

Shinagawa Refractories Australasia Pty. Ltd. 「乾式吹付け用SIPMシステムの開発」

Shinagawa Refractories Australasia Pty. Ltd.
“The Shinagawa Inline Preform Mixer System”

Ron MCKEW*¹

James TYLER*²

中 村 良 介*³
Ryosuke NAKAMURA

Abstract

Gunning is a widely used method for the installation of refractory materials in high temperature applications, providing benefits in terms of reducing vessel downtime and installation cost. Shinagawa has developed a new system in order to minimize dust and rebound loss, which is the disadvantage of gunning. In this paper, the outline of the new system, and merits in use of this system are described.

1. はじめに

吹付け用耐火物を空気輸送して所定の場所に施工を行う乾式吹付け法は、コスト的にも効率的な方法であり、セメントキルンプレヒーターなどの各種工業炉内張り施工や製鋼取鍋の表面補修など、幅広い分野で使用されている。

吹付け施工法の場合、必要に応じて材料の供給速度を変えたり、施工現場の状況やタイミングによって容易に施工方向や位置を変更・移動することが可能である。枠掛けを必要とせず作業人員も少なくてすむことから、流し込み施工や煉瓦積みより一般的に施工コストは安価といえる。

当初の吹付け用耐火物は、種々の耐火骨材と比較的多量のアルミナセメントとを混合したものであり、施工も比較的容易で、結果的にリバウンドロスなども許容できるレベルであった。吹付け法が導入された当時は、施工性を改善するために湿式吹付けが一般的であった。その後、アルミナセメントの改善等と共に、予め湿潤させる必要性が少なくなり、ほとんど実施されなくなった。し

1. Introduction

The placement of monolithic products by pneumatic conveyancing known as dry shotcreting or gunning is a very cost effective method of placing refractory product into a number of refractory applications, from cement kiln preheater towers to steel ladle protective layers and many non-refractory related applications.

The process lends itself to the rapid delivery of large or small amounts of product depending upon the requirements of the user and can be easily moved from work face to work face depending upon the project geometry and timing. Cost to install is generally lower than casting or bricklaying due to lesser manpower requirements and usually minimal formwork needs.

In the past, refractory materials used in gunning have been comprised of high levels of cement binding different aggregates, making the application of

*1 品川白煉瓦オーストラレーシア 耐火物サービススーパーバイザー Refractory Service Supervisor, Shinagawa Refractories Australasia Pty. Ltd.

*2 品川白煉瓦オーストラレーシア 営業部長 Sales & Marketing Manager, Shinagawa Refractories Australasia Pty. Ltd.

*3 品川白煉瓦オーストラレーシア 取締役 製品・技術開発 Director, Product & Technical Development, Shinagawa Refractories Australasia Pty. Ltd.



Fig. 1 Pressure Pump Setup.

かしながら、通常の乾式吹付け施工体の品質は、煉瓦や枠内に振動施工される流し込み施工体と比べ、大幅に劣っていた。

低セメント吹付け材の技術が導入されると、吹付け施工法の柔軟性とスピードは維持しつつ、低セメントキャストابلに近い品質特性の施工体が得られるようになってきたが、品質向上に相反して施工時のリバウンドや粉塵はむしろ増える傾向にあった。

職場環境の面で吹付け時の粉塵抑制の要望は根強く、またリバウンドによる材料ロスの削減が望まれている状況から、当社では、市販のプレダンプ装置と比較して、シンプルで操作が容易であり、メンテナンスがほとんど不要、且つ施工のための人員増を要しないという目標を掲げ、さらにショットクリート法と比べたときには、装置のセッティングが容易で短時間で出来ること、および運転用の装置点数が少ないことを目標として、新しいシステムの開発に着手した。

2. SIPMシステム

SIPMシステムはShinagawa Inline Preform Mixer Systemの頭文字をとったもので、ポンプユニットとIPミキサーユニットからなり、前述したような要望に応えるものとして開発された。ポンプユニットには、乾式吹付け材料を湿潤させるための貯水タンク、送水ポンプ、水分安定供給可能な圧力スイッチ、および水の逆流防止用チェックバルブが備えられている。Fig. 1に外観を示す。

ポンプユニットは、IPミキサーユニットに装着されている水添加ノズルに給水ホースを介して接続される。

the product relatively simple and resulting in acceptable levels of dust and rebound. When gunning was originally introduced, it was common practice to predamp and dwell the materials to improve the gunning characteristics. As the technology of cements improved, this requirement for predamping was reduced and in many cases eliminated. However, gunned properties were usually significantly lower than brick or comparative product that had been vibration cast behind formwork.

With the introduction of low cement gunning technology, users were able to achieve the high physical properties of low cement castable materials on the wall, with the speed and flexibility of gunning. The trade off for these improved properties was an increase in rebound and dust during installation of the materials.

Due to increasingly strict on-site requirements in areas of Occupational Health and Safety regarding levels of dust during gunning and a requirement to reduce the loss of material through rebound, Shinagawa determined to develop a system that was simple and easy to use, required little maintenance and was in comparison to commercially available predamping units, able to be used without the requirement of extra labour on site. Additionally, in comparison to wet shotcreting methods, the system is easier and faster to set up and requires significantly less equipment to operate.



Fig. 2 Inline Preform Mixer Unit.



Fig. 3 Inline Preform Mixer attached to Pump Unit.

小型のIPミキサーユニットは、通常の全ての吹付けシステムに適応できるよう設計されている。Fig. 2 及び Fig. 3 に外観を示すように、IPミキサーユニットは、吹付け機のうしろの材料供給ホースの途中に接続され、吹付けノズルへ空気輸送される材料に少量で且つ正確な量の水分を添加するものである。

3. システム内での材料の挙動

このシステムの目的とするところは、流動している乾式材料中に、少量で定量の水分を添加し、粉体の初期の

2. The Shinagawa Inline Preform Mixer

The Shinagawa Inline Preform Mixer System was thus invented to meet all of these requirements. It is composed of a small tank holding the preforming water, a pump, pressure tank and pressure switch to ensure a consistent pressure of delivered water and a check valve to ensure no backflushing of water. This setup can be seen in Fig.1 below.

This system is connected to the Inline Preform



Fig. 4 Dust reduction due to Inline Preform Mixer.

濡れを促すことにある。IPミキサーユニットは吹付け機から最初のホース1本分のうしろに装入・接続される。この内部では、気体移送されている流動粉体が圧縮され、水分と微粉粒子とが凝集することを促進し、さらに凝集粒子同士が接着し合うことによってより大きな単位の粒子を形成し、小さな湿潤粒子体が造られる（ペレット化される）。

最終的に、粉塵の原因である微粉の大部分は、一部粗粒子を巻き込みながら小さい湿潤ペレット状態を形成しているので、ノズル部で発生する粉塵の減少が顕著である。さらに、リバウンドも大幅に減少する。また、様々な炉の状況やFig. 4のようにアンカーが使用される場合や下地の違い等に対応するため、ノズルマンによる最終水分調整は、通常の吹付け施工と同様に行うことが可能である。

4. 品質・施工特性

当初、材料供給ホースの途中で水分を添加することは、ホース詰まりを発生し、さらにホースの閉塞に伴う安全上の問題を懸念する向きもあったが、既に何百トンもの施工を行っており、現在までそのような状況は全く発生していない。

SIPMシステムを使用することで、粉塵やリバウンドが減少するという事は、ロスとして失われていた粒子が壁面施工体の中に取り込まれていることを意味しており、即ち、設計された状態に近い材料の施工体特性が得

Mixer via a water delivery hose to a nozzle inserted into a mixing chamber. The small mixing chamber is designed to be effective with all gunning systems. It connects to the feed hose after the gun and delivers a small but measured amount of water to the refractory mixture as it passes along the hose on its way to the nozzle, see Fig. 2 and 3 below.

3. Material Behaviour in the System

The aim of the process is to deliver a small and controlled amount of water to the passing refractory stream in order to initiate the wetting up of the product. The Inline Preform Mixer itself is positioned 1 hose length from the refractory gun. It compresses the passing material encouraging the moisture and fine particles to coagulate and begin to attach themselves to the larger aggregates forming small moist spheres (pelletising the product). This then both aids in the conveyancing of the material to the target area and adds a dwell time as the material travels from the inline preform mixer to the nozzle and target area.

The end result is significantly less dust generated at the nozzle as much of the fine (dust generating) particles have formed into small damp pellets in combination with the larger aggregates. Additionally, rebound has also been noticeably reduced. All this is completed whilst still allowing the nozzleman full control over final water demand at the nozzle to allow for variations in vessels, anchoring and substrates, see Fig. 4 below.

4. Properties

Concerns were initially raised that the addition of moisture directly into the feed hose would lead to blockages in the feed lines, causing safety issues. To date, with many hundreds of tonnes installed, no such issues have been observed.

It was theorised that the use of the Inline Preform Mixer would result in more consistent "as installed" properties as less dust and rebound lost would mean more of the product as designed would end up on the wall rather than as waste. It also meant that the nozzleman would have an easier time installing the material and thus be able to take more care

られると考えられる。さらに、ノズルマン（ノズル操作者）にとって吹付けそのものが容易になるため、施工体品質を維持するための配慮や注意ができるようになる。

上記の考え方を検証するために物性値の比較を行った。下記に示すTable 1 は、アルミニウム仮焼炉で、最近施工された標準的なボーキサイトベースの低セメント吹付け材SHIRAGUNの特性について、従来吹付け法によるものと、SIPMシステムを使用して吹付けた施工体の特性を比較したものである。

表から判るように、従来法での吹付けに比べSIPMシステムを使用することによって品質特性の明らかな向上が認められる。また、粉塵とリバウンドが明らかに減少することが多くのノズルマンによって指摘されており、粉塵・リバウンドの抑制は経験的にも確認されていた。

セメントキルンプレヒータータワーでは、SIPMシステムを用いて低セメントタイプの耐アルカリ性吹付け材が継続的に使用されている。密閉容器の中で上向きにパネル吹付けを行ない、全てのリバウンドを回収して重量を計測し、従来法での吹付けとSIPMシステムを用いた吹付けとで、発生するリバウンド量の違いを測定した。重量測定の結果、SIPMシステム使用の場合5%以上のリバウンド削減効果があることが判った。実炉において



Fig. 5 Gunning in the Rotary Kiln.

during installation.

Physical property comparisons were therefore made to check this theory. Utilising a standard Shinagawa SHIRAGUN bauxite based low cement gunning material used in alumina flash calciners the following properties resulted when installed with standard and alternatively using the Inline Preform Mixer system on a major recent installation. Results are shown in Table 1.

As can be seen, the use of the pre-forming process provided an increase in properties as compared to standard gunning. It was also empirically noted that there was a significant reduction in dust and rebound as noted by the different nozzle men.

On a different site, the system is currently used with an alkali resistant low cement gunning material used in a cement kiln preheater tower. In a closed container, panels were gunned overhead and all rebound collected, weighed and collated to determine difference in rebound levels between preformed system and standard SHIRAGUN low cement gunning. After weighing both standard and inline preformed systems, it was noted that there was a better than 5% decrease in rebound using the inline preform system. Over a job of many hundreds of tonnes, this results in significant savings to the client.

In a further example, Shinagawa was requested by a client to examine the feasibility of gunning a complete lime rotary kiln (L=60m) in order to reduce shutdown period and get the plant running within a period of time not possible utilising standard casting systems. A significant reduction in shutdown time was possible compared even to conventional gunning because the use of the inline

Table 1 Comparison of properties

	Datasheet	Site Std Gunning		Test Panels (19x) Preform System	
	Average	Average	Minimum	Average	Minimum
Bulk Density [kg/m ³]	2500	2540	2440	2525	2510
Modulus of Rupture [MPa]	16	16	11	19	16
Cold Crashing Strength [MPa]	110	98	70	126	101
Permanent Linear Change [%]	-0.1	-0.3	-0.6	-0.3	-0.3
Abrasive Index*	120	132	170	117	133

* - Abrasive Index by Morgan Marshal method,

一度に何百トンもの量が施工されることを考慮すると、非常に大きな材料・コストの節約になるといえる。

別の事例として、石灰ロータリーキルン（長さ60m）の耐火物ライニング巻き替え工事に関連して、プラントの停炉期間を短縮してキルンの稼働率を上げることを目的に、従来用いられていた流し込み施工では不可能な工事期間が設定された。吹付け施工の場合この期間内で実現可能かどうか実炉で試験して確認したい旨の客先要望があった。試験施工の結果、流し込み施工だけでなく従来法の吹付けと比較しても、SIPMシステムを用いた場合には粉塵が少ないために、吹付け中においても機械メンテナンスチームがキルン内で溶接などの作業を継続、同時進行が可能であり、著しい停炉期間の短縮が可能であることがわかった。この結果をもとに実機施行を行なったところ、施工人員・時間が大幅に削減され、予定工期より短い期間で、予算費用以内で巻き替えが可能となった。

5. 結 言

SIPMシステムは、現在乾式吹付け施工が使用されている用途であれば、そのまま適用することが可能である。SIPMシステムの採用により、粉塵とリバウンドの削減、およびそれに伴う施工体品質の向上、さらに作業環境面の改善が可能である。また、ショットクリート法と比較した場合、SIPMシステムでは使用法が容易で、装置のセットおよび施工終了後の洗浄・片付けが短時間で可能であり、且つ装置自体も非常にシンプルで安価である。

preform system allowed mechanical maintenance teams to continue welding in the kiln whilst the gunning was in operation. This saved many man-hours during the course of the installation and brought the job in under budgeted time and cost.

5. Conclusion

The Shinagawa Inline Preform Mixer system can be used in all applications where a dry gunning system is currently used. The system has been shown to provide both dust and rebound improvements leading to better material properties on the wall and OH&S benefits to installers. In comparison to shotcreting, the system is easier to use, faster to set up and clean and requires significantly less expensive equipment to operate. The Shinagawa Inline Preform Mixer concept is covered by global patent applications. For further information on this system, contact can be made with Shinagawa in Australia directly.