

熱延加熱炉オールセラミックファイバー化

Application of Ceramic Fiber to the Reheating Furnace for Hot Strip Mill

住友金属工業(株)和歌山製鉄所 谷口真一郎・北村 務*・堂裏晃司
 設備技術センター 木村 武
 住金石英(株) 小野富昭

1. 緒言

和歌山製鉄所熱延工場では、薄板部門の設備リフレッシュの一環として、昭和63年9月に1号加熱炉を、平成4年2月に2号加熱炉を建設した。建設に際し、省エネルギーおよび高温と低温加熱の瞬時対応のために低熱慣性炉を実現する必要があった。本炉には、従来、熱延加熱炉のような高温炉では使用困難とされていたライニングのオールセラミックファイバー化の検討を行い、炉壁、スキッドパイプおよび均熱帯天井バーナタイルにセラミックファイバー(以下C/Fと記す)を全面採用した。1号炉立ち上げ後、5年を経過したが大きな損傷も無く、順調に稼働中である。この概要について報告する。

2. 新加熱炉の概要

Table.1に熱延加熱炉の主仕様、Fig.1に1号加熱炉の断面図を示す。C/Fは天井、側壁、スキッドパイプおよび均熱帯天井バーナに採用した。炉床および下部バーナ壁はスケール侵食、機械的損傷等を考慮し、従来の不定形耐火物を使用した。

Table.1 Specification of the reheating furnace

Item	Specification
Type	8(No2:6)Zone Walking Beam type furnace
Size of furnace	Effective length: 55(No.2:31)■ Width : 12.7■
Heating capacity	450(No2:225)T/H(20~1170°C)
Fuel	Coke Oven Gas (4600kcal/Nm ³)

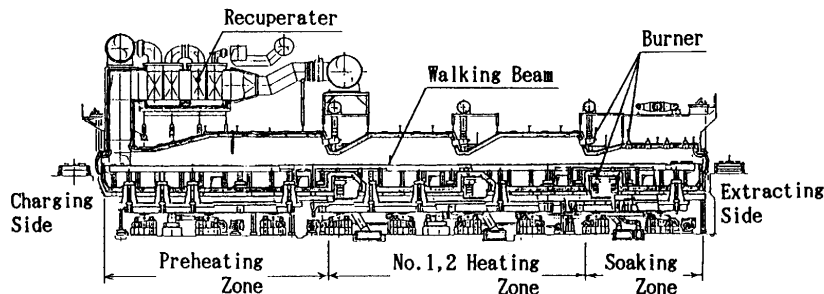


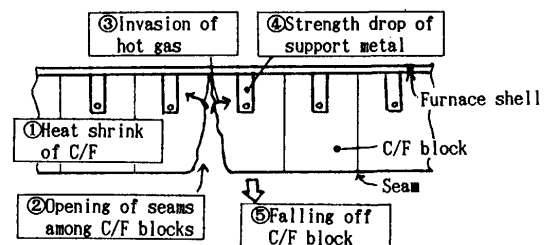
Fig.1 Schematic cross section of the reheating furnace

3. オールセラミックファイバー化炉への経緯

3.1 加熱炉C/F化の問題点²⁾

Fig.2に高温雰囲気炉でのC/F炉壁の損傷機構の代表例を示す。炉内の高温に曝されることによりC/Fが収縮し、目地が開いて、高温のガスが鉄皮側まで侵入し、C/Fを支える冶具の強度を低下させ、脱落に至るものと推察される。

特に炉温の高い熱延加熱炉ではこの現象が顕著に現れ、オールC/F適用が困難とされていた。

Fig.2 Damage mechanism of ceramic fiber lining²⁾

3.2 C/F材質の選定

Table.2に代表的なC/Fの特性を示す。高温用としては、結晶質のアルミナファイバーと従来の非晶質C/FにCr₂O₃を添加したものがあがるが、高温での収縮がアルミナファイバー並で安価なCr₂O₃添加品を主に採用した。

3.3 C/F施工方法

3.3.1 炉壁への施工方法

C/Fの炉壁への取り付けは、ブランク状のC/Fを重ねてFig.3に示したように炉壁の厚み方向に繊維の長さ面がくるようにブロック状としたものを、ステンパイプとヨーク金物により鉄皮面にC/Fを圧縮しながらボルトを溶接し、ナットにより締めつける方法を採用した。C/Fの圧縮施工は繊維に対し垂直方向には可能であるが、繊維方向には圧縮が困難なことから、Fig.4に示すごとく、繊維方向にも圧縮施工が可能ないようにパッチング部を設け、炉内側パッチングに高温で圧縮復元性の高いアルミナファイバーを、低温側にはCr₂O₃添加品を使用した。

また、長期の使用にはブロックのみの場合、ブロック全体の取替が必要となるが、300mm厚みのブロックに50mmのC/Fを接着施工（以後パッチングと記す。）することにより、補修を表層の張り替えのみで可能とした。

Table.2 Properties of the ceramic fiber used for the lining of the reheating furnace

Properties	Kind	Alumina silicate fiber		Alumina fiber
	Chemical composition (%)	Al ₂ O ₃	55	41
SiO ₂		44	57	27
Fe ₂ O ₃		0.02	0.03	0.03
Cr ₂ O ₃		—	2.1	—
Max. service temperature(°C)		1400	1500	1600
Bulk density(g/cm ³)		0.16	0.16	0.13
Thermal conductivity (kcal/m·hr·°C)	800°C	0.162	0.168	0.146
	1000°C	0.244	0.258	0.269
Shrinkage (%) at 1300°C	500hr	4.6	0.7	0.9
	1000hr	6.3	1.1	0.9
	3000hr	6.6	1.3	0.9
Mineral component		Amorphous		Mullite

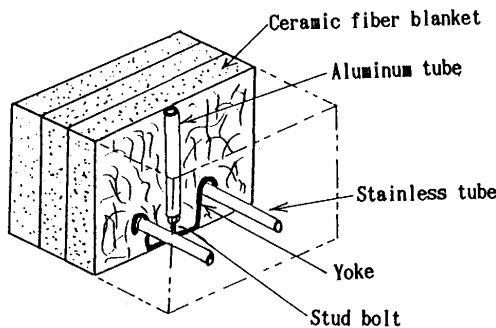


Fig.3 Profile ceramic fiber block

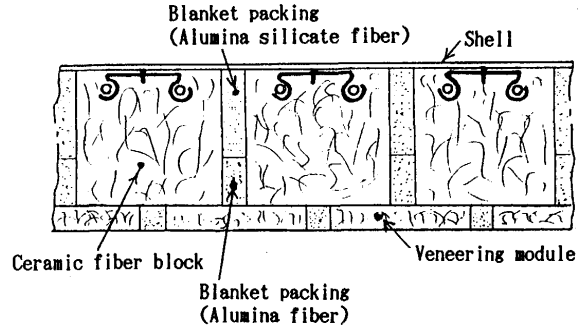


Fig.4 Installation method of the furnace

3.3.2 スキッドパイプへの施工¹⁾

スキッドパイプへの施工は、Fig.5に示すように、パイプ形状に合わせた形状のC/Fをピンで串刺し状に固定し、上部はC/F質のパッチング材で施工して上面を対スケール性の耐火シートで被覆した。

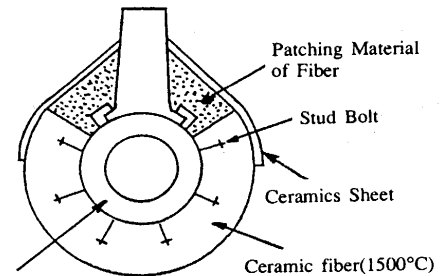


Fig.5 Installation method of the skid pipe¹⁾

3.3.3 均熱帯天井バーナタイルへのC/F適用

Table.3には、均熱帯天井バーナのタイルにキャスト耐火物とC/Fを用いた場合の熱容量比較を示す。タイルの炉壁面への面積比率はわずか7%程度であるが、熱容量は、キャスト耐火物を使用した場合、C/Fに対し2.1倍となり、均熱帯の熱応答性を良くするためには、バーナタイルを是非ともC/F化する必要があった。Fig.6には天井バーナのタイル部の温度分布実績を示す。最高温度は1350°Cであり、アルミナファイバーでC/F化が可能

と判断した。また、流速の速いタイル内部には、C/Fの剝離を防ぐために、ステンスパイを使用した。

Table.3 comparison of the heat capacity by material of roof burner tile

		Castable tile	Fiber tile
Area (m ²)	Castable	7.3	—
	Fiber	90.3	97.5
Heat capacity		2.1	1.0

4. 熱延加熱炉での適用結果

4.1 C/F経時変化

実炉使用4.5年後にサンプルを採取しC/Fの状況を調査した。ベンディング部は初期施工厚み50mmに対し、一部が35~40mmまで収縮し、弾力性が乏しくなっており劣化の傾向が見られた。これに対し、背面のブロック部は弾力性があり、健全であった。

Fig.7には厚み方向の成分分析結果を示す。表層部はSiO₂が減少

気味で、Na₂O, Fe₂O₃の侵入も見られ、Cr₂O₃の減少が顕著で劣化の傾向が見られるが、ブロック部の成分はほとんど変化は無く健全であった。Fig.8にはミクロ組織を示す。ベンディング部は結晶粒の成長が認められるが、背面のブロック部には結晶粒はほとんど認められない。また、ベンディング部の結晶粒径の経時変化をFig.9に示す。ベンディング部の粒径は時間と共に大きくなるが、寿命と考えられる4000Åになるのは6年程度と推察される。一方、背面ブロックは結晶粒の成長が見られないことから半永久的に使用が可能と判断できる。

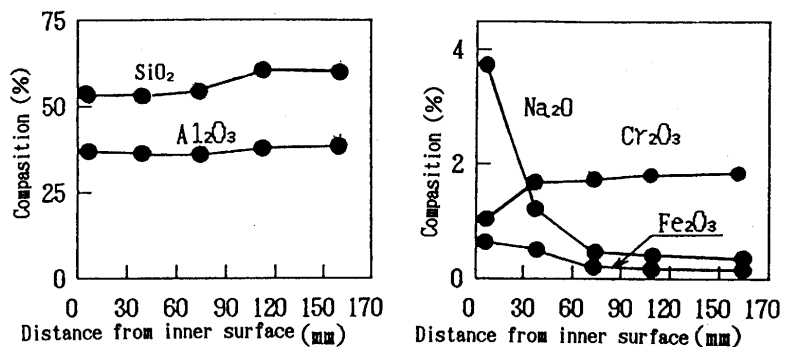
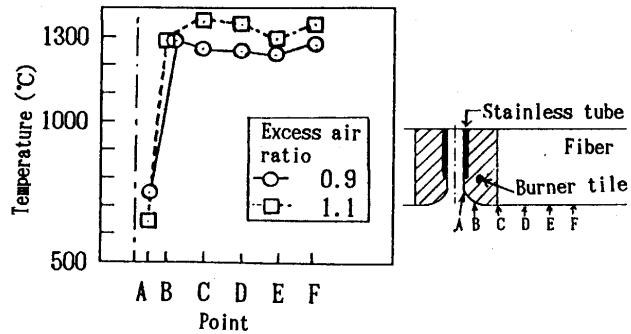


Fig.7 variation of the chemical component

Fig.8 Surface temperature of the roof burner tile



Surface of the vennring module Surface of the C/F block

Fig. 8 Microphotograph of fiber after used for 4.5 years(x5000:No.2 Heating zone)

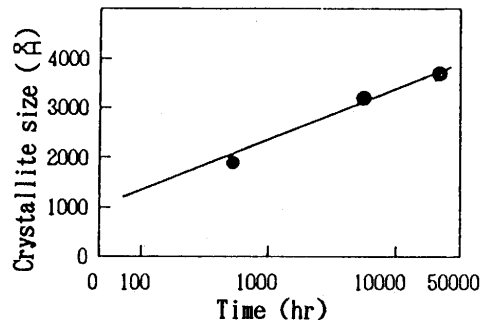


Fig.9 Change of Crystallite size with operation time

4.2 オールC/Fの効果

4.2.1 断熱効果

Table.4には鉄皮温度の設計と実績値を示す。最近、鉄皮温度が少し上昇気味であるが、期待通りの断熱効果が得られている。

Table.4 Temperature of shell (No.2 Heating zone :FurnaceTemperature =1280°C)

Position	Plan	Result		
		Apr.'89	Jul.'92	
Roof	Shell	72°C	74°C	89°C
	Atmosphere	20°C	21°C	33°C
Wall	Shell	79°C	88°C	104°C
	Atmosphere	20°C	31°C	35°C

4.2.2 熱慣性効果²⁾

Fig.10には加熱帯炉長11mの内、5mを空炉で昇降温を行った時のファクト例を示す。100℃の昇温が8分、降温が5分の短時間でできることが確認された。また、Fig.11には均熱帯の冷却曲線を示す。従来の耐火物炉は100℃迄の降温に48時間程度かかっていたが、約7時間で可能となった。

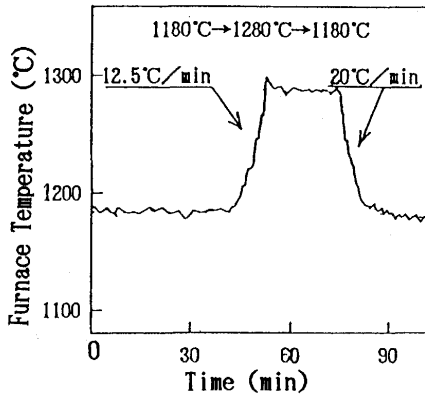
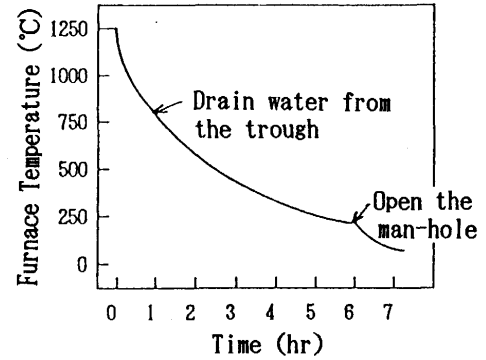
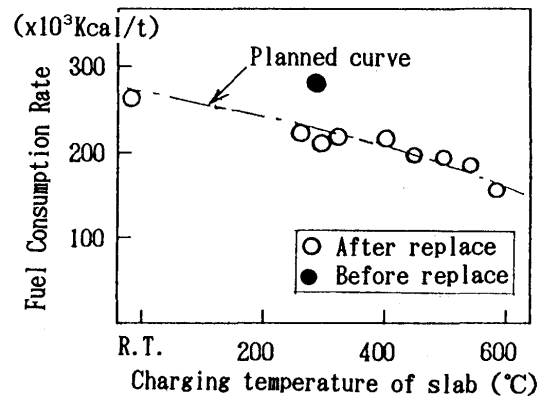
Fig.10 Temperature change in the No.2 heating zone²⁾Fig.11 Cooling curve in the soaking zone²⁾4.2.3 燃料原単位実績³⁾

Fig.12には装入温度と原単位実績を示す。オールC/Fの効果も発揮でき、燃料原単位も計画値を満足できている。

5. 結言

当初、高温で使用が困難とされていた熱延加熱炉の炉体をオールセラミックファイバー化し、現在5年を経過したが、大きな損傷も無く、優れた省エネルギー効果と低熱慣性を発揮しながら、順調に稼働中である。今後はベニアリング部の補修方法の確立をはかると共に、他炉への適用を進めていく。

Fig.12 Result of fuel consumption rate³⁾

<参考文献>

- 1) 坪田元康、北村務、堂裏晃司、谷口真一郎、木村武、早瀬雅博、日原文明、草加操
：CANP-ISISJ Vol.2(1989)-1578
- 2) 永幡勉、谷口真一郎、北村務、堂裏晃司、早瀬雅博、日原文明、草加操
：耐火物 42 [12] (1990), P728
- 3) 木村武、沼尻智、谷口真一郎、北村務、小野富昭：鉄と鋼, VOL.78(1992), P165