

株式会社セラテクノ 「連続混練機の活用による高炉樋用キャストブルの施工時間短縮」

Ceratechno Co., Ltd.

“Shortening of Blast Furnace Trough Castable Installation Time by Use of Continuous Mixer”

谷 川 正 一^{*1} 角 村 尚 紀^{*2}
Shoichi TANIGAWA Hisaki SUMIMURA

Abstract

The installation time was able to be shortened to 2/3 of the conventional by applying a continuous mixer to the installation of castables for the main trough in hot conditions. Durability was almost equal to the past.

1. はじめに

流し込み施工時間を短縮することは様々な場面で要求される。特に出銑口が二つで主樋二本の高炉における主樋施工時間の短縮は非常に重要である。主樋修理時には片側の出銑口及び主樋しか使用できない状態となる。片側での連続出銑は高炉の作業面で問題となりやすく、また、使用中の出銑口や樋で問題が発生した場合には休風を余儀なくされることもある。したがって、少しでも主樋の修理時間を短くすることが必要になる。

今回、株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所第3高炉において、施工時間の短縮を目的として、主樋熱間施工への連続混練機適用を検討し、その常用化を達成したのでその内容について報告する。

2. 連続混練機

キャストブル施工への連続混練機適用についてはいくつかの報告^{1),2)}がある。しかし、使用条件の厳しい部位で実用化されている例は少ない。

今回使用した連続混練機の概略図をFig. 1に示

1. Introduction

Shortening the installation time of castables is required by various situations. Especially, shortening the installation time of main trough castables is very important in the blast furnace which has only two tapholes and two main troughs. Only one taphole and one main trough can be used during the main trough repair. The problem tends to occur during continuous tapping at one side. When a problem occurs at the taphole or the main trough under use, a blow down might become necessary. Therefore, it is necessary to shorten the repair time of the main trough.

In order to shorten trough castable installation time, the application of the continuous mixer was tried and it succeeded in Kobe Steel Kobe works No.3 blast furnace. This report introduces applying the continuous

*1 (株)セラテクノ 明石工場 技術室 Technology Department, Akashi Works, Ceratechno Co., Ltd.

*2 (株)セラテクノ 明石工場 技術室 室長 Manager, Technology Department, Akashi Works, Ceratechno Co., Ltd.

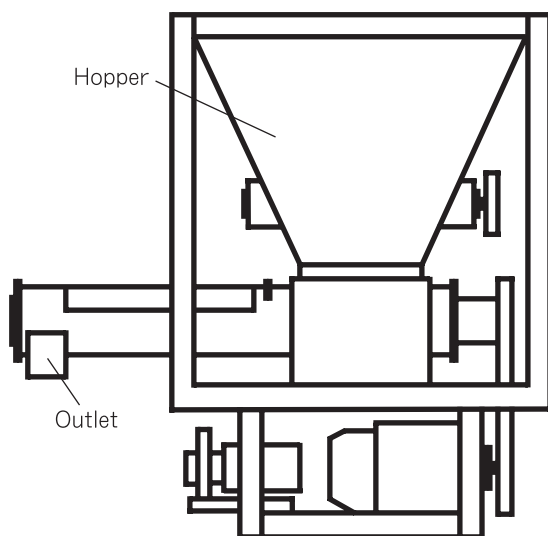


Fig. 1 Outline of continuous mixer.

す。モルタルの混練等に一般に使用されているものである。ホッパーに投入された材料を切り出し、水を添加し、筒状の部分で回転羽根によって材料を送りながら混練を行う方式である。

3. 混練テスト

現在使用している主樋ML（メタルライン）用およびSL（スラグライン）用キャストブルを通常のバッチ式ミキサーで混練した場合と連続混練機で混練した場合の比較テストを行った。その結果、連続混練機では通常のバッチ式ミキサーよりも添加水分は増える傾向にあり、主樋SL材でその傾向が大きかった。また、混練後の材料を流し込み成形し、乾燥して得られた試料を比較すると、Fig. 2, 3 に示すように連続混練機の場合のほうが見掛気孔率が高く、強度が低くなった。

連続混練機を使用する場合は、通常のバッチ式ミキサーに比べると水を添加してから混練終了までの時間が短く、均質で流動性のある練状態になりにくい。カーボンなどの水と馴染みにくい原料を含み、低水分で施工する必要のある樋用キャストブルの混練では、水分増加や混練不足によって気孔率の増加や強度の低下が起きやすいと考えられる。この状態で実炉に使用した場合には、従来よりも大幅に耐用が低下することが懸念されるため、改善の検討を行った。

mixer for installing trough castables.

2. Continuous Mixer

There are some reports^{1), 2)} about the application of the continuous mixer to the installing of castables. However, there are few practical uses at the part where conditions are severe.

Fig.1 shows the outline of the continuous mixer used this time. It is generally used for kneading the mortar. The material in the hopper is sent to the cylindrical part and water is added. The material and water are mixed and sent to the outlet by rotating blade.

3. Mixing Test

Mixing castables for ML (metal line) and SL (slag line) of the main trough by continuous mixer was compared with mixing by usual mixer. The water addition in continuous mixer tended to increase compared to usual mixer. The tendency was large in the SL castable. The apparent porosity of the samples cast and dried was high, and the strength was low in the case of the continuous mixer as shown in Fig.2 and 3.

The total time from the addition of water to the end of kneading is short with the continuous mixer. Therefore, it is not easily mixed uniformly and the fluidity is low. It is thought that the increase in apparent porosity and decrease in strength occur easily due to the additional water increase in water addition and insufficient mixing in the kneading of trough castables with materials for which are not hydrophilic such as carbons. Under such conditions, there was fear that durability would decrease greatly.

4. Improvement

The continuous mixer and the castables were improved. The shape of the kneader blade was changed to improve kneading performance. The castable dispersing agent was adjusted to obtain fluidity with short

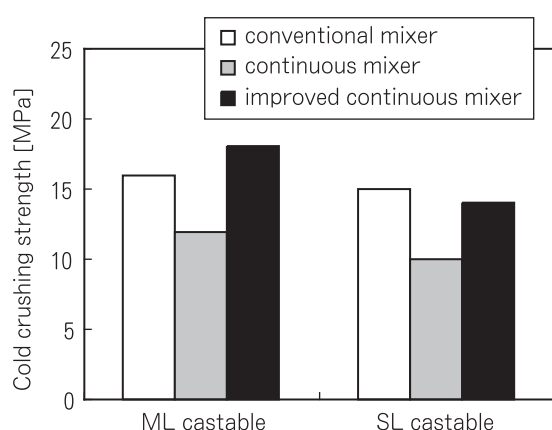


Fig. 2 Comparison of cold crushing strength after drying.

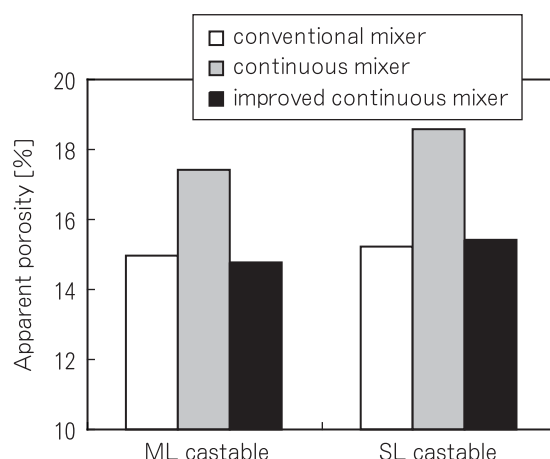


Fig. 3 Comparison of apparent porosity after drying.

4. 実炉適用に向けての改善

連続混練機および材料の改善を行った。連続混練機については混練羽根の形状等を変更し、混練性能の向上を図った。また、材料については短い混練時間で流動性が得られるように分散剤の調整等を行った。これらの改善後、連続混練機による混練テストを行った結果、通常のバッチ式ミキサーで混練した場合とほぼ同じ気孔率及び強度の施工体を得られることが確認できた (Fig. 2, 3)。ただし、連続混練機では材料の切り出し量が一時的に少なくなり、水分過剰となる場合が認められた。これに対応するため、水分過剰になっても強度低下しにくい、従来よりも高強度を示す材料に変更した。

また、樋用キャストブルには、硬化剤としてセメントが使用されるが、セメントは経時変化しやすく、施工時の硬化時間が設定した硬化時間と著しく異なる場合がある。これを防止するために材料とセメントを分離しておき、施工時にセメントを添加するのが一般的である。しかし、連続混練機を使用する場合には、セメントを混合しておく必要があるため、硬化時間の経時変化が大きくなる。また、施工時に硬化調整剤等を添加して硬化時間を調整することが困難である。そこで、経時変化の影響を小さくし、施工時に硬化調整が不要になるように、施工前一週間以内に材料を製造することを基本とした。また、熱間施工のような高温養生の場合は、硬化時間の経時変化の影響は小さく、1ヶ月程度経過しても使用上問題ないことを確認した。

kneading time. After having improved these areas, the apparent porosity and strength of samples mixed by continuous mixer were almost the same as those mixed with the usual batch type mixer. (Fig.2,3) However, when kneading by continuous mixer the feed of the material decreased temporarily, and the water addition sometimes became excessive. Therefore the strength of the castables has been increased to prevent the strength from easily decreasing even in the case of excess water.

Cement is used as a hardening agent for the trough castables. Cement, however, tends to change with the lapse of time and the hardening time of the castable when installed, is sometimes markedly different from set hardening time. The ingredients of the castables and cement are generally separated to prevent this change and cement is added in the batch type mixer at the installation. However, when the continuous mixer is used, the change in hardening time is greater because the cement should be mixed beforehand. It is difficult to add the hardening adjustment agent and to adjust the hardening time at installation. So, to reduce the influence of change with the lapse of time and to make the hardening adjustment unnecessary, the castables are

Table 1 Typical properties of castables

		ML Castable	SL Castable
Chemical composition [mass%]	Al ₂ O ₃	62	12
	SiO ₂	1	1.5
	SiC	14.5	75
	C	4	2
	MgO	15	-
Apparent porosity [%]	110°C-24h	14.7	15.0
	1000°C-3h	17.4	15.6
	1500°C-3h	17.1	15.6
Bulk density	110°C-24h	2.86	2.64
	1000°C-3h	2.84	2.65
	1500°C-3h	2.84	2.65
Cold crushing strength [MPa]	110°C-24h	18	18
	1000°C-3h	36	36
	1500°C-3h	30	111
Permanent linear change [%]	110°C-24h	-0.03	-0.03
	1000°C-3h	-0.06	-0.06
	1500°C-3h	+0.03	+0.36

5. 主樋熱間施工への適用

使用した材料の標準品質をTable 1に示す。主樋熱間施工（施工量ML材：約5t，SL材：約5t）への連続混練機の適用を行った。その結果，施工時間は，通常のバッチ式ミキサー使用時の約90分から約60分へと短縮できた。また，硬化時間も問題なく，従来通り施工終了後約1時間で脱枠可能であった。

損傷状況も問題なく，従来と同等以上の耐用が得られた。2006年からは，主樋の熱間施工では連続混練機が常用化となった。連続混練機使用による寿命の低下や異常損傷はなく，問題なく使用されている。

6. おわりに

主樋熱間施工に連続混練機を適用し，施工時間を短縮することができた。他の施工においても連続混練機適用は施工時間短縮に効果があると考えられ，特に施工量が多い場合には効果が大きいと考えられる。現在は，主樋の冷間施工や他の樋の施工などへの適用を進めている。

manufactured within one week before the installation. When installation was performed under hot conditions, the influence of change with the lapse of time on the hardening time was small and castables older than one month after manufacturing had no problem during installation.

5. Application for the Installation of Main Trough Castables

The typical properties of the castables used are shown in Table 1. The continuous mixer was applied for the installation of the main trough castables (installation amount ML castable: about 5t and SL castable: about 5t) in hot conditions. As a result, the installation time was able to be shortened to about 60 minutes from about 90 minutes when the usual batch type mixer was used.

The hardening time was the same as the former and the time from the installation end to removal of the mould was about 1 hour.

The damage situation was usual. Durability was better than that of the past. The continuous mixer has been used regularly in the installation of main trough castables up to now since 2006.

6. Conclusion

The continuous mixer was applied for the installation of main trough castables in hot conditions, and the installation time was shortened. It is thought that the application of the continuous mixer to other installations will be effective in shortening the installation time, and when the amount of installation is large, the effect will be especially large. Application for the installation of main trough castables in cold conditions and the installation of other trough castables is being advanced at present.

References

- 1) H. Murakami, S. Komori : Taikabutsu, 29 [1], 31 (1977)
- 2) Y. Shimasaki, M. Yasui : Taikabutsu, 31 [8], 426 (1979)