

アルミナ系球状骨材の特殊鋳鉄への適用

(株)榎本鋳工所 今野 岳 史

当社では、「環境負荷低減」と「製造工程の合理化」を目的として、鋳型用人工砂の採用を進めてきた。今回、特殊鋳鉄品を主体とした製造現場におけるアルミナ系球状骨材の使用状況について、その事例を報告する。

1. はじめに

当社はダクタイル鋳鉄、ニレジスト鋳鉄などの生産技術を早くから確立し、材質面での研究・開発に積極的に取り組んできた。その成果の一つとして、昭和57年、超低熱膨張鋳鉄「ノビナイト」の開発に成功し、主力製品として現在も生産中である。

これらの特殊鋳鉄を生産するにあたり、当社では平成10年の鷺宮工場立ち上げに併せて鋳型への人工骨材適用を行った。当初の人工骨材導入目的は次の3点である。

- ・ 鋳鋼生産における高温注湯への対応
- ・ 廃砂、ダスト等の廃棄物の低減
- ・ 粉塵発生量低減による工場内の環境改善

試行錯誤を経て、平成14年にアルミナ系球状骨材(エスパール)とフラン造型法の組合せにより安定した生産環境が得られ、今日に至っている。

本報告では、人工骨材の適用事例として、使用開始より5年が経過したエスパールの生産現場での使用状況について述べる。

2. 適用工場(鷺宮工場)の概要

エスパールの適用を行った鷺宮工場は、図1に示したように埼玉県北東部に位置する北葛飾郡鷺宮町にあり、月当たりの溶解量は80~90t、製品出荷量は約50tで、材質別の生産割合は当社開発品の「ノビナイト」が50%、オーステナイト鋳鉄が30~40%、残りをFC・FCDが占めている。

現在の主要操業条件を表1に示す。当工場の主力製品である「ノビナイト」は注湯温度が最高1,873Kと高いため、鋳型骨材には高い耐熱性が要求されることから、現在は耐火度の高いエスパールをユニットサンドとし、フラン造型法と組合せて適用している。

なお本工場は、図2に示したような990m²の細長い

特集「新しい鋳物用人工砂」企画趣旨

編集委員 石原安興

生型鋳造で一般的に使われている鋳物用の砂の主成分はSiO₂で、溶けた金属に触れ温度が上昇し573℃になると膨張してしまい、すくわれ(掬われ)等の不良の原因になる。また、人工的に破碎されて作った砂が多く角ばっており鋳型を作るときには流動性がよくなく砂詰まりの問題を起こすなどの欠点がある。

これに比べて、人工で作られたセラミックサンド等の砂が数年前から使われるようになった。これらの砂は、熱膨張がなく、球形で流動性が良く、耐火性が高い。ただし、従来の砂に比べると価格が数倍するため、生型造型ラインの砂全部をこの砂にするにはコストがかかりすぎるというので特別の目的を持った鋳造ラインのみにしか使われていないが、中子用あるいは不良対策に必要な部分の当て砂に使われている。

今回は、特集としてこれらの新しい砂について、その特性や使用している状況等について掲載する。上記に述べたように、鋳物作りに非常に適した砂であり、究極の鋳物砂とあってよいかもしれない。使用量が増え、コストが下がれば、日本の鋳物業が目指す高品質の鋳物作りに更に使われていくと思われる。



図1 鷺宮工場の外観と所在地

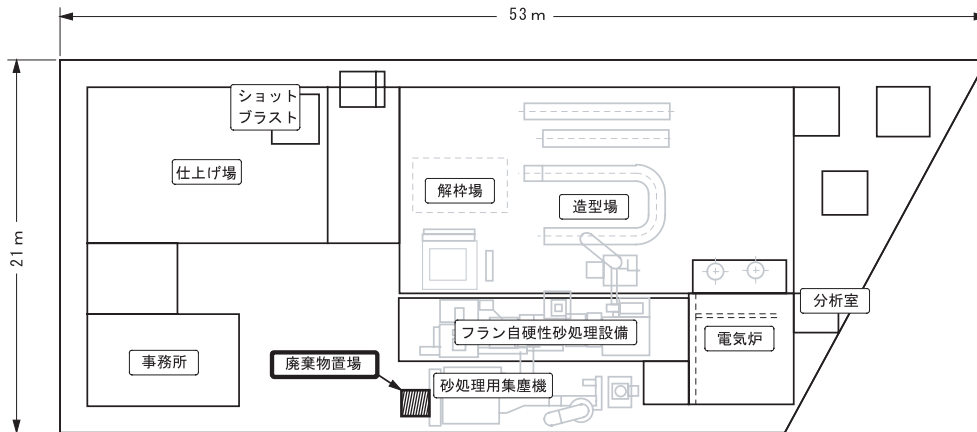


図2 鷺宮工場の設備レイアウト

表1 鷺宮工場の主要操業条件

工場内状況 (造型ライン)	分類	項目	内容
	鑄造条件	溶解量：80~90t/月 製品生産量：約50t/月 材質内訳：ノビナイト鑄鉄(50%) ニレジスト鑄鉄(30~40%) その他(FCD, FC:10~20%) 製品重量：1~200kg 注湯温度：1,673~1,873K S/M比：約3.5	
	造型条件	フラン樹脂：カオーライトナー EF-5300 0.6% / 骨材 硬化剤：カオーライトナー (TK-1+C-21) 40% / 樹脂 フラン鑄型強度：4.0±0.5MPa	
	骨材再生条件	ミキサー混練量：300t/月 廃砂量：3t/月 再生方法：新東工業(株)製 再生機USR型2段1パス	再生歩留 = 99%

敷地内に各生産設備を効率よく配置する上で、廃棄物置場を縮小せざるを得なかったため、人工砂導入による廃砂およびダスト発生量の低減に対する期待は大きかったが、現在まで鑄型骨材の再生歩留はほぼ99%で推移しており、満足できる成果が得られている。

3. 人工骨材と造型法の採用経緯

鷺宮工場において過去に使用してきた人工骨材と造型法の組合せを表2に示す。

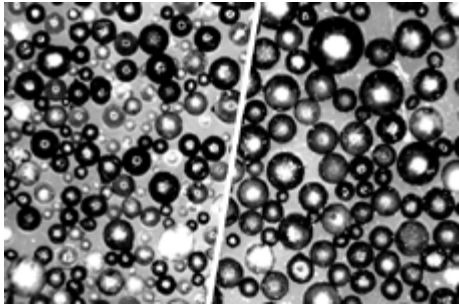
平成10年2月の工場立ち上げに際し、最初に導入したのはムライト系セラミック砂であった。更に本骨材

をアルカリフェノール造型法と組合せることで、前述の3つの人工砂導入目的に加えて、注湯時の臭気改善も狙った。しかし、当工場の操業条件下では、骨材再生処理にUSR型再生機3段を2パスさせても残留粘結材の蓄積への対応が図れなかったため、混練砂の流動性悪化による造型時間の延長や、これに伴う可使用時間切れなどにより満足する造型性は得られなかった。

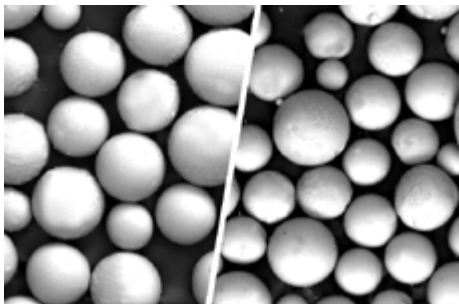
次に混練砂の流動性と再生処理性の改善を目的として、骨材をMgO・SiO₂系球状骨材(サンパール)に変更した。サンパールは写真1に示したように形状が真球に近い流動性に優れ、写真2に示したよう

表2 過去に行った人工骨材と造型法の経緯と使用所感

使用時期	使用骨材, 造型法	使用状況	必要再生条件
H10.2 ~	ムライト系セラミック砂 アルカリフェノール造型法	可使時間が取りにくく、混練砂の流動性も悪いため造型性に難点があった。	USR型再生機 3段×2パス
H12.7 ~	MgO・SiO ₂ 系球状骨材 (サンパール) アルカリフェノール造型法	混練砂の流動性が向上し造型性が改善されたが、骨材の耐火度不足で高温注湯品に対応できなかった。	USR型再生機 3段×1パス
H14.10 ~	アルミナ系球状骨材 (エスパール) フラン造型法	造型性が格段に向上し、耐火度も改善されたためワンサンドで高温注湯品まで生産可能となった。	USR型再生機 2段×1パス



(左)サンパール (右)エスパール
写真1 粒形写真



(左)サンパール (右)エスパール
写真2 SEM像

に表面が極めて平滑であるため、再生時の樹脂剥離性に優れる特徴を持つ。本骨材への変更により混練砂の流動性は改善され満足できる造型性を得ることができた。また骨材再生処理条件もUSR型再生機3段×1パスまで簡略化する事が可能となった。しかしながら、サンパールは耐火度が低く、高温注湯品(注湯温度≒1,873K)において骨材が溶着する問題が発生したため、骨材をより耐火度の高いエスパールに切り替え、併せて本社工場にて実績のあるフラン造型法との組合せを行った。このエスパールの適用状況について詳細を報告する。

4. アルミナ系球状骨材の適用状況

(1) アルミナ系球状骨材の特徴

現在用いているアルミナ系球状骨材(エスパール)の品質を表3に示す。現在使用しているのはAFS指数≒40のエスパール#40Lである。

表3 エスパール#40Lの品質(代表値)

粒度分布 mass%											
mesh	18	26	36	50	70	100	140	200	281	Pan	AFS
μm	850	600	425	300	212	150	106	75	53	Pan	指数
#40L	0.1	1.9	29.9	51.6	11.9	3.5	0.8	0.3	tr		39.6

化学成分 mass%							
Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂
78.84	13.68	1.73	0.05	0.40	0.43	0.95	3.62

pH	真比重	かさ比重		耐火度	
		粗充填	密充填	SK	温度 K
7.55	3.35	1.92	2.09	38	2,123

エスパールは写真1に示したように真球に近い形状を有しているため流動性に非常に優れる。またその表面は写真2に示したように緻密で平滑であるため、再生処理時の粘結剤の剥離性が高く、再生砂の品質が安定しやすい。なお、これらの点は前述のサンパールと同様の特徴である。また、エスパールは「熱膨張率が低い」、「耐破碎性に優れる」といった人工骨材に共通の特性に加え、「耐火度が高い(SK38:2,123K)」、「熱伝導率が高い」などの特徴から、注湯温度が高い鋼系特殊鋳鉄にもワンサンド(ユニットサンド)で対応可能となっている。

(2) 再生砂のL.O.I量の推移について

再生前後のエスパールのSEM(反射電子)による表面拡大写真を写真3に示す。なお当工場での再生条件は新東工業(株)製USR型再生機2段×1パスである。

粒子表面に見られる黒い部分が付着樹脂(炭化物を含む)であるが、再生処理後の粒子の表面には薄く樹

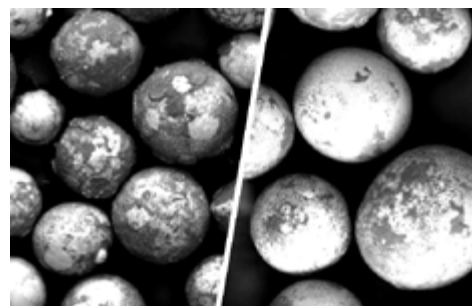


写真3 再生前(左)、後(右)のエスパール表面SEM像

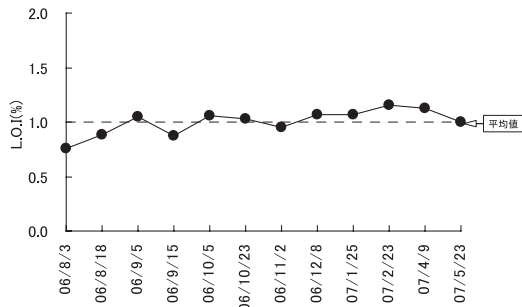


図3 エスパール再生砂のL.O.I.量推移

脂が残るだけで、大部分の付着樹脂はきれいに剥離しているのが確認される。これはエスパールの粒子表面が平滑であり、再生処理時に残留樹脂が剥がれやすいためと考えられる。この結果、図3に示したとおりエスパール再生砂のL.O.I.はほぼ1%前後に保たれ、不良率の引き下げに効果をもたらしている。

(3) 再生砂の耐破砕性について

繰返し使用したエスパールの耐破砕性試験結果を図4に示す。エスパール再生砂の破砕率は再生けい砂と比較して圧倒的に低く、エスパール新砂と比較しても同等以下であることが確認された。なおエスパール再生砂の方がエスパール新砂に比べて耐破砕性にやや優れるのは、表面にわずかに付着した樹脂によるクッ

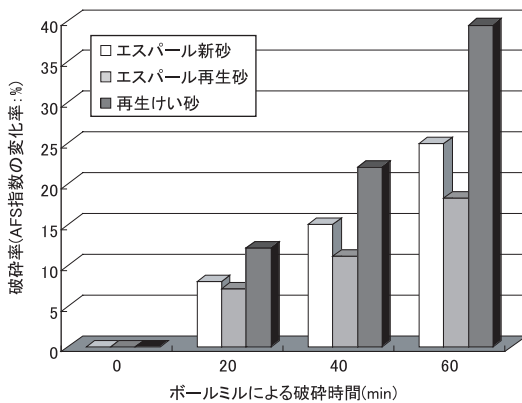


図4 エスパール再生砂の破砕率測定結果

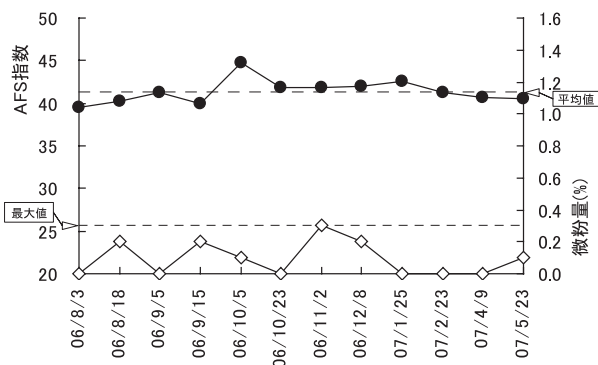


図5 エスパール再生砂の AFS 指数及び微粉量推移

ション効果及び繰返しの再生処理により一部の弱い粒子が除去されたためであると考えられる。この結果からも、エスパールは長期間の繰返し再生使用における骨材破砕量が少なく、塵砂・ダスト等の発生量が低減されることが確認された。

図5にエスパール再生砂の粒度指数 (AFS) 及び微粉量の推移を示す。前述の特性によりエスパール再生砂の粒度は安定した値で推移しており、微粉量も少ない値に保たれている。

(4) 再生砂のフラン鋳型強度発現について

エスパール再生砂のフラン鋳型強度 (24時間値) の推移を図6に示す。樹脂添加量0.6%/骨材の条件にてフラン鋳型強度は概ね4.0MPa以上に安定して保たれている。また各測定時のフラン強度の立ち上がり曲線を図7に示す。混練からの経過時間毎の鋳型強度発現の最大値と最小値の幅で示されるばらつきの範囲は小さいものであった。これらのデータから、エスパール再生砂のフラン鋳型硬化挙動は、強度、硬化速度ともに安定していることが確認された。

さらに、樹脂及び硬化剤の残留によるエスパールのフラン鋳型硬化状況の変化をエスパール新砂との比較によって調査した。

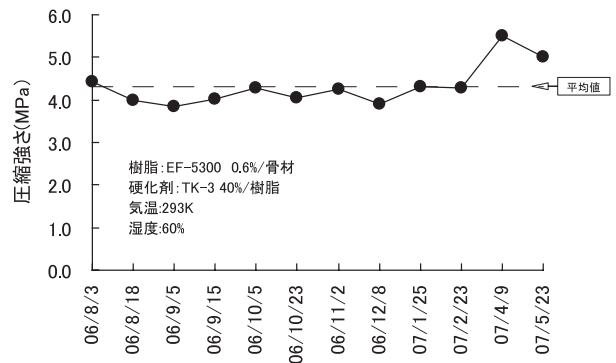


図6 エスパール再生砂のフラン鋳型強度 (24 時間値) 推移

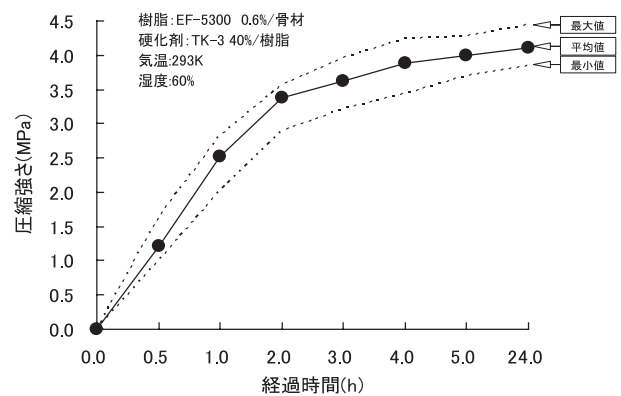


図7 エスパール再生砂のフラン鋳型強度発現①

硬化剤の濃度（強酸・弱酸）を変化させた場合の造型後の経過時間とフラン鑄型強度の関係を図8に示す。一般的なフラン再生砂では、樹脂や硬化剤の残留によって鑄型強度の立ち上がり急峻になる場合があるが、エスパール再生砂は新砂とほぼ同等の滑らかな立ち上りを示しており、硬化剤の濃度変化に対しても素直に追従することが確認された。

次に、硬化剤の濃度（強酸・弱酸）を変化させた場合のフラン混練砂の可使時間調査結果を図9に示す。エスパール再生砂は新砂とほとんど変わらない挙動を示し、新砂同様の可使時間が確保されていることが確認された。

以上のとおり、エスパール再生砂のフラン鑄型硬化状況は、新砂とほぼ同等であることが確認されたが、これはエスパール再生砂の表面が新砂に近い清浄度まで再生されているため、エスパールが再生処理性に優れることの裏付けであると考えられる。

(5) エスパールを使用した高温注湯製品の事例紹介
写真4に示した製品例はポンプローター部の素材及

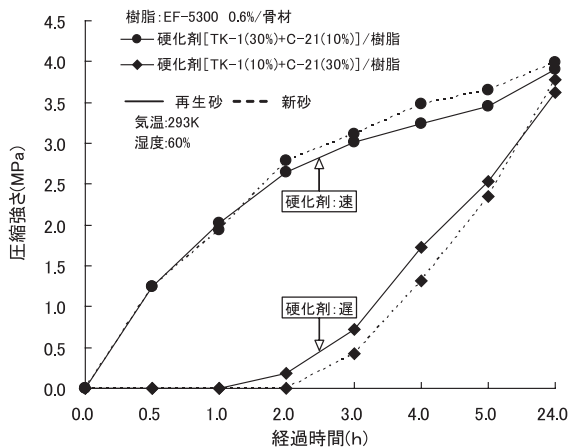


図8 エスパール再生砂のフラン鑄型強度発現②

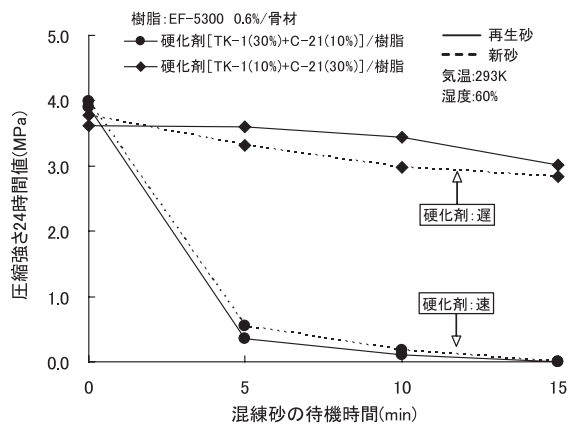


図9 エスパール再生砂の可使時間

びその中子で、材質＝オーステナイト鑄鉄 (FCDA-Ni35)、注湯温度＝1,823K、製品重量＝50kgである。中央空洞部の中子はその形状からかなりの熱量を受けるが、写真5に示したように焼付き等不良の発生はなく、砂落ち性、鑄肌ともに良好であった。

写真6に示した製品例は真空ポンプのケーシングで、材質＝オーステナイト鑄鉄 (FCDA-Ni35)、注湯温度＝1,823K、製品重量＝20kgである。この製品は鑄肌が外観となる部分が多いため高い鑄肌品質を要求されるが、写真7に示したように製品の鑄肌面は良好で、顧客からも高い評価を得ている。

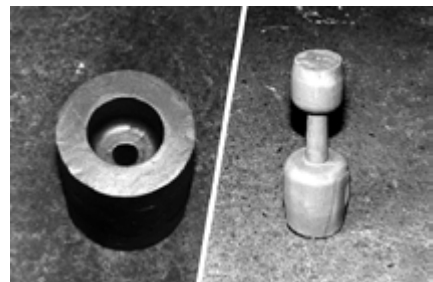


写真4 製品例① (ポンプローター素材) とエスパール中子

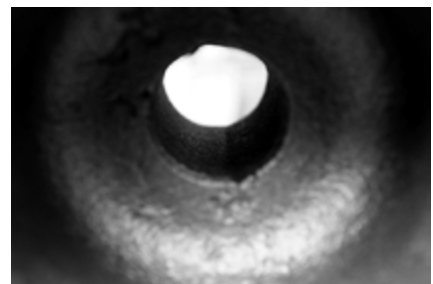


写真5 製品中子面の鑄肌



写真6 製品例② (真空ポンプケーシング)

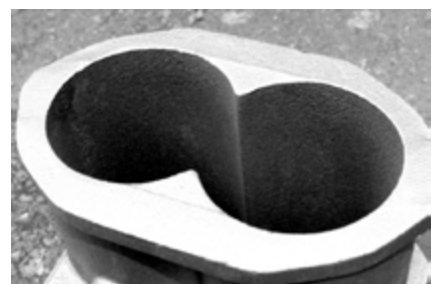


写真7 鑄肌外観



写真8 製品例③ (ベアリングケーシング)



写真9 製品エッジ部分

写真8に示した製品例はベアリングのケーシングで、材質=オーステナイト鋳鉄 (FCDA-NiCr30-3)、注湯温度=1,793K、製品重量=20kgである。オーステナイト鋳鉄は注湯温度が高くエッジ部分がヒートスポットとなって焼付きが発生しやすいため、従来は大きめのアール形状を取る必要があったが、エスパールは熱伝導性が高いため写真9のようにシャープなエッジ形状による鋳造が可能となった。

5. おわりに

人工骨材の導入開始から10年を経て、紆余曲折はあったものの、鋳鋼生産における高温注湯への対応、廃砂・ダスト等の廃棄物の低減、粉塵発生量低減による工場内の環境改善といった当初の目的をほぼ達成することができた。

しかしながら、産業機械の高性能・高精度化は留まることなく、それを支える素形材への品質要求も日を追うごとに厳しさを増すばかりである。

このような要望に応えるべく、ノビナイトをはじめとする特徴ある材質と、人工骨材を用いた鋳造プロセスとの組合せを更に研究し、より高精度・高品質な鋳物作りを目指すことで、今後も産業の発展に貢献して行きたい。

株式会社榎本鋳工所

<http://www.nobinite.co.jp/>

〒340-0203 埼玉県北葛飾郡鷺宮町桜田5-18-8

TEL 0480-59-5061 FAX 0480-59-5062