材料基準		p.78
	6. 基本操作		
	6.1 造型		p.83
1-7	(社) 鑄造技術普及協会	1986(S61)年 3月 30日発行	
	昭和60年度補助事業研究報告書		
	シェルモールド法の改善に関する開発研究		
	[内容]		
	全自動高性能中子造型機開発のための基礎実験		p. 1
	管理設備仕様決定のための基礎研究		p.13
1-8	(社) 鑄造技術普及協会		
	(財) 素形材センター	1995(H7)年 2月 28日発行	
	素形材センター 研究調査報告 469 (平成6年度)		
	ブロー圧制御による中子造型法の開発研究		
	[内容]		
	シェル中子造型機の概要		p. 1
	基礎テストの結果		p.16
	実機による負荷実験の結果		p.47

2. JACT News シェルモールド法関係技術論文一覧表

号	発行年	頁	著者名	論文名
18	1959	6	江刺 清夫	シェルモールド鑄造品の欠陥とその対策
20	1959	4	三島 徳七	精密鑄造界の動き
23	1959	4	岡田 清	鑄造用金型の設計および製作
40	1960	14	B P レポート	シェル鑄型についてアレコレ(1)
41	1960	16	B P レポート	シェル鑄型についてアレコレ(2)
42	1960	16	B P レポート	シェル鑄型についてアレコレ(3)
43	1960	11	鹿取 一男	中小鑄物工場の進歩 - シェルモールド法から見た場合 -
47	1960	13	小林 一典	シェル鑄型と強度の関係
49	1961	6	鹿島 次郎	シェル型用のコールドコート砂
54	1961	11	鈴木 和郎 他	鋼鑄物におけるシェルモールドの背圧
66	1962	8	熊野 章一	シェルモールドの熱間諸性質について
67	1962	10	津田 昌利 他	シェル型鑄物砂の再生 - 廃砂に介在する熱分解レジンの除去 -
69	1962	12	松藤 元 他	シェルモールドの衛生学的研究 第一報 - シェルモールド作業者の血液所見と尿所見 -
72	1963	16	千々岩健児	加圧シェル造型機の研究(前)
73	1963	16	千々岩健児	加圧シェル造型機の研究(後)
74	1963	16	志村 洋	シェルモールド工場のレイアウト
76	1963	14	高野 安蔵	シェルモールド用珪砂の研究 - 不純物の影響 -
78	1963	18	小森孝次郎	シェルモールド法の欠陥と対策
80	1963	12	松井 清	シェル法による空冷シリンダの製造
84	1964	18	富田 昌治	シェルモールド法の現場的な二三の問題について(前編)
85	1964	11	富田 昌治	シェルモールド法の現場的な二三の問題について(後編)
96	1964	13	牧口 利貞	雰囲気条件が鑄型の熱間性状に及ぼす影響
98	1965	14	鹿島 次郎	シェルモールド用リグニン樹脂について
102	1965	14	中川 悌次	鑄型鑄造のシェル中子使用について
104	1965	15	奈良 秀夫 他	シェルモールドによるチル・カムシャフト製造時のドロスの挙動について
106	1965	14	高橋寅之助	鑄鋼品へのシェルモールドの利用について
108	1965	16	村田 孝雄 他	シェルモールド用フェノール樹脂 - 現状と今後の新しい樹脂について -
115	1966	13	森永 卓一	シェル型鑄造法と新しいAl合金鑄物製造作業標準との関係
116	1966	19	山岡 弘之	スタックモールドについて
116	1966	21	掛 昭次	金型研磨材について
118	1966	16	鹿取 一男 他	シェルモールド10年の歩み(前編)
118	1966	25	鈴木 松夫	可鍛鑄鉄へのシェル鑄型の利用
118	1966	28	本河 達男 他	アルニコ系磁石合金の鑄造法
119	1966	14	鹿取 一男 他	シェルモールド10年の歩み(後編)

号	発行年	頁	著者名	論文名
119	1966	24	E.K.オアーマン	西欧におけるシェルモールド鑄造法(創立10周年特別講演)
122	1967	18	津田 昌利 他	シェル砂中の介在物、特に貝殻粉が鑄鉄鑄物の鑄肌に及ぼす影響
123	1967	18	山本 岩男 他	自動車部品のシェル化の現状
138	1968	22	本河 達男 他	アルニコ系磁石合金の鑄造法
141	1968	19	山口 国男	鑄鋼のシェルモールド法 - 主として欠陥例とその対策について -
141	1968	24	本間 敏夫 他	鑄鋼のシェルモールド法 - 主として実施例と欠陥対策について -
141	1968	28	白村 浩邦	鑄鋼のシェルモールド法 - 主として利用状況について -
142	1968	19	吉原 正 他	鑄鉄のシェルモールド法 - 自動車部品の生産実例について -
142	1968	24	川村 樹夫	鑄鉄のシェルモールド法 - 空冷シリンダーの鑄造について -
146	1969	32	高野 安蔵	シェルモールド用レジンサンド - その2~3の問題点
147	1969	25	松田 有弘 他	ノーヘキサレジンと鑄鋼鑄物の欠陥
147	1969	28	松本 隆敬 他	シェルモールドレジンの発生ガスについて
149	1969	22	上田 博 他	銅合金鑄物のシェル化 - その問題点の解明 -
149	1969	29	外山 隆	オリピンサンドを用いたシェルモールド鑄鉄鑄物の製造
149	1969	39	岡野 陽三	塗型材による焼着防止について
158	1970	30	南 嘉一	鑄鋼のシェルモールド法
160	1970	32	角田 一男 他	シェル型を併用した小物鑄鉄の金型鑄造
162	1970	21	田中 利明	ダイス付シェルモールド法 - 球状黒鉛鑄物への応用 -
166	1970	30	山本 岩男	シリンダーブロックの生産実例 - 自動車鑄物・特集2 -
166	1970	40	岡田 道明 他	中空クランク室中子の注湯時の変形 - 自動車鑄物・特集4 -
167	1970	38	阪本実比古 他	ダブルコート法の実用化 - 自動車鑄物・特集7
168	1970	23	大橋 貞文 他	鑄鋼のシェルモールド法 - 製造方式に関する実例 -
168	1970	28	久保田博己 他	鑄鋼のシェルモールド法 - 実施例と欠陥対策 -
168	1970	32	山下 英治	鑄鋼のシェルモールド法 - 実施例と欠陥対策 -
168	1970	38	本間 敏夫	鑄鋼のシェルモールド法 - ノーヘキサレジン、方案改善、溶湯管理 -
170	1971	23	松下 亨 他	シェル中子 シェル中子に起因する可鍛鑄鉄製管継手の欠陥と対策
170	1971	30	大田 英明	シェル中子 ベーニング発生状況とその防止対策
170	1971	36	青山 博士	シェル中子 油圧機器鑄物における技術的問題
170	1971	40	伊藤 徳治 他	シェル中子 ピンホール欠陥について
171	1971	26	堤 三郎 他	シェルモールド法による鑄鋼鑄物の量産について - 実施例と技術課題 -
191	1972	30	小林 一典	シェルモールド鑄造工場からの排ガスについて
196	1973	28	舛村 善尚	精密シェル鑄型について
196	1973	21	松下 亨	薄肉量産用可鍛鑄鉄鑄物に関するシェル法の現状と将来
196	1973	32	蔵本 昌光 他	シェルモールド法の現状と将来

号	発行年	頁	著者名	論文名
198	1973	30	吉原 正	シェルモールド法の発展過程と今後の問題点
200	1973	26	高橋 良治 他	可鍛鋳鉄鑄物へのシェルモールド法の応用
202	1973	34	西山 圭三	シェル中子の鑄込み開放試験について現場での簡単な試験
205	1974	22	西山 圭三 他	シェルモールド用低窒素速硬性新レジン
209	1974	28	天野壮一郎	シェルモールド法による耐熱合金鋼鑄鋼品の製造
210	1974	34	小汀 正一	シェル鑄型に発生する二重層について
211	1974	30	蔵本 昌光 他	背面金型シェルモールド法
217	1975	25	大橋 貞文 他	小松K Y法の適用例
218	1975	21	宮崎 富夫	シェルモールド法による大型鑄鋼品の製造
228	1975	22	井伊 未満 他	大型シェル鑄鋼品の製造例
228	1975	32	足立 宣夫 他	鑄造工場における対策(対策実施例と今後の課題)
231	1976	29	青野 順三 他	シェル鑄造ラインの実施例
233	1976	34	近藤 文夫 他	シェルモールド注湯・冷却ラインの脱臭
236	1976	32	小林 正利 他	シェル鑄物工場の脱臭対策
237	1976	17	高橋 利雄	純銅シェル鑄物について
238	1976	17	南 嘉一 他	鑄物砂の再生と中子砂への適用
265	1979	20	堂領 愛二 他	スーパーFプロセスの適用例
270	1980	29	小椋 宏典 他	シェルモールド法におけるねずみ鋳鉄鑄物の性質
288	1980	21	藤井 新	軽合金鑄物用崩壊性改良樹脂 - UPプロセスの基礎的性質とその実用効果 -
302	1982	29	松島 紀照	シェルモールド法フェノール樹脂の進歩と課題
312	1982	33	青木 正	焼成による鑄物砂の再生処理 - クリーニングおよび分級設備について -
317	1983	33	真殿 統	アルミ鑄物シェル中子の完全崩壊剤(E Sパウダー)
384	1984	19	船引 恭平 他	最近のシェルモールド法用フェノール樹脂の課題
357	1986	33	木村 徹	Hプロセスの特徴と実際 - 主としてシェルモールドによるダクタイル鑄造品の鑄造について - ダクタイル鑄造品 ダクタイル鑄鉄品
364	1987	23	岩崎 利達 他	エンジン鑄物用レジン・コーテッドサンドの原砂、樹脂、混練条件の選定について
389	1989	26	小林 一典 他	シェル鑄型造型機とレジンの進歩
424	1992	21	後藤 哲郎	易崩壊性シェル鑄型の現状と課題
424	1992	27	甲斐 勲 他	アルミ鑄物用易崩壊性鑄型(A Dシェルモールド法)
425	1992	21	西村 敏秋 他	アルミ鑄物用易崩壊性フェノール樹脂
443	1993	21	市村 元	吸気マニホールドをめぐる材料、工法競合の現状
450	1994	23	園山 真治	わが社の中子造型機の現状と動向

号	発行年	頁	著者名	論文名
451	1994	21	佐藤 好男	中子造型機について
451	1994	33	中村 信弘	今後のシェルマシンの展開
452	1994	23	南 猛	わが社の中子造型機の現状と動向
475	1996	27	P.R.Carey 他	鋳物砂粘結法第6回 - シェル法 -
485	1997	19	易 宏治 他	シェル鋳型の無塗型化について
488	1997	35	関 徹 他	ノボラック型フェノール樹脂の分子量とレジンコーテッドサ ンドの物性との関係
490	1997	33	小川 文幸 他	アルミダイカスト用易崩壊性中子(ADシェルモールド法)
502	1998	30	田中 俊夫	各種鋳型造型法と鋳鋼の熱間きれ欠陥の関係について

3 . J A C T News シェルモールド法関係記事

号	発行年	頁	題名
367	1987	13	シェルモールド法の現状(海外情報)
443	1993	10	シェルモールド法を見直そう(訳) (Modern Casting , '93, March)

4 . J A C T 鑄型技術委員会シェル関係技術報告一覧表

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
S50(1975)	シェル鑄型	14	S50.3.13	前田シェルカース	ハイ・プレーティングについて
	シェル鑄型	15	S50.5.14	神戸製鋼 住友金属	大型シェル鑄鋼鑄物の製造 大型シェル鑄鋼鑄物の製造
	シェル鑄型	16	S50.7.8	小松製作所 ニダック 荏原製作所 日立化成工業 新東工業	(シェル工場よりの排ガス処理法に関する報告) シェルモールド工場の脱臭テスト 密閉による脱臭方法 シェルモールド排ガス用脱臭装置 シェルレジン廃ガス洗浄水の処理法について DOG型薬液洗浄式悪臭処理装置について
S52(1977)	有機鑄型	29	S52.10.14	保土谷化学工業	Chemical Emission from Foundry Molds
	無機鑄型	31			
S53(1978)	有機鑄型	32	S53.4.7	J A C T	シェーク・フリーレジンについて
	無機鑄型	35			
	有機鑄型	34	S53.8.4	小松製作所(栗津) トヨタ自動車	シェル砂のピールバック試験法について シェル中子のバイ焼再生砂の熱膨張
	無機鑄型	37			
有機鑄型	36	S53.12.1	豊田自動織機製作所	ストップオーダーの実施例	
無機鑄型	39				
S54(1979)	有機鑄型	37	S54.2.2	豊田自動織機製作所	ストップオーダーの有効利用
	無機鑄型	40			
	有機鑄型	38	S54.4.6	リグナイト 旭可鍛鉄	R C Sの硬化機構について スーパーFプロセスについて
	無機鑄型	41			
	有機鑄型	41	S54.9.25	大日本インキ化学工業 旭有機材工業	シェークフリーレジンの評価 シェークフリーレジンの評価結果
	無機鑄型	44			
有機鑄型	42	S54.12.7	群栄化学工業	シェークフリー樹脂の試験結果	
無機鑄型	45				
S55(1980)	有機鑄型	45	S55.6.13	トヨタ自動車 昭和電気製鋼 前田シェルカース	シェルモールドスタックでの小物部品の不良対策 シェル鑄肌におよぼすスケールの影響 ファスキュアー(FTコートッドサンド)の試験データ
	無機鑄型	48			
	有機鑄型	46			
	無機鑄型	49	S55.8.1	大日本インキ化学工業 前田シェルカース J A C T	ダブルコート用シェルモールドレジンについて ファスキュアーFTコートッドサンドについて 易崩壊性改良中子樹脂
	有機鑄型	47			
	無機鑄型	50			
			S55.10.9	豊田自動織機製作所 小松製作所	2種類のシェル砂混合による砂性質の改良 スクランブルによるシェル砂の再生について

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
S56(1981)	有機鋳型 無機鋳型	48 51	S.55.12.5	J A C T 旭有機材工業 群栄化学工業 リグナイト	各種鋳型の熱性質と表面性質 R C Sの硬化速度評価法検討 R C Sの曲げ強さについて R C Sの曲げ強さ測定法について
	有機鋳型 無機鋳型	49 52	S56.2.6	クロタ精工 日本高周波鋼業 原田鋳造所	抗折力性能とP B性能試験法の見直し コーテッドサンド試験方法の見直し 速硬性R C Sの現場適用実験結果について
	有機鋳型 無機鋳型	50 53	S56.4.3	小松製作所(生技研) 住友デュレス	スクランブルによるシェル砂の再生について 熱間引張り試験機による離型抵抗および硬化性の評価
	有機鋳型 無機鋳型	51 54	S56.6.12	トヨタ自動車 旭有機材工業 群栄化学工業	中子用崩壊性試験法の検討 アルミ鋳物用易崩壊性R C S [A Dプロセス] シェル鋳型の熱膨張吸収および崩壊性向上結合剤 - レジトップPSM-4402
S57(1982)	有機鋳型 無機鋳型	58 61	S57.8.6	大日本インキ化学工業	シェル鋳型の吸湿劣化について
	有機鋳型 無機鋳型	59 62	S57.10.1	住友デュレス 旭有機材工業 三栄銀砂鋳業 旭有機材工業	シェルモールド法における金型温度・セッティング時間とシェル厚強度の関係について シェルモールド法における金型温度・キュア時間とシェル厚み強度の関係 各メーカー低膨張レジン比較と応用 離型抵抗測定器について
S58(1983)	有機鋳型 無機鋳型	60 63	S57.12.3	リグナイト	シェル鋳型の硬化層 (溶剤抽出法による)について
	有機鋳型 無機鋳型	61 64	S58.2.4	小松製作所(大阪) 原田鋳造所	鋳物砂スクラビング再生処理設備の導入結果について シェル金型の保温効果について
	有機鋳型 無機鋳型	62 65	S58.4.1	旭可鍛鉄	段取替時間短縮、マシンサイクル短縮改善事例報告
	有機鋳型 無機鋳型	65 68	S58.10.21	東洋工業	軽合金用シェル中子の試験法
S59(1984)	有機鋳型 無機鋳型	66 69	S58.12.2	豊田自動織機製作所	シェル砂用ノボラックレジンの改良
	有機鋳型 無機鋳型	71 74	S59.10.5	トヨタ自動車 リグナイト J A C T 旭有機材工業	シェル砂の高温引張強度試験法の検討 シェル曲げ強さ強度測定用テストピースの検討 シェル鋳型用コーテッドサンド曲げ強さ試験片製作法 曲げ強さ測定法

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
S60(1985)	有機鋳型 無機鋳型	72 75	S59.12.7	三菱自動車工業 リグナイト 日立化成工業 豊田自動織機製作所 群栄化学工業 住友デュレズ	シェル曲げ強さ比較試験 シェル曲げ強さ強度測定用テストピースの検討 センチ角とインチ角の曲げ強度の相関について シェル曲げ強さ試験片製作法の違いによる再現性について レジンコーテッドサンドの冷間曲げ強さ試験片の作成相違についての考察 シェル曲げ強さ測定用テストピースの焼成方法
	有機鋳型 無機鋳型	73 76	S60.2.1	住友デュレズ リグナイト	シェル高温引っ張り試験における測定方法の影響 シェルテストピースの冷却条件と 曲げ強度の関係
	有機鋳型 無機鋳型	74 77	S60.4.5	リグナイト 豊田自動織機製作所	シェルテストピースの冷却条件と 曲げ強度の関係 小型シェルマシン 3号機について
	有機鋳型 無機鋳型	75 78	S60.8.2	旭有機材工業 群栄化学工業	レジンコーテッドサンド混練機の温度と強度 シェルモールド法の改善に関する研究 - 曲げ強さについて -
	有機鋳型 無機鋳型	76 79	S60.10.4	東測精密工業 三栄銀砂鋳業 住友デュレズ	シェル曲げ試験機仕様書 「RCS全自動品管装置」の検討と要望事項 RCSの温度とシェル曲げ強さ
	有機鋳型 無機鋳型	77 80	S60.12.6	日立化成工業 旭有機材工業 東測精密工業 群栄化学工業 リグナイト 住友デュレズ	RCSの温度と曲げ強さについて RCSの諸条件における混練後の砂温度と強度の関係について シェル曲げ強度測定について RCS品質管理の諸条件と曲げ強さのまとめ RCSの混練後の諸条件と強度との関係 シェル鋳型試験片の大きさと曲げ強度値の関係 RCSの温度とシェル曲げ強度
	有機鋳型 無機鋳型	78 81	S61.2.7	日立化成工業	RCSの温度と曲げ強さについて(2) - 混練後の冷却過程および冷却後再加熱した場合 -
	有機鋳型 無機鋳型	79 82	S61.4.11	東測精密工業 浪速製作所 旭可鍛鉄	RCS品管用曲げ試験について シェル抗折力試験片造型機について 複雑形状中子の充填性について
	有機鋳型 無機鋳型	80 83	S61.8.1	トヨタ自動車	シェル砂の抗折強度と引張り強度の関係
	有機鋳型 無機鋳型	81 84	S61.10.3	リグナイト	各種バインダーの熱減量特性と鋳型の強度劣化
有機鋳型 無機鋳型	83 86	S.62.2.6	トヨタ自動車 旭有機材工業 J A C T	熱膨張率測定法 熱膨張率の測定方法について 熱膨張量測定法アンケート結果	

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
S62(1987)	有機・無機 鋳型	1	S62.4.3	三栄銀砂鋳業 旭有機材工業 群栄化学工業 リグナイト J A C T	鋳型熱膨張量測定法について 熱膨張率の測定方法について 熱膨張率測定結果について テストピースの大きさの違いによる熱膨張率 測定結果について 引掻き強さ
		2	S62.6.12	J A C T	シェル鋳型の反り変形に関する研究
		6	S63.2.5	小松製作所(小山)	シェル中子の焼着対策について
S63(1988)	有機・無機 鋳型	1	S63.4.3	浪速製作所 住友デュレス	ロボットを利用したシェル中子自動造型ライン シェルモールド用レジンのキュラストメータ ーによる硬化挙動とシェル特性との関係につ いて
		2	S.63.6.10	トヨタ自動車	鋳物砂の磁性差を利用した回収砂分離方法の 開発
H1(1989)	有機・無機 鋳型	1	H1.4.7	リグナイト 住友デュレス	シェル鋳型の膨張と収縮について 弁柄添加のR C Sの特性について
		5	H1.12.1	日立化成工業 旭有機材工業	鋳物用各種珪砂のシェル鋳型特性について シェルモールドの造型時の寸法変化について
H2(1990)	有機・無機 鋳型	2	H2.6.1	旭有機材工業 保土谷アッシュランド 群栄化学工業	各種骨材、バインダーの温度変化による 熱膨 張変化(TMAを用いて) 有機鋳型の急熱変形測定法 シェルモールド鋳型の熱膨張について
		5	H2.12.7	旭有機材工業 住友デュレス	砂の形状と強度について(シェルモールドに おいて) シェルモールド用フェノール樹脂の「ブラベ ンダー」による流動硬化性と シェル鋳型特性 について
H3(1991)	有機・無機 鋳型	1	H3.4.5	日立化成工業	シェル鋳型の造型温度と熱膨張について
		3	H3.8.2	旭テック	外国産けい砂の試験結果
		4	H3.10.4	リグナイト 旭有機材工業	低臭気シェルモールド用樹脂について シェルの再加熱による強度、窒素量等の動き について
		5	H3.12.6	椿本チェーン トヨタ自動車	シェル造型機における非接触温度計を用いた 金型温度制御について シェルモールド用低臭気レジ

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
H4(1992)	有機・無機 鋳型	1	H4.4.3	旭有機材工業 日立化成工業	シェルモールドの硬化率とガス発生量の関係 測定器によるRCSの臭気濃度測定結果について
		2	H4.6.5	群栄化学工業	シェルモールド法RCS 燃焼時の発煙性試験
		3	H4.8.7	リグナイト	RCSの吸湿による物性の変化
		4	H4.10.2	トウチュウ	珪砂の膨張に対する考察(第1報)
H5(1993)	有機・無機 鋳型	1	H5.4.2	瓢屋	金型温度変化でのシェル砂試験片の膨張測定 (荷重)結果報告
		5	H5.12.3	旭有機材工業	低膨張砂の熱膨張測定について
		6	H6.2.4	リグナイト 住友デュレス	シェル主型の鋳造時の熱変形について シェルの成形条件と鋳型特性について
H6(1994)	鋳型	5	H6.12.2	新東工業	水平割シェルマシンCHS73
		6	H7.2.24	浪速製作所	シェル中子造型機の概要
H7(1995)	鋳型	1	H7.4.7	旭有機材工業	低膨張砂の熱膨張測定(第2報)
		3	H7.8.4	トヨタ自動車	サンドフレッシャーによる主型砂品質の調査
		4	H7.10.6	日立化成コークス社	粒度分布とRCS特性
		5	H7.12.1	住友デュレス	シェル鋳型の常温の曲げ弾性係数の変化につ いて
		6	H8.2.2	日立化成工業 J A C T	シェルモールド法におけるRCS温度と熱伝 導度、RCS特性について ニャーネットシェーブ鋳物の製造(訳) [英国 HMCが北京の第61回国際会議で行った発表 論文]
H8(1996)	鋳型	1	H8.4.5	日立造船情報システム	鋳物向けRPTシステムの紹介
		4	H8.9.27	旭有機材工業	アルミ合金用易崩壊性RCSの崩壊機構の比較
		6	H9.2.7	リグナイト	フェノール樹脂の分子サイズとその樹脂を使 用したRCSの物性
H9(1997)	鋳型	2	H9.6.13	日立化成工業	RCS製造時の混練温度とRCS特性調査
		3	H9.8.1	日立化成コークス社 旭有機材工業	中子焼成条件と鋳型特性について 樹脂タイプ、ヘキサ量の違いによるガス圧について
		4	H9.10.3	日立金属(真岡)	インテークマニホールド用RCSの改善

年 度	委員会名		開催月日	報告企業名	技 術 報 告 題 名
H10(1998)	鋳型	5	H9.12.5	コマツ(生技研)	各種鋳型造型法と鋳鋼の熱間キレ欠陥の関係について
		2	H10.6.12	日立化成工業	R C S 鋳型の熱膨張について - 鋳型温度および焼成条件の影響 -
H11(1999)	鋳型	4	H10.10.2	旭有機材工業 日立化成コテッドカド	R C S プレヒートについて レジン添加量とR C S 特性
		2	H11.6.4	日立化成コテッドカド	造型条件と排砂性について
H12(2000)	鋳型	3	H11.8.6	大日本イソ化学工業	フェノール樹脂の軟化点・分子量の違いによる性能差について
		4	H11.10.1	日立化成工業 コマツ(生技開発)	低膨張骨材併用R C S の特性について (珪砂とセラビーズ併用による特性調査結果) R P シェル中子を使用した試作鋳物について
		5	H11.12.3	瓢屋	シェル中子におけるガス発生量について
		6	H12.2.4	アイシン高丘 旭有機材工業	R C S プレヒートの実機シェルマシントテスト結果
		1	H12.4.7	群栄化学工業 トヨタ自動車	シェルモールド法硬化過程と鋳型強度について 中子ガス圧測定方法の検討
	2	H12.6.2	日立化成コテッドカド	湿度とR C S 特性及び鋳型特性	
鋳型	3	H12.8.4	旭有機材工業 住友デュレス	各種R C S 材料が離型性に及ぼす影響調査 骨材種(形状)・レジン種とシェル鋳型特性について	
	4	H12.10.6	自動車鋳物 日立化成工業	中子用接着剤の強度比較実験 各種易崩壊性樹脂の検討	

平成12年度ものづくり人材支援基盤整備事業
- 技術・技能の客観化、マニュアル化等 -
「シェルモールド中子造型に係る技術・技能」
発行 中小企業総合事業団 情報・技 部 技術振興第二課
〒105 - 8453
東京都港区虎ノ門 3-5-1 虎ノ門 37 森ビル
TEL:03-5470-1523 FAX:03 - 5470 - 1526
無断転載を禁ずる
Copyright ©2001 中小企業総合事業団 All right reserved

このマニュアルは社団法人 日本鑄造技術協会の協力を得て中小企業総合事業団が
作成しました。