

現場技術報告

製鋼工場におけるスライドゲートプレート再生技術の開発

Development of Recycling Technology for Slide Gate Plate at Steel Making Plant

住友金属工業（株）鹿島製鉄所

布袋屋道則・三木 隆・小木曾勇三*

東芝セラミックス（株）セラミック事業部

川村 俊夫・伏見 哲郎・木島 正彦

1. 緒言

鹿島製鉄所製鋼工場では、耐火物コストおよび産業廃棄物排出量の低減を目的に、連続 casting 機タンディッシュ（以降 CC タンディッシュと称す）用および取鍋用スライドゲートプレート耐火物の再生使用技術の開発に取り組んできた。

従来、スライドゲートプレート（以降 SG プレートと称す）耐火物は、製鋼耐火物コストに占めるウェイトが大きいにも拘わらず、異常な損傷による溶鋼流量制御機能の欠如、あるいは漏鋼トラブル防止への過敏な配慮から孔径部を除いた大部分が健全な状態でも廃却を余儀なくされていた。そこで、健全な耐火物を有効活用するべく再生技術を開発し、実機適用したところ、新品と同等の耐用と製鋼耐火物コストの低減が図れたので、その再生技法と効果について報告する。

2. SG プレート再生技術の開発

2.1 開発経緯

Fig.1に示すCCタンディッシュ用および取鍋用SGプレートは、鋼種、鑄造速度、あるいはSGプレートの開閉頻度によって多少異なるが、概ね以下のような損傷をうける。

- ①溶鋼による急速加熱から発生する熱応力による亀裂
- ②溶鋼通過による孔径拡大
- ③流量調整のためのノズル径絞り操作時に発生する孔径エッジ部の欠けおよび溶損
- ④摺動面の溶損および摩耗による面荒れ
- ⑤亀裂から侵入する空気による酸化と酸化部位の摩耗

これらの損傷は、孔径部と孔径周辺部の摺動面に主として集中しており、その他の部分は健全な状態のため、従来より再生方法が検討されてきた^{1, 2)}。

2.2 再生方法検討事前調査

SGプレートの再生を行うのに先立ち、使用後品の受鋼による劣化状況を調査し、最適な再生方法を検討するため、耐火物の一般物理特性の測定を実施した。

Fig.2に使用後SGプレート的一般物理特性測定を行うためのサンプル採取位置を付番①～④にて示す。

Fig.3にFig.2に示した測定位置①～④について冷間圧縮強度（C.C.S.）および見掛け気孔率（A.P.）を測定した結果を示す。

プレート外周部（①および②）については、一般物性の劣化は見られない。しかし、ダボ部（③および④）では孔径部に近いため、受熱の影響および酸化等によ

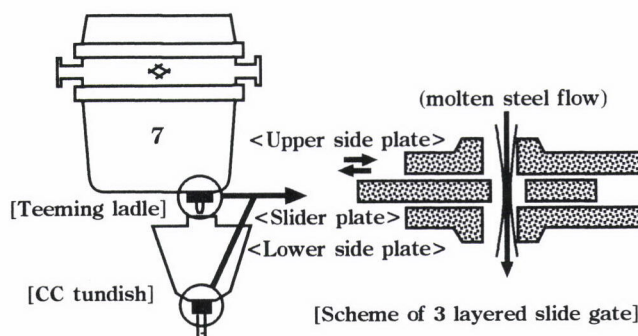


Fig.1. Schematic draw of slide gate plate used at CC tundish and ladle.

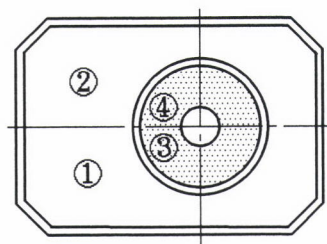


Fig.2. Sampling position on used SG plate for inspection of properties.

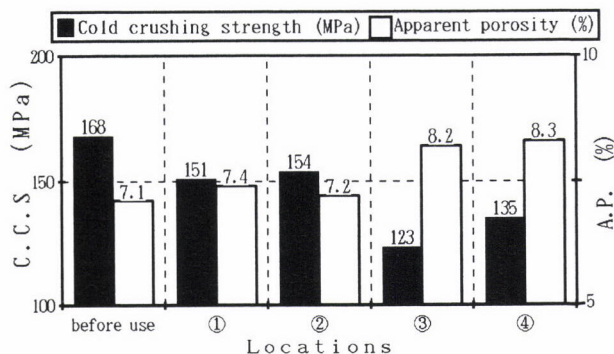


Fig.3. Results of inspected properties of used SG plate.

1996年3月27日受付 (Received on Mar.27,1996)

* Yuzo Ogiso (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries,Ltd., 3 Hikari Kashima City 314)

り強度劣化が見られる。このため、強度劣化のないプレート外周部を有効に再生使用し、孔径部周辺（ダボ部）の強度劣化を補う補修または再生方法を検討した。

2.3 連続鋳造機タンディッシュ用SGプレートの再生方法

開発コンセプトとしては、事前調査において一般物性の劣化が概ね見られなかったプレート外周部を有効に活用し、実機適用に際しては、新品プレートと同等の耐用を得るプレート再生方法の開発であった。

CCタンディッシュ用SGプレートについて、新品SGプレートと同等の耐用を得る再生方法をFig.4に示す。

2.3.1 上プレートの再生方法

上プレートは初期開孔の改善を図るため、貫通孔タイプ的气体吹き込みリング（ガスチャンネルリング以下GCリングと称する）を装着しており、再生に当たっては、このGCリングを丸ごと交換する方法を採用した。この場合のGCリングは単純なストレートタイプではなく、上部をフランジ形状にすることでプレート母材ダボ部の欠けを防止する構造とした。

回収した上プレートはGCリングを取り外し、摺動面の酸化あるいは摩耗による損傷部を取り除くため、GCリング下端外径をボーリング加工によって貫通させ、摺動面まで届く再生用GCリングを装着し、摺動面を平滑に仕上げた³⁾。さらにダボ部は鉄皮で拘束し、ガスリーク防止と再生率向上を図った。

2.3.2 下プレートの再生方法

タンディッシュ用SGプレートは開閉のストローク長さが取鍋用と比べて短く、プレート形状も小さい。このため、下プレートの再生は損傷した孔径部のみをボーリング加工によって除去し、その加工孔に単純な円筒形再生用リングをモルタルにより接着し、摺動面を研磨加工して平滑面を出した。

再生した下プレートは、新品のスライダプレートおよび再生品の上プレートと組み合わせて使用し、新品と同等の耐用が得られた。また、ダボ部の稼働中および再生のボーリング加工中の欠けを防止し、母材回収率を向上させるため、新品製造時からダボ部に鉄皮を付与し拘束した。

2.3.3 スライダプレートの再生方法

スライダプレートも下プレートと同様な方法で、単純な円筒状再生リングを装着して再生を試みた。しかし、下プレートに比べて摺動面の損傷範囲が閉ストローク方向に広いため、リング装着後もストローク部に補修材を埋め込まなければならない場合が多く、稼働中にもこの部分への地金侵入が問題となった。このため、閉ストローク部の損傷部位を除去するボーリング方法を採用し、その加工孔に孔径部を偏芯させた再生用ブロックを装着することでこの問題点を解決した。

Fig.5にタンディッシュ用再生品の使用前後の状況を、上プレートについて例示する。再生品の耐用および使用後の性

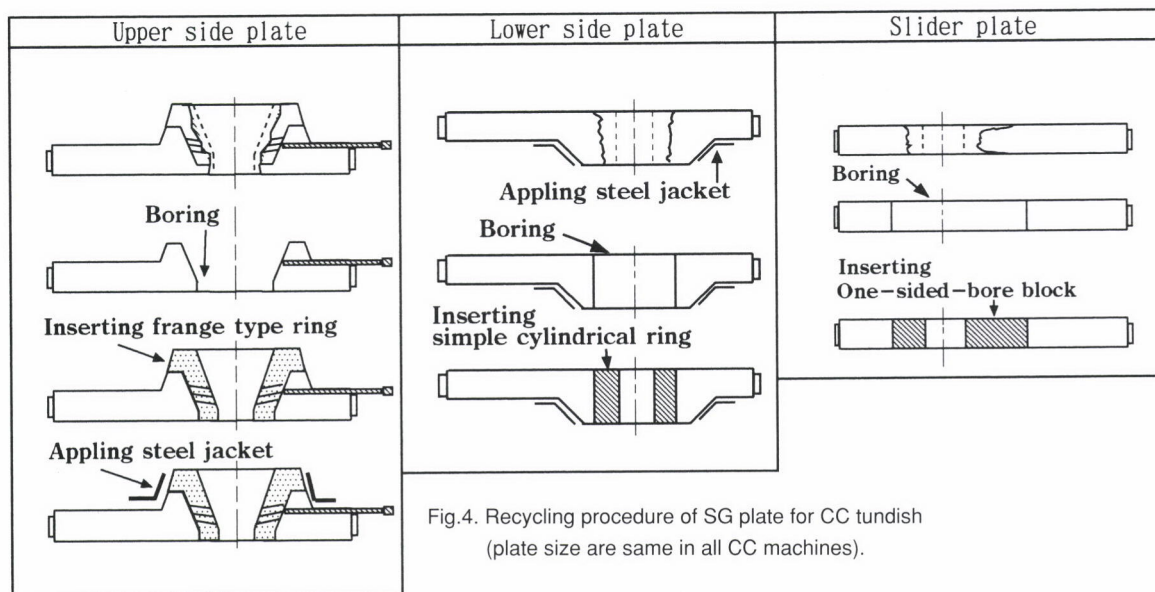


Fig.4. Recycling procedure of SG plate for CC tundish
(plate size are same in all CC machines).

状は、新品の場合と同等であり、実機使用に適合することを確認した。

2.4 タンディッシュ用再生SGプレートの操業法

現在、鹿島製鉄所製鋼工場ではSGプレートを、Table1に示す流れに沿って、回収・選別し、再生可能なものを再生加工し、各タンディッシュにおいて実機使用している。

鹿島製鉄所に設置している3基のCCマシンのSGプレートは、形状がすべて同じである。

従って、第2製鋼工場のNo.3CCタンディッシュ用スライダプレートは、第1製鋼工場のNo.1およびNo.2CCタンディッシュの使用後再生品から多数供給され、新品の使用はほとんど無い。

また、第1製鋼工場のNo.1CCおよびNo.2CCタンディッシュ用下プレートは、自機および一部をNo.3CCの使用後再生品より供給するため、新品の使用は大幅に削減できている。

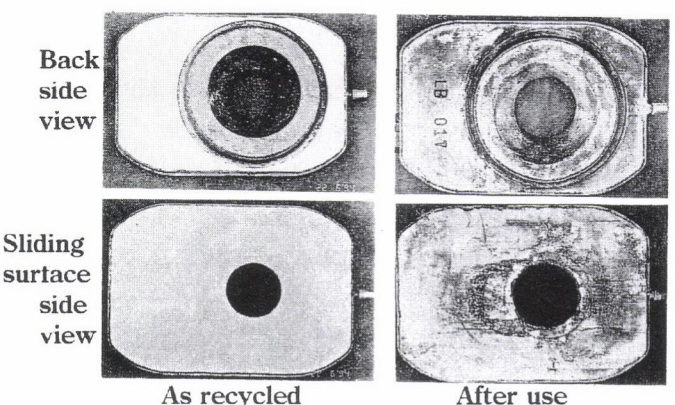


Fig.5. Photograph of recycled upper plate for CC tundish.

Table 1. Recycling flow of SG plate for CC tundish.

	No.1 steel making plant		No.2 steel making plant
	No.1 & No.2CC		No.3CC
Upper side plate	Collection & selection → Recycling & use		→ Recycling & use
Slider plate	Collection & selection → Recycling & use		→ Recycling & use
Lower side plate	Collection & selection → Recycling & use		← Collection & selection

2.5 取鍋用SGプレートの再生方法

取鍋用SGプレートの摺動面での損傷は、CCタンディッシュ用と比較して大きい。

従って、単純に円筒形の再生リングを装着するだけでは、健全な摺動面を得るためにかなりの損傷部を研磨除去する必要がある。

このことは、再生品のプレート厚みを確保出来ないのみでなく、摺動面の面精度悪化につながることになる。

このため、考案したのが、再生前の背面を再生後の摺動面として利用すると共に、再生リングの形状をダボ付とする方法である。Fig.6にその再生技法の概要を示す。

本方法を用いれば、損傷の殆ど無い背面を新摺動面として有効に活用できるため、取鍋用大型形状のSGプレートであっても新品と同等の耐用回数が得られる。

Fig.7に250ton取鍋で新品として9heats使用後、上記方法によって再生し、その後9heats使用したSGプレートの摺動面性状を示すが、新品との差は無く実機使用に適合することを確認した。

また、このリング式再生法は、コンピューターシミュレーションの計算結果より、適切な接合モルタルと接合厚みを設定することで熱応力緩和効果を与える⁴⁾。

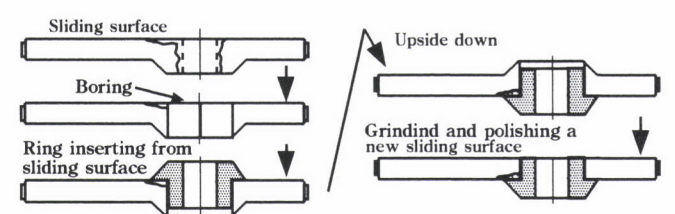


Fig.6. Recycling procedure of SG plate for teeming ladle.

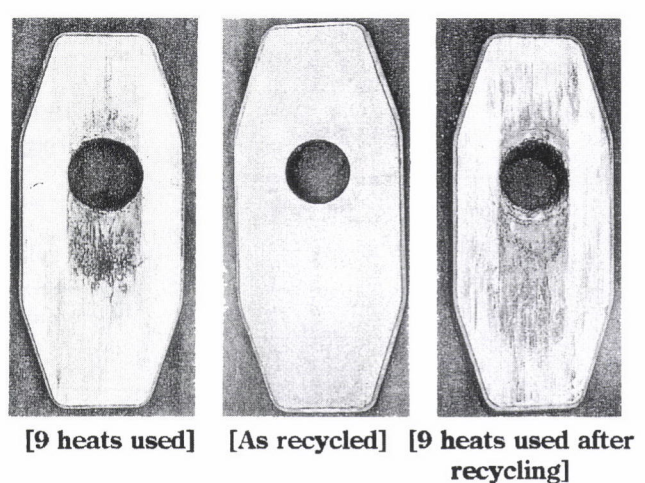


Fig.7. Photograph of recycled SG plate for ladle (appearance of sliding surfaces).

2.6 再生工場の設置

鹿島製鉄所では再生SGプレートの合理化効果をより高めるために、再生工場を製鉄所内に置き、輸送費の低

減および納期対応の迅速化を図っている。

Fig.8に鹿島製鉄所の製鋼ミルと再生工場配置を示す。再生工場は製鋼工場より約300mから1500mの位置に置かれ、SGプレートを効率よく輸送できる。再生工場には、再生作業に必要な耐火物切削工具、乾燥装置などを完備しており、再生プレートの供給バランスに応じて生産の調整が可能である。

このように、再生工場を製鉄所内に設けることによりJust in timeに必要な数の再生SGプレートを現場に供給できるようになった。

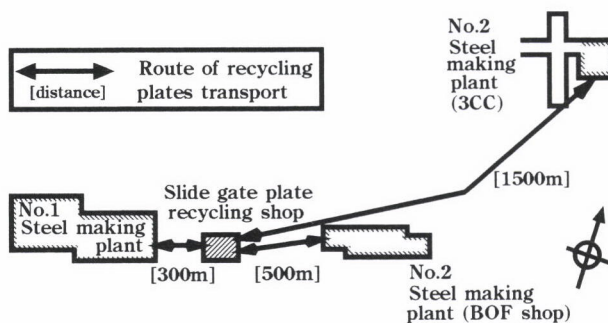


Fig.8. Location of SG plate recycling shop in Kashima Steel Works.

3. 再生SGプレート適用状況

以上説明した再生技術に基づき、鹿島製鉄所では再生SGプレートの実機適用を平成5年より本格的にオンライン化している。

Fig.9に最近の再生SGプレートの実機適用状況を示す。No.3CCタンディッシュのスライダープレートは、再生品の適用比率が概ね72%に達している。これはTable1に示したようにNo.1およびNo.2CCタンディッシュの使用後再生品の供給を受けるため、No.1およびNo.2CCタンディッシュの上プレートおよび取鍋下プレートについては自機の使用後品を再生使用するため、最大でもその再生比率は50%までとなる。

Fig.10には最近の再生SGプレート使用によるコスト低減効果を再生品の使用が無い場合と比較して示す。CCタンディッシュ用については13%の低減、また取鍋用についても10%の低減効果が図れた。

今後の課題は更に再生品の適用比率を向上するため母材の材質改善を推進することである。

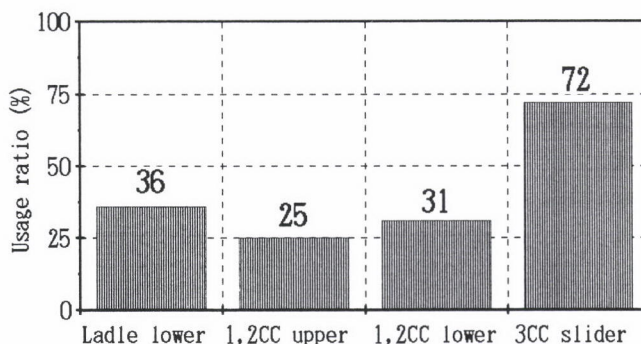


Fig.9. Results of recycled SG plate usage in Kashima Steel Works.

4. 結言

鹿島製鉄所製鋼工場では、耐火物コストの中で大きなウェイトを占めるSGプレートを再生使用する技術を開発し、実機オンライン化した。これにより、従来1サイクルの使用後で廃棄していたSGプレートを再生利用することが可能となり、耐火物コストの改善はもとより、産業廃棄物排出量の低減が可能となり、最近注目される耐火物資源の再利用化が可能となった。

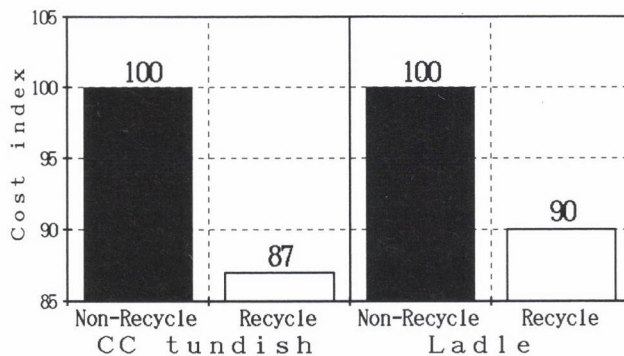


Fig.10. Results of cost reduction effect by the application of recycled SG plates.

文献

- 1) 住友金属工業, 東芝セラミックス: 特許登録番号; 1844319
- 2) 倉田浩輔, 磯村福義, 松井泰次郎, 今村晃, 友永勝春, 榊澄生: 耐火物, 41(1989), p.649
- 3) 住友金属工業, 東芝セラミックス: 特許登録番号; 1661418
- 4) A.Kuwabara, M.Hoteiya, T.Miki, Y.Ogiso, T.kawamura, T.Fushimi and T.Shimoda: Proceedings of Unified International Technical Conference on Refractories'95, Vol.2(1995), p.56-63