

ステンレス鋼用取鍋への不定形耐火物の適用

Application of Monolithic Refractories to Teeming Ladle for Stainless Steel

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 今飯田泰夫*・西川 廣・金谷利雄

1. 緒言

鉄鋼業における耐火物部門の中長期の課題として、1)耐火物の有効使用率の向上、2)作業労働負荷の軽減、3)専門技能労働者(築炉工)の要員確保の先行き不安、等が挙げられ、これらの対策の一環として、各所の窯炉への不定形耐火物の適用拡大が行われている。

特に、溶鋼取鍋用耐火物の分野においては、各所でアルミナ系流し込み材の適用がなされ、ほぼ、その評価も定着しつつある。ステンレス鋼を主体とした溶製を行っている当千葉製鉄所第一製鋼工場の取鍋においても、側壁へのアルミナ・スピネル流し込み材の試用を行ったところ好結果を得たので、現在では工程使用に至っている。

今回、更に敷部へのアルミナ・スピネル流し込み材の適用を行い、また、不定形耐火物の利点である継ぎ足し施工を可能としたので、その概要を報告する。

2. 敷部への不定形耐火物の適用

2-1 適用材質の検討

Fig. 1に、アルミナ・スピネル流し込み材において、スピネル配合量を変化させた場合のステンレス鋼スラグを用いた侵食テスト結果を示す。

ここで、スピネル粒は配合量30%までは微粉域(1mm未満)に配合したが、配合量30%以上では粗粒域(1mm以上)でスピネル粒を使用した。この結果から次のことが判る。

- 1)スピネル粒を微粉で配合すれば、スラグ浸潤抑制効果がある。
- 2)スピネル粒を骨材で配合すれば、耐食性向上効果がある。

これらのことから実鍋の側壁において、スピネル配合粒度を変えたアルミナ・スピネル流し込み材を使用したところ、スピネル粒を微粉部に20%配合した(すなわち、耐スラグ浸潤性を重視した)材料が従来のアルミナ・カーボンレンガ²⁾に比べて、約30%の耐用性向上効果を示し、工程使用に至った。¹⁾

敷部においては、アルミナ・カーボンレンガの適用を行い、工程化した経緯¹⁾があり、不定形耐火物の適用を検討するにあたり、スピネル粒を20%微粉部に配したアルミナ・スピネル流し込み材が耐食性、耐スラグ性の点において適用可能と推察される。

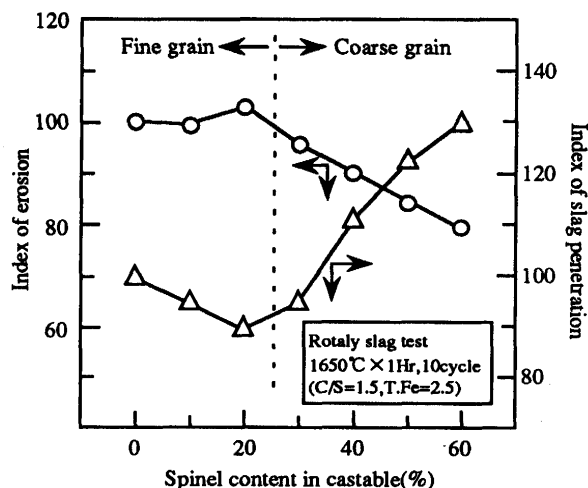


Fig.1 Result of erosion test for alumina-spinel castable.

2-2 取鍋ライニング仕様

Table 1 に、取鍋内張りに使用した耐火物の品質を示した。当所第一製鋼工場取鍋において、従来、工程的には、スラグライン部にマグネシア・カーボンれんが（A）、側壁部にアルミナ・スピネル流し込み材（B）、敷部にアルミナ・カーボンれんが（C）を採用していた。

今回、敷部においてテストに供したのは、側壁部と同材質のアルミナ・スピネル流し込み材（B）である。敷部のライニング厚みは、工程鍋と同じ 230 mm とし全面流し込み施工を行った。

2-3 実鍋使用結果

Fig. 2 に、敷部で最も損耗の激しい湯当り部での損耗速度の比較を示す。アルミナ・スピネル流し込み材（B）はれんが（C）同等な損耗速度を示し、寿命も同等であった。

稼動中の観察においても、亀裂、剥離等は認められず、微粉部へのスピネル粒の配合効果が認められたものと推察する。また、敷修理時において、れんがの際に認められたような目地部からの内張り～永久張間への地金差しがなく、修理範囲が縮少できる効果を得た。

3. 継ぎ足し施工

3-1 継ぎ足し施工方法の検討

不定形耐火物の最大の利点として、継ぎ足し施工を行うことにより耐火物の有効利用が図れることが挙げられる。取鍋において側壁、敷部の不定形化を実現したことにより、継ぎ足し施工実施の可能性を検討した。

従来、継ぎ足し施工としては、旧材～新材間の接着性を重要視することから、スラグ浸潤による変質層を除去する方法が行われていた³⁾が、今回、極力作業コストおよび材料コストを削減するため、スラグ浸潤層を除去せずにダイレクトに新材を施工する方法を検討した。

実鍋で使用した流し込み材を回収し切り出したピースに、スラグ浸潤層を介して新材を鑄込み、所定温度に焼成した後、サンプルの接着強度を測定した。その結果をFig. 3 に示す。旧材と新材間はある程度強固に接着していることが判る。このことは、旧材に浸潤したスラグ成

Table 1 Properties of refractories for ladle.

		A	B	C
		MgO-C	Castable	Al ₂ O ₃ -C
Application		Slag-line	Wall and Bottom	
Chemical composition (%)	SiO ₂	1	0.1	8
	Al ₂ O ₃	—	93	75
	MgO	76	6	5
	F.C.	15	—	3
Apparent porosity(%)		2.5	13.3	7.5
Bulk density		2.93	2.98	3.05
Crushing strength(MPa)		64	23	78

*Data of castable prepared by 110℃×24Hr

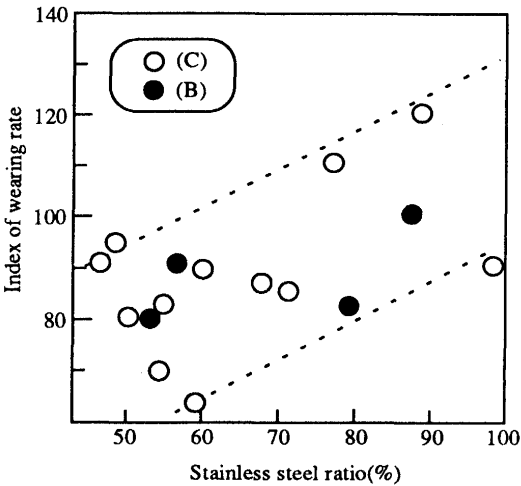


Fig.2 Relation between stainless steel ratio and wear of bottom in ladle.

分(CaO, SiO₂等)が加熱により新材へ拡散することにより強度が発現したものと推察され、実鍋においてさらに受熱量が大きくなることを加味すれば、スラグ浸潤層を除去しない継ぎ足し施工方法は成立すると考えられる。

3-2 継ぎ足し施工実施結果

Fig. 4に継ぎ足し施工のフロー図を示す。すなわち、以下の手順で実施する。

- (1)修理落ちとなった取鍋を冷却後スラグライン部を解体する。
- (2)敷部では、湯当り部損耗部位の表層付着地金を除去した後、新材を流し込む。
- (3)壁部については、敷部流し込み材の硬化後、中子をセットし、新材を流し込む。
- (4)中子脱枠後、スラグライン部のれんが施工を行う。

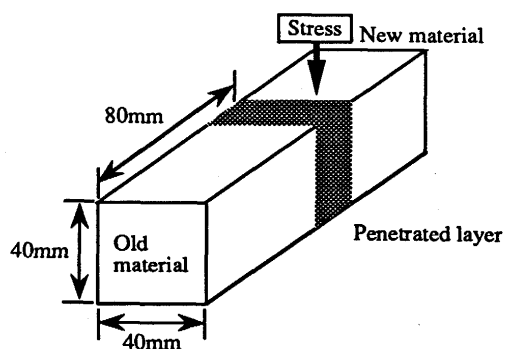
稼動中および小修理時の観察では、敷部は継ぎ足し後も湯当り部を中心とした損傷形態をとっており、稼動途中での継ぎ足し部の浮上等は生じなかった。側壁部においては、稼動中部分的な剥離による旧材の露出は認められるものの、軽微であった。

Fig. 5に側壁部での継ぎ足し施工前後の損耗速度の比較を示す。継ぎ足し後においても損耗速度はほとんど変化しておらず、寿命もほぼ同等であった。

3-3 継ぎ足し材の接着機構に関する調査

Fig. 6に側壁部より採取した継ぎ足し部境界を含んだ箇所の切断写真を示す。この写真より次のことが判る。

- (1)継ぎ足し境界部は一部空隙部もあるが、多孔組織を示す溶着層を介し、接着する。
- (2)新材層は、背面からの変質が認めらる。
- (3)旧材層の組織は健全であり、熱履歴による劣化は少ない。



	Adhesive strength (MN/m ²)
1500℃×3Hr, 1Cycle	1.8
1500℃×3Hr, 1Cycle	2.0
1500℃×3Hr, 1Cycle	2.1

Fig.3 Result of adhesive strength test.

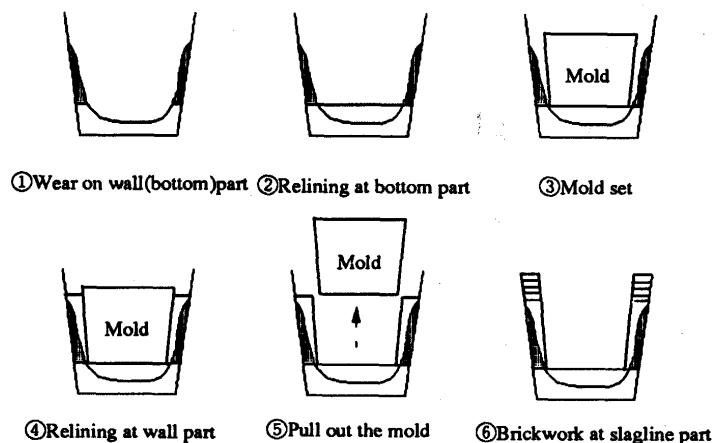


Fig.4 Method of relining.

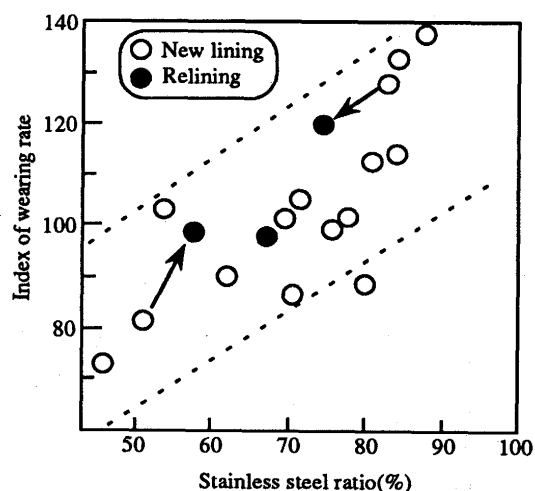


Fig.5 Relation between stainless steel ratio and wear of wall in ladle.

Table 2 に同サンプルの各層別の X 線回折による同定鉱物の調査結果を示す。溶着層は、スピネル、コランダム以外にゲーレンナイト($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$)アノーサイト($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)が認められ、これらの低融点化合物は、新材層背面および旧材変質層にも認められた。以上のことから、旧材表層の低融点化合物が受熱により溶融してその溶融物が新材側へも浸潤し、新材、旧材双方のマトリックス部を溶着すると推察される。したがって、継ぎ足し後の使用において、剥離は軽微でありほぼ同等の寿命を示したと考えられる。

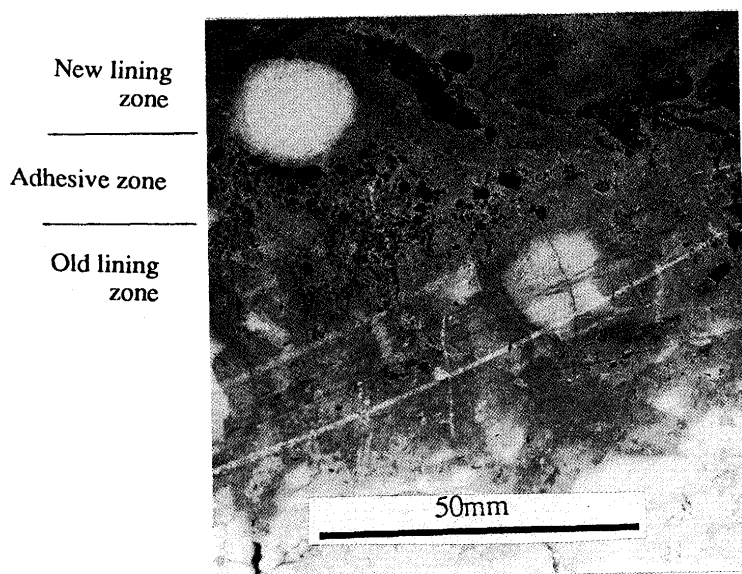


Fig.6 Cutting section of Alumina-spinel castable after use.

Table 2 Analysis results of X-ray diffraction.

Distance of hot face	Mineral	Corundum Al_2O_3	Spinel MgAl_2O_4	Gehlenite $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$	Anorthite $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
0~20mm	New-lining zone	+	+	●	tr
20~40mm	Adhesive zone	●	+	●	tr
40~60mm	Old lining zone	+	+	tr	tr
60~90mm		+++	++	—	—

+++>++>+>●>tr

4. 結言

千葉製鉄所第一製鋼工場取鍋において、側壁、敷部へアルミナ・スピネル流し込み材を適用し、さらに変質層を除去しない継ぎ足し施工を実施した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 微粉部にスピネル粒を20%配合したアルミナ・スピネル流し込み材を敷部へ使用することにより、亀裂、剥離損傷もなく安定した耐用を示した。
- (2) 変質層を除去しない継ぎ足し施工において、旧材表層の付着スラグが受熱により溶融し新材層に浸潤することにより、旧材～新材間の接着を強固なものとするため、継ぎ足し後の耐火物の損耗に影響を及ぼさない。

<参考文献>

- 1) 今飯田ら；材料とプロセス, 4, P1227(1991)
- 2) 今飯田ら；材料とプロセス, 2, P129 (1989)
- 3) 桑山ら；鉄と鋼, 4, P173 (1987)