

少量小型自硬性連続混練機の開発

Development of small-sized continuous mixer for chemically bonded processes

青木 達行* 岩崎 順一* 大羽 崇文*
Tatsuyuki Aoki Junichi Iwasaki Takafumi Oba

The mixing for chemically bonded processes, there are the batch mixing machine and the continuous mixing machine, which are selectively used depending on the application and the sand to be used. Continuous mixing machine is easy to use because it can put sand directly in the molding flask while adjusting the amount of sand. On the other hand it is very difficult to mix fine sand. A mixing ability is not stable compared to batch mixing machine. Here we report the test result which was carried out for the purpose of improving mixing ability and developing mixer capable of mixing to fine sand.

KEY WORDS: Continuous mixer, Batch mixer, Chemically bonded processes, Small size

1. はじめに

自硬性の混練機には連続式とバッチ式の2方式があり、主型用には連続式を用い、中子用、小枠サイズではバッチ式を用いることが多い。また、連続式は混練性能が安定しない為、時間当たりに混練する砂処理量が少ない場合や、砂粒度が細かい場合もバッチ式を用いている。しかし、バッチ式では常に一定量しか混練できず必要量に対して過不足が生じることがある為、混練難度の高い細粒砂を安定して混練できる連続式のニーズを背景に、少量小型自硬性連続混練機を開発をした。

2. 開発のコンセプト

お客様からの要望として、製品不良を減らしたい（品質向上）、ムダな混練砂を減らしたい（コストダウン）、重筋作業を減らしたい・作業スペースを広くしたい・メンテナンスを容易にしたい（使い易さ）などがある。

これらに対する課題を以下に記す。

品質向上：細粒砂に対しても混練ムラやレジンボールを発生させない。

コストダウン：混練軸が1本で構成されるシングルアームの連続式では困難とされてきた混練初期、最終期のムダ砂を発生させない。バッチ式の混練では難しい、必要な時に必要な量だけ砂を得

る為の混練ができるようにする。

使い易さ：バッチ式のような重筋作業を発生させない。小枠サイズを対象とする為に機械の取り回し範囲を小さくする。

これらの課題を解決する為に掲げた本開発機の達成目標を以下に記す。

- ①必要な時に必要な砂量を混練でき、ムダ砂量ゼロ、かつ、混練ムラ、レジンボールゼロを実現する為の混練技術の確立。
- ②様々な砂種に対応する為、AFS粒度指数120までの細粒砂、珪砂・人工砂によらず①をクリアすること。
- ③小型のショートアーム構造で機械の小型化を実現し、かつ処理量3t/hを実現すること。

本報では、連続混練機による混練初期から終期までの安定した混練技術の確立について報告する。

3. 混練性能に関する検証

まず、予備的な混練試験として、砂種類、砂粒度、処理量の3つの条件を検証し、混練性能の確認を行った。アルカリフェノール自硬性のプロセスを用いて混練を行い、混練性能（混練の均一性）の評価特性として、硬化後の単位面積当たり

* 鑄造事業部 技術グループ

のレジンボール発生数を計測した。今回の実験装置模式図をFig.1に示す。また、混練試験の条件をTable 1に示す。

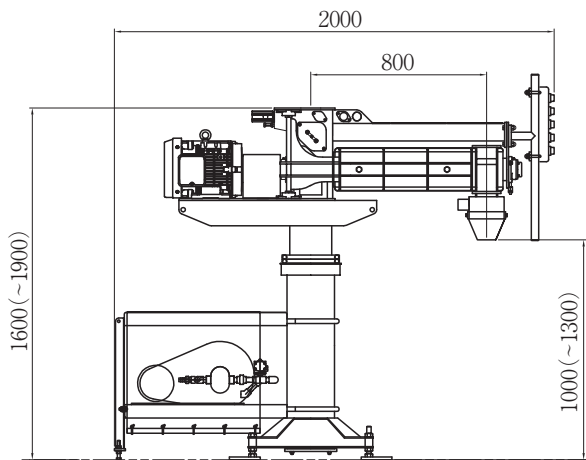


Fig. 1 Schematic diagram of testing machine

Table 1 Factors and levels of preliminary test

	Levels
Sand grain size	AFN GFN 120-60
Kind of sand	Silica sand, Artificial sand
Mixed amount rate	3t/h, 1t/h

混練試験で得られたレジンボール発生数を目的変数とし、砂種類、処理量、砂粒度を説明変数とし、重回帰分析を行った結果、砂種類、処理量は危険率1%、砂粒度は危険率5%とともに有意であることが判った。また自由度調整済み寄与率も0.81と高いことから、上記で示した3因子が混練性能に及ぼす影響は非常に大きいと推定され

る。Table 2に重回帰分析の結果を示す。

混練試験の結果から、砂粒度は粗い砂、砂種類は人工砂、処理量は少量であることが混練性能に良い影響を与える条件であると推定できた。

この実験をもとに、砂を選ばず混練できる装置仕様の最適条件を追求する為の実験を行った。一般的に、細粒砂の混練性を向上させる為には、パドルの表面積を大きくする、あるいは、パドルの回転数を大きくすることが好ましいとされている。今回行った実験においては、混練難度が高い細粒砂（AFS粒度指数120）の珪砂を使用して、パドル形状と回転数を変動因子とし、処理量3t/hでの混練とした。回転数は1500rpmと900rpm、パドル形状は新開発型と従来型の2水準とした。

2つの因子の交互作用を確認する為、 L_8 での直交実験とした。 L_8 直交実験の因子と水準をTable 3に示す。混練性能の評価方法は、予備実験同様、硬化後の一定面積当たりのレジンボール発生数である。

Table 3 Factors and levels of L_8 orthogonal array testing

Factors	Levels	
	1	2
Rotational Frequency	1500	900
Paddle shape	Newly developed	Conventional

Table 2 Results of multiple regression analysis

Multiple correlation coefficient	0.9142470	Adjusted R^2	0.806880	R^2	0.835848	
Cp statistics value	4.0000	Akaike information criterion	51.0715			
	Degrees of freedom	Sum of squares	Unbiased variance	F value	P value	
Regression	3	44.2601	14.7534	28.8542**	0.000	
Residual	17	8.6922	0.5113			
total	20	52.9524				
Name of variable	Partial regression coefficient	Standard regression coefficient	Standard difference of standard regression coefficient	F value	P value	VIF
Kind of sand	2.4297	0.6912	0.10339	44.69565**	0.000	1.1071
Mixed amount	1.0964	0.3119	0.10339	9.10069**	0.0078	1.1071
Sand grain size	-0.0162	-0.2641	0.09931	7.07096*	0.0165	1.0213
	3.09339					

分散分析の結果より、回転数、パドル形状のいずれの因子も有意であり、回転数を 1500rpm とし、新開発型のパドルを用いることで混練性能が改善され、また混練難度が高い砂条件において

も、レジンボールが発生しない良好な混練砂が得られることを確認した。

分散分析の結果を Table 4、5 に、混練砂の状態を Fig.2 から Fig.5 に示す。

Table 4 Orthogonal table

Factor	1	2	3	4	5	6	7	1
	Rotational frequency A	Paddle shape B	A x B	e1	e1	e1	e1	Number of resin balls
1	1500	Newly developed	1	1	1	1	1	0
2	1500	Newly developed	1	2	2	2	2	0
3	1500	Conventional	2	1	1	2	2	50
4	1500	Conventional	2	2	2	1	1	50
5	900	Newly developed	2	1	2	1	2	140
6	900	Newly developed	2	2	1	2	1	140
7	900	Conventional	1	1	2	2	1	182

Table 5 Results of variance analysis

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	F ₀	Probability	R ²
Rotational frequency A	36,720.5	1	36,720.5	1,791.24**	0	90.86
Paddle shape B	3,444.5	1	3,444.5	168.02**	0	8.48
A x B	144.5	1	144.5	7.05	0.057	0.31
e1	82.0	4	20.5			0.35
total	40,391.5	7				100

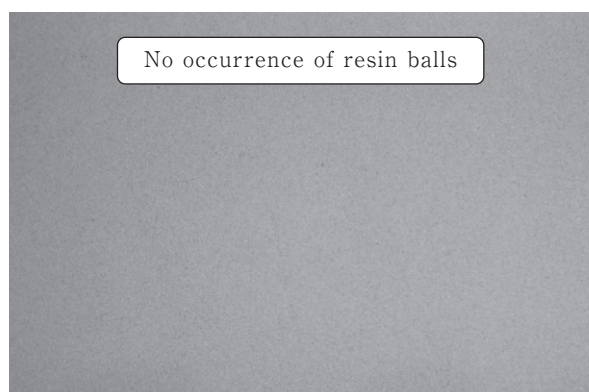


Fig. 2 State of mixed sand (Newly developed paddle/1500rpm)

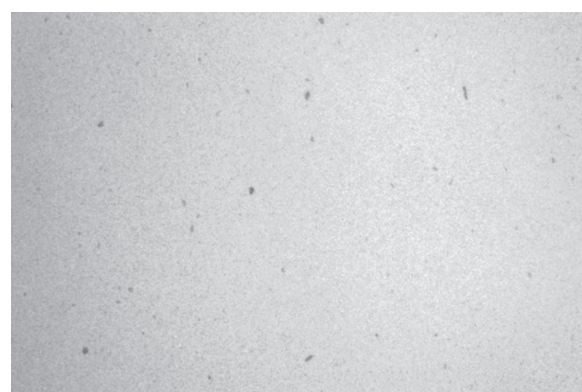


Fig. 3 State of mixed sand (Conventional paddle/1500rpm)

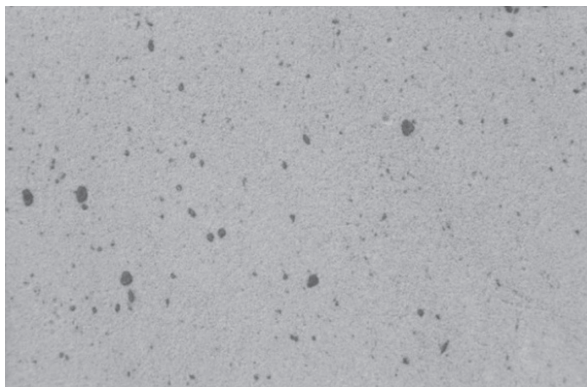


Fig. 4 State of mixed sand (Newly developed paddle/900rpm)

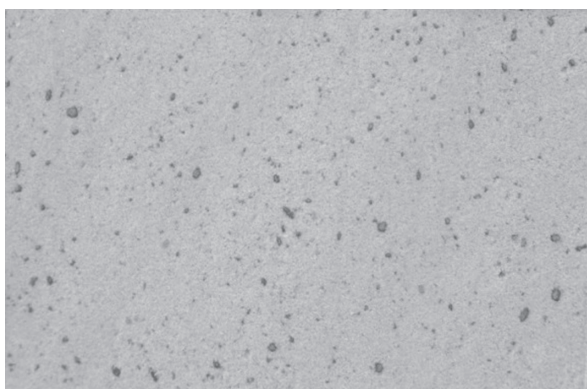


Fig. 5 State of mixed sand (Conventional paddle/900rpm)

4. 付加価値のある少量混練機

前述の検証によって混練性の確認がなされ、連続混練機として実用化の目途が立った。

一方、バッチ式混練機をお使いのお客様から従来通り必要量のみ混練したいとの要望があり、製品の付加価値を高める為、運転モードを変更して1台で連続式、バッチ式両方に対応できるようにした。

必要な砂重量を砂切出し量から算出した計量時間で設定を行う「定量モード」にすることで必要とされる砂重量を過不足なく供給することができる。

少量となると初期砂、最終砂の混練不十分な砂の割合が大きく影響する為、初期、途中、最終のいずれの段階でも混練量に関わらず均一な混練ができることが必要となる。初期砂、最終砂では一旦前方へ送った砂を逆転し、樹脂、硬化剤と混ぜ合わせ混練を行うことで混練ムラのない均一な砂を得ることが確認できた。

また計量精度はFig.6、Table 6に示すように再現性も良好で、当初弊社が目標と定めた必要砂重量の3%以内を実現することができた。

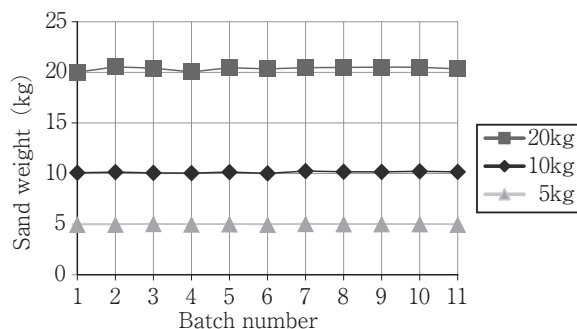


Fig. 6 weighting accuracy of the batch mode

Table 6 Weighting accuracy of the batch mode

Setting weight	20 kg	10 kg	5 kg
Max. Weight (kg)	20.54	10.24	5.04
Ratio (%)	2.63	2.34	0.79

5. 結言

連続式の混練機において、細粒砂～粗粒砂まで混練可能な技術の検証と確立ができた。また、混練初期及び最終期のムダ砂最小化（ゼロ化）に対応できる技術の検証もできた。これらの技術を生かして、少量、細粒砂に対応した自硬性連続混練機を開発することができた。

現在アルカリフェノール自硬性以外のプロセスにも取り組み検証中である。

今後は幅広いプロセスの用途に適合できる少量小型自硬性連続混練機として casting 業界のニーズにあった商品を提供していく。

本開発機を通じてお客様の高品質な鋳物づくりや不良率低減、コスト削減に貢献できれば幸いです。