

樋メタルライン用キャストブルの劣化に及ぼす使用条件の影響

Effect of Operating Conditions on Blast Furnace Trough ML Castable Deterioration

安 尾 幸 祐^{*1}
Kosuke YASUO

北 村 匡 譜^{*2}
Masatsugu KITAMURA

飯 田 貴 志^{*3}
Takashi IIDA

Abstract

We investigated the change in the characteristics of metal line castable for the blast furnace main trough by two methods. One was the analysis of samples which were used for a long term in actual furnaces, and the other was the analysis of samples after long heating times or multicycle heatings in the laboratory in order to better understand how metal line castable deteriorate in long term use and which factors had an influence on the deterioration of those castable.

The results showed that the SiC content in used castable decreased as the period of use became longer and heating-cooling cycle became more frequent. This tendency was especially true in castable containing spinel. The change in chemical composition observed in used castable was also observed in a castable sample after 15 cycles of heating at 1500°C for 3 hours and cooling in a laboratory test. In this test, the modulus of rupture decreased and the apparent porosity increased, but the corrosion resistance did not change.

1. 緒言

高炉主樋用のウェア材としてアルミナ、スピネル、炭化ケイ素、カーボンを主原料としたキャストブルが広く適用されており、継ぎ足し施工によって運用されるのが一般的である。この場合、ウェア材の背面側の材料はイニシャル施工と呼ばれるウェア材の全面的な更新時まで少なくとも1年間は残存し、その間に特性変化を生じて本来の性能を発揮できなくなる問題、すなわち材料劣化の問題があることが経験的にわかっている。しかしながら、使用条件と劣化の関連性や、劣化がどのような材料特性の低下であるかについては必ずしも明確でない。

日本国内の大半の主樋では損傷要因の違いに對

1. Introduction

The castable mainly composed of alumina, spinel, silicon carbide and carbon are widely used for the wear lining of the blast furnace main trough. The wear lining is generally maintained by continuous partial casting repairs. Therefore the castable on the back side remains 1 year or longer until the next whole repair called initial installation. It is known, on an empirical basis, that the characteristics of a castable change due to long use, which often causes deterioration of the performance of castable. However, the relation between the changes in properties of castable, use conditions, and what change of

*¹ 技術研究所 第2研究グループ Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

*² 技術研究所 第2研究グループ チームリーダー Team Manager, Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

*³ 技術研究所 第2研究グループ 主任研究員 Managing Research Engineer, Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

応して上層部にはSiC-Al₂O₃-C質のスラグライン(SL)材、下層部および敷にはAl₂O₃-spinel-SiC-C質のメタルライン(ML)材を用いる二層施工が行われている。この内ML材は長期にわたり残存する部分が多く、また、材料の欠陥が漏銑などのトラブルに直結しやすいことから、劣化を起こしにくく長期間にわたり安定した性能を維持できることが重要である。

今回、ML材の長期使用時の特性変化について、実炉使用後試料の解析とラボにおける再現試験の二通りの方法により調査し、劣化の生じる要因および劣化の内容について検討したので、以下に報告する。

2. 実炉使用後試料の解析結果

操業条件が異なるいくつかの高炉主樋からランダムに使用後のML材を回収し、解析を行った。Fig. 1はその一例であり、約8万t通銑後の試料について稼働面からの距離と化学組成の関係を示したものである。初期の化学組成と比較してSiCが減少し、C、SiO₂が増加する傾向が認められ、この傾向は全てのML材使用後試料において共通していた。組成変化は稼働面側で特に顕著であるが背面側においても変化量は小さいものの同様の変化を示しており、次式のような材料と雰囲気間の反応が進行していると考えられる。

properties causes deterioration of performance is not necessarily clear.

Main trough wear castable are generally composed of SiC-Al₂O₃-C castable for the slag line (SL) and Al₂O₃-Spinel-SiC-C castable for the metal line (ML) in response to the differences of the damage factors in Japanese iron works. Because castable in certain places, especially in the ML, often remain for a long term and castable in the ML easily cause troubles such as leaking of molten iron, castable for the ML are required to maintain stable properties and performance for a long term.

Based on the above factors, in this report, we investigate the change in the characteristics of castable used for a long term by two methods, one of which is the analysis of castable actually used in the main trough, the other is the analysis of samples after long or many cycles of firing in the laboratory in order to allow a clear understanding of the factors and substance of deterioration of ML castable in use.

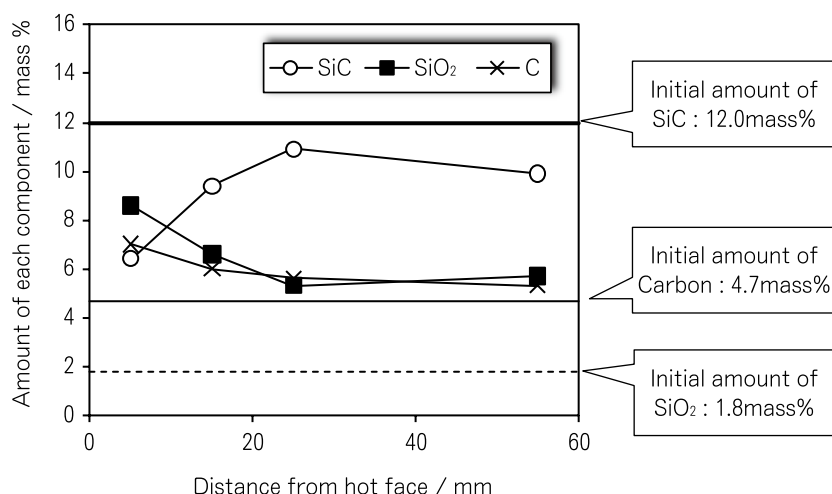


Fig. 1 Chemical composition of ML castable in which 80,000 tons of pig iron passed through.

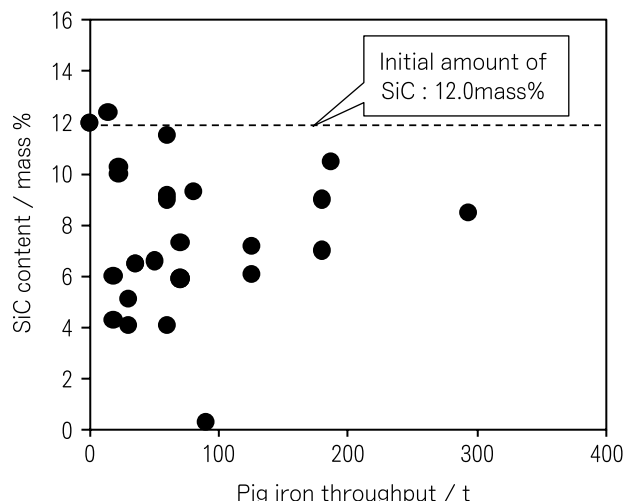
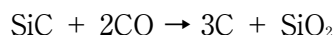


Fig. 2 Variation of residual amount of SiC in ML castable as a function of pig iron throughput.



SiCは耐スラグ性や耐スポーリング性を付与するために必要な成分であり、含有量が減少することで、本来の性能が発揮できなくなる可能性が考えられる。またCやSiO₂量も材料の特性に少なからず影響を与えると考えられる。ここではSiCの減少に着目して、使用期間および冷却頻度の影響について解析を行った。

2. 1 使用期間の影響

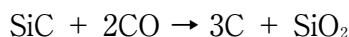
Fig. 2に実炉使用後試料の通鉄量で表した使用期間とSiC含有量の関係を示す。使用後試料のSiC量は初期の含有量より減少しているのは明らかであるが、ばらつきが非常に大きく、使用期間との相関は不明確である。

Fig. 2と同じデータについて、スピネルを含有した材質と含有しない材質に分けてプロットしたものがFig. 3である。この図から、スピネルの有無により層別した場合、それぞれにおいて使用期間が長くなるほどSiC減少量が増加する相関性が見て取れる。またスピネルを含有した材料におけるSiCの減少速度はスピネルを含有しない材料に比べて数倍大きい。

EPMAによって測定した実炉使用前後のスピネル含有材料のMg分布をFig. 4に示す。この材料では微粉領域にスピネルを適用していないため、

2. Analysis Results of Used Castable in Actual Furnace

We collected used ML castable samples at random from some blast furnace main troughs in which the operating conditions were different, and analyzed the chemical compositions. Fig. 1 is an example of the results and shows the relation between chemical composition and the distance from the hot face of ML castable after 80,000 tons of pig iron passed through. This figure shows a tendency that the amount of SiC decreased while the amount of SiO₂ and carbon increased compared with the initial chemical composition. This tendency was common in all samples we examined. The change in chemical composition was larger near the hot face, but the same change, though it was small, also occurred near the back side. This change in chemical composition can be explained by the following reaction between castable and atmosphere.



SiC is an important component which gives castable slag corrosion resistance and spalling resistance. Therefore, there is a possibility that the castable cannot retain original performance when the amount of SiC decreased. So, we examined the influence of in-service period and frequency of cooling on the decrease in SiC.

2. 1 Influence of use term

Fig. 2 shows the relation between SiC content of used metal line castable and total amount of pig iron throughput. It is obvious that the amount of SiC in the used castable was less than the initial amount. But the correlation between the in-service period and decrease in SiC was not clear.

Fig. 3 shows the relation between SiC content and total amount of pig iron throughput separately according to the type of material. It

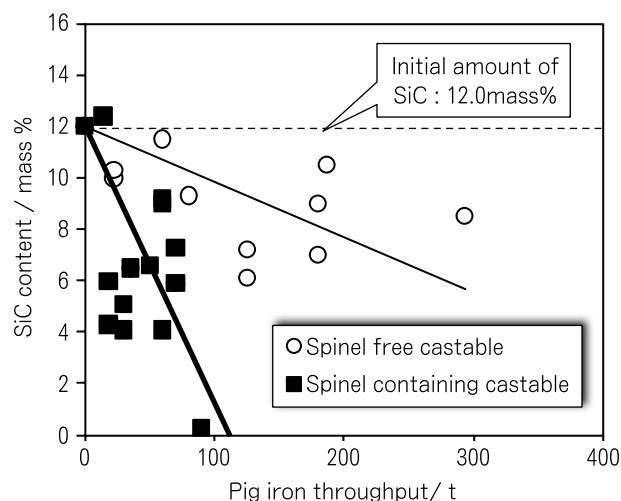


Fig. 3 Influence of spinel on residual amount of SiC in ML castable as a function of pig iron throughput.

使用前のMg分布はスピネル粒子内に留まっているが、使用後はMgがマトリックス部分に拡散しており、一方でスピネル粒子内のMg濃度は低下しているのが確認できる。これらの結果は、ML材におけるSiC酸化がスピネル中のMgOの拡散によって促進される可能性を指摘した過去の報告¹⁾と一致するものであった。

2. 2 補修サイクルの影響

現在、主樋は貯銑タイプが主流であり、樋稼働時は常に高温状態にあるが、樋の補修時には残銑が抜かれ樋は冷却される。したがって、解体されずに残存する部分は加熱冷却の影響を繰り返し受けており、同じ期間使用された場合でも補修サイクルが短い場合は加熱冷却の影響が大きいと考え

became clear that there is a correlation between the use term and the decreasing amount of SiC when these plots were separated. As for the castable containing spinel, the SiC content decreased readily compared with the spinel-free castable.

Fig. 4 shows the distribution of Mg in a castable containing spinel after and before use analyzed by EPMA. Since spinel was not used for the matrix part of the castable, Mg distribute only in the spinel grains in the castable before use. On the other hand, the distribution of Mg was observed in the matrix and the density of Mg in the spinel grains decreased in the castable after use. These result were consistent with a past report that the oxidation of SiC might be promoted by the diffusions of the Mg in Spinel¹⁾.

2. 2 Influence of repair cycle

Generally in Japan, blast furnaces are equipped with pooling type main troughs. Consequently, the trough is always at a high temperature while it is operated. But for inspection and hot repair, molten iron and slag are drained from the trough and the temperature of the trough falls. The remaining part is affected by heating and cooling. Even if a castable used for the same term, the influence of the heating-cooling repetitions is large when the hot repair cycle is short.

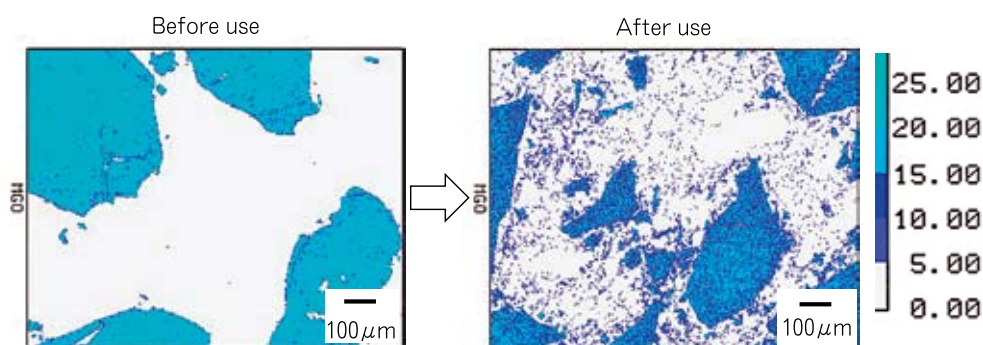


Fig. 4 Distribution of Mg in spinel-containing castable analyzed by EPMA.

られる。

補修サイクル別に実炉使用後試料のSiC量と使用期間の関係をFig. 5に示す。Fig. 3, Fig. 4に比較してデータが少ないのは、スピネルを含まない材料のデータのみを表示しているためであり、スピネルを含まれている材料のデータに関しては補修サイクルの異なるデータが得られなかった。補修回数が多い、すなわち加熱冷却回数が多い場合はSiCの減少は早く、逆に長期間使用した場合であっても冷却回数が少ないと、SiC減少の進行は遅い傾向が認められる。

以上より、ML材中のSiCの減少は使用期間と加熱冷却回数の影響を受けており、使用期間が長いほど、加熱冷却回数が多いほどSiCの減少量が大きく、これに伴って材料劣化が進行すると考えられる。

3. ラボにおける再現試験

3.1 加熱条件の検討

実炉使用後試料は試料形状の制約が大きいため、使用後試料の機械的特性や耐食性を十分に系統立てて評価することが難しい。そこで、ML材の使用時の特性変化をラボにおいて再現し、その試料を用いて各種評価を行うことを考えた。前述の検討結果より、ML材の組成変化には長時間の

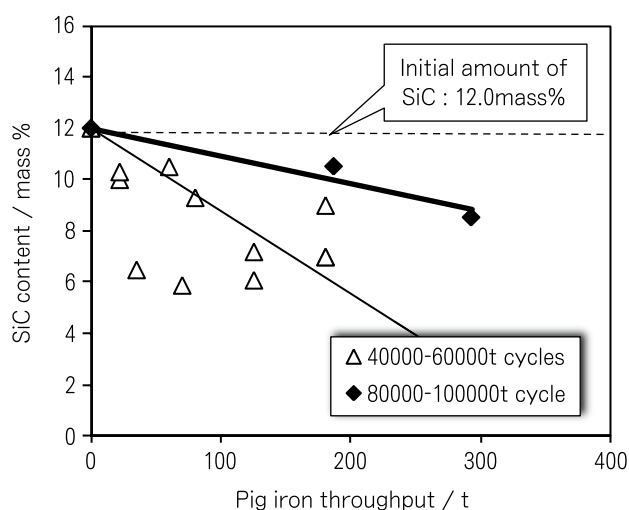


Fig. 5 Influence of drain frequency on residual amount of SiC in ML castable as a function of pig iron throughput.

Fig. 5 shows the influence of repair frequency on the plot of the residual SiC versus the pig iron throughput. Only data derived from castable without spinel plotted on Fig. 5 because there is no data derived from castable with spinel in some repair cycle conditions. The amount of SiC decreased easily when there was a high repair frequency within a certain period. In other words, the amount of SiC decreased easily when there were a lot of heating-cooling repetitions. On the contrary, the amount of SiC did not decrease easily when there were few heating-cooling repetitions, even if the castable was used for a long term.

As a result, the SiC content was decreased by the long use term and a lot of heating-cooling repetitions. It is considered that deterioration progresses with the decrease in SiC.

3. Experimental Results for Sample Simulation of Castable Used in Actual Furnace

3.1 Examination of heating conditions

It is difficult to evaluate the mechanical characteristics and corrosion resistance of the used castable because it has a restriction in shape. So we changed the characteristics of the samples so that there were similar to the used castable and we evaluated each characteristic in the laboratory. As discussed in the previous section, long heating time and many heating-cooling repetitions changed the chemical composition of the castable. Table 1 shows the chemical composition of the test specimens. The casted specimens were taken out from the molds and heated at 1500°C for 200 hours or heated at 1500°C for 3 hours 15 times in a coke breeze respectively, and the amount of SiC was measured.

Fig. 6 shows the influence of spinel and heating conditions on the residual amount of SiC in the

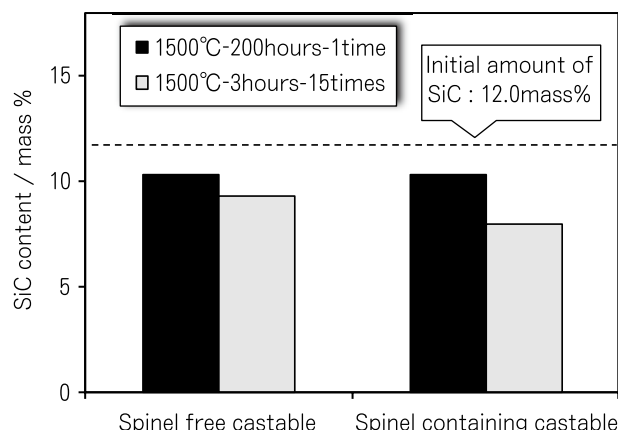
Table 1 Chemical composition of the ML castable samples for heating experiment

Material		Spinel free	Spinel containing
Chemical composition [mass%]	Al ₂ O ₃	79	70
	SiO ₂	2	2
	SiC	12	12
	C	3	3
	MgO	—	13

加熱に加え加熱冷却が影響していると考えられたため、Table 1に示す配合で成形した試料を還元雰囲気で1500℃-200h加熱、および1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却処理を行い、SiC量を測定した。

Fig. 6に示すように、いずれの条件においてもSiC量は加熱前より減少しているが、1500℃-200hの加熱条件ではスピネル含有品と未含有品との間に減少量の差が認められない。この結果は実炉使用後試料の解析結果と異なっていることから、1500℃-200hの加熱条件は実炉使用時の条件を十分には再現できていないと考えられる。一方、1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却を行った場合は、スピネル未含有品に比べてスピネル含有品のSiC減少量が大きく、実炉使用後試料の解析結果と一致した傾向になっている。また残存SiC量も使用後試料において認められるSiC残存量の平均的な値になっており、実炉使用時に生じる組成変化を再現できている。

ここで、SiC量の変化に及ぼす繰り返し加熱の影響について考察する。本実験の焼成条件はCO雰囲気であると考えられ、焼成中にSiCからSiOガスが発生する^{2,3)}。雰囲気中のSiO分圧が低下すると、平衡分圧を維持するためにSiCが酸化されると考えられることから、SiCの酸化速度は試料内のSiOガスの除去速度が律速するとしてよい。試料内のSiOガスの除去は、気孔を通じた試料外への拡散によって起こる。冷却されると、常温ではSiOガスが存在できないこと、体積変化に伴い試料内部と外部の置換が促進されることから、試料内のSiOガスの除去は促進される。このため繰り返し加熱のほうが、SiCの減少量が大きくなると

**Fig. 6 Influence of spinel and heating conditions on residual amount of SiC in ML castable samples.**

sample. The SiC content decreased after heating under the all conditions. But it did not depend on presence of spinel after heating at 1500℃ for 200 hours. As this result was different from the used castable, it was not suitable to simulate the used castable under this heating condition. On the other hand, the SiC content of the sample with spinel decreased more easily than which of spinel-free sample after heating at 1500℃ for 3 hours 15 times. This was the same tendency as the used castable in actual trough and the residual amount of SiC was average value of a used castable. So, it is considered that the changes in chemical composition observed in used castable was reproduced on these samples.

Influence of heating-cooling repetition on the decrease in SiC content can be explained as follow. The samples were heated in a CO atmosphere in this research. So, SiO gas evaporated from the SiC grains when a sample was heated^{2,3)}. When the partial pressure of SiO decreased, SiC was oxidized in order to maintain the pressure equilibrium. So, the oxidation rate of SiC was controlled by the removal rate of SiO gas. The SiO gas inside specimen was removed through pores by diffusion. When

考えられる。

スピネル含有品の方がSiCの減少量が多いのは、Iidaら²⁾、Kanataniら³⁾の示した機構で説明できる。すなわち、スピネルから発生するMgガスの作用でマトリックス部における液相生成が促進され、この液相中にSiOガスが溶解することで試料内のSiO分圧が低下する。この場合、繰り返し加熱をしない焼成においてもスピネル含有品の方がSiCの減少が大きくなるが、本実験における長時間焼成ではスピネル含有品と未含有品のSiC量変化はほぼ同等であった。この理由は、今回の検討では明らかにできなかった。

これらの結果に基づき、実炉使用時と同等な特性変化を、1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却を行うことで得られると考え、この条件で処理した試料について各種物性値や耐食性の評価を行った。

3. 2 繰り返し加熱によるML材の特性変化

Table 1の配合物を混練、成形した後1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却処理を行って得られた試料について、1500℃-200hの加熱を一度だけ行ったものと比較して高周波誘導炉内張り法による侵食試験を実施した。試験条件は1600℃で6時間、侵食剤として銑鉄と高炉スラグを用いた。Fig. 7に示すように、繰り返し加熱冷却を行ってもスピネル含有品、スピネル未含有品ともに耐食性の低下

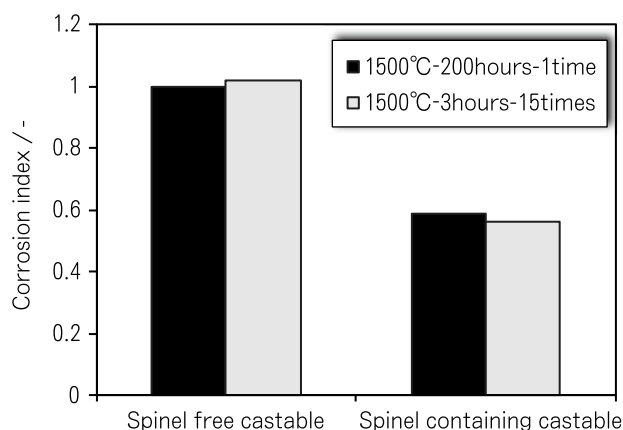


Fig. 7 Influence of spinel and heating conditions on corrosion resistance of ML castable samples.

specimen was cooled to room temperature, SiO gas could not exist and gas migration between inside and outside specimen was accelerated by volume change. For these reasons, the removal of SiO gas inside specimen was accelerated. Therefore, it is considered that the SiC content readily decreased under the conditions of the cooling-heating repetitions.

Iida et al.²⁾ and Kanatani et al.³⁾ expounded how spinel effect to the SiC oxidation in the castable. Based on the conclusion, liquid phase formation at matrix is promoted by Mg gas from spinel and SiO gas dissolves into the liquid phase. As a result, partial pressure of SiO decreases. In these researches, the SiC content of the spinel containing sample decrease more quickly than which of spinel-free sample after heated once. But in our research, the decrease in the SiC content in the spinel containing sample was equivalent to the spinel-free sample after heating once. The reason of the different of result is not been clarified yet.

Based on these result, we conclude that property change occurred in use could be reproduced by heating the sample at 1500℃ for three hours fifteen times and evaluated mechanical characteristics and corrosion resistance of specimen heated under this condition.

3. 2 Changes in properties of ML castable by heating repeatedly

The corrosion test on specimens which were heated at 1500℃ for three hours fifteen times or heated at 1500℃ for 200 hours was performed with an induction furnace method. The composition of samples is shown in table 1. The testing temperature was 1600℃, testing time was 6 hours and blast furnace slag and pig iron was used as a corrosion agent. As shown in Fig. 7, neither the spinel containing sample nor the spinel free sample showed any corrosion increase. In other word, the decrease of amount

は認められなかった。すなわち、繰り返し加熱によるSiCの減少およびSiO₂の増大は耐食性に影響しなかった。

一般的に配合中のSiO₂量増加はスラグ浸透および反応を促進し、耐食性を低下させると考えられているが、Kanataniらは一度だけ加熱したML材を試料に用いた耐食性の評価を行い、加熱によりSiCが酸化してSiO₂が生成してもML材の耐食性は低下せず、むしろ向上する結果を報告している。CO雰囲気下でSiCが酸化した場合、生成したSiO₂は存在が局所的であるため耐食性の低下が抑制される一方で、SiO₂生成に伴うCの生成や緻密化の進行などが耐食性の向上に寄与した可能性を指摘している³⁾。

繰り返し加熱条件下においても同じような理由で耐食性の低下が起こらなかったと考えられるが、Fig. 8に示すように繰り返し加熱冷却条件では緻密化は進行せず、逆に気孔率の増大が生じており、この点が耐食性向上にまでは至らなかった理由と考えられる。

Fig. 9に1500℃-3hの加熱回数と残存線変化率との関係、Fig. 10に曲げ強さとの関係を示す。スピネル含有品も未含有品も加熱回数が増えると次第に膨張する傾向であるが、特にスピネル含有品はその傾向が強かった。この膨張は体積膨張反応であるSiCの酸化に起因していると考えられ、

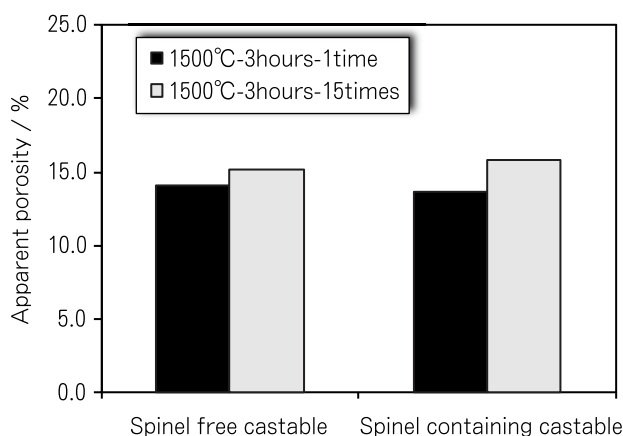


Fig. 8 Influence of heating time on apparent porosity of ML castable samples.

of SiC and the increase of amount of SiO₂ did not affect on corrosion resistance.

Generally, the increase of SiO₂ in mix composition promoted slag penetration and reaction and lowered corrosion resistance. Kanatani et al. evaluated corrosion resistance of metal line samples after heating one time. As a result, the corrosion resistance did not decrease but improved even if SiC was oxidized and SiO₂ was formed by heating. They suggested the possibility that the decrease in corrosion resistance was suppressed because SiO₂ formed locally when SiC oxidized in the carbon monoxide atmosphere and densification induced by the deposit of carbon accompanied by oxidation of SiC improved corrosion resistance³⁾.

For same reason, it is considered that the corrosion resistance did not decrease by the heating-cooling repetition. On the other hand, densification did not progress and apparent porosity increased by the heating-cooling repetition as shown in Fig. 8. That caused no improvement in corrosion resistance.

Fig. 9 shows changes in the permanent liner

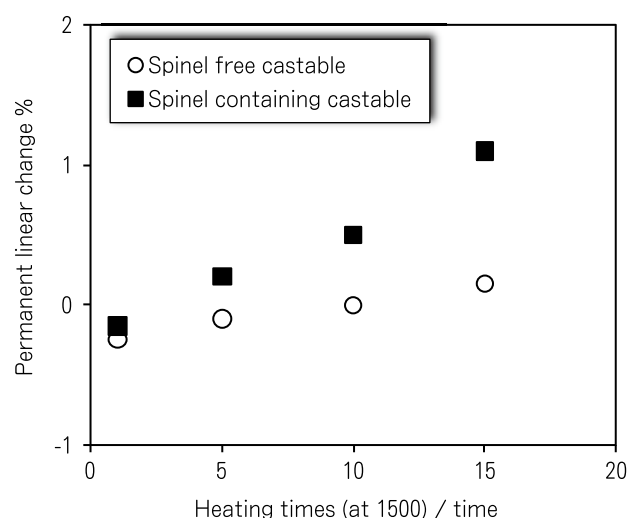


Fig. 9 Changes of permanent liner change of ML castable samples as a function of heating time.

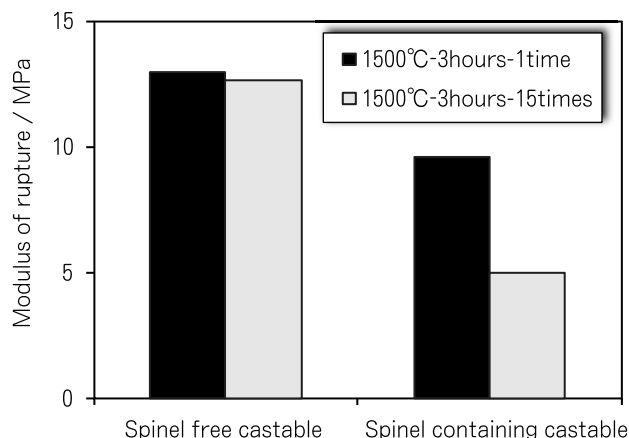


Fig. 10 Influence of heating time on modulus of rupture of ML castable samples.

結果的に気孔率の上昇をもたらしたと考えられる。

また、スピネル未含有品は繰り返し加熱後も初期の強度をほぼ維持しているのに対し、スピネル含有品では初期の強度の約半分まで低下した。この原因として気孔率増大のほか、 SiO_2 の増加による焼結の進行によって耐スポーリング性が低下し、繰り返し加熱冷却によって組織が脆化した可能性などが考えられるが、本検討では特定できなかった。

4. 劣化の実態とその対策

以上のように、ML材を繰り返し加熱冷却した場合、耐食性は変化しないが、特にスピネル含有品において顕著な気孔率の上昇および強度の低下が認められた。実炉使用時の特性変化は繰り返し加熱冷却によってある程度再現可能であると考えられることから、実炉におけるML材の長期使用時の材料劣化の実態は、気孔率の上昇および強度の低下が主体であり、耐食性の低下はさほど生じていないと推定される。

実炉使用後試料の解析結果より、このような劣化の進行速度は材質、使用期間、加熱冷却回数に依存し、特にスピネル含有材質において早く劣化が進行すると考えられる。したがって、材料劣化にともなうトラブル防止策として、長期残存する

change as a function of number of 1500°C heating. Fig. 10 shows the influence of number of heating on the modulus of rupture. The permanent liner change of samples containing and not containing spinel tends to increase with the heating-cooling frequency. This tendency was obvious in samples containing spinel. It is considered that this expansion was caused by the oxidation of SiC which was expansive reaction and the reaction also caused the increase of apparent porosity.

After the heating-cooling repetitions, the spinel free sample kept initial modulus of rupture but the modulus of rupture of the sample containing spinel decreased to the half of initial strength. This reason was not clear but increase of apparent porosity seemed to cause strength decrease. And it was also possible that the progress of sintering with increase in SiO_2 made spalling resistance lower, and embrittlement damage occurred by heating-cooling repetitions.

4. Deterioration Properties and Countermeasures

After the repeated heat of samples simulating castable used in actual troughs, the corrosion resistance did not deteriorate, but the modulus of rupture decreased and the apparent porosity increased. This tendency was obvious for samples containing spinel. Assuming that changes in properties of the actual trough can be reproduced by repeated heating test, it is predicted that the modulus of rupture decreased and the apparent porosity increased while the corrosion resistance did not deteriorate in an actual furnace.

As the result of analysis of used castable from a blast furnace, deterioration rate was found to depend on the kind of material, term of use, and heating-cooling frequency. Since the castable containing spinel deteriorated especially easily,

部位にはスピネル未含有品を適用することが有効と考えられる。また、一般に樋材の修理サイクルは通銑量で管理されることが多いが、長期残存部の材料劣化の観点から、通銑量だけでなく加熱冷却回数も考慮してウェア材の全面的な更新間隔を決定することが重要であると考えられる。

5. 結言

今回、ML材の長期使用時の特性変化について、実炉使用後試料の解析とラボにおける再現試験の二通りの方法により調査し、劣化の生じる要因および劣化の内容について検討した。

劣化の生じる要因は、材料中のSiCが雰囲気中の一酸化炭素によって酸化されることであり、実炉使用後試料の解析結果より、ML材中のSiCは使用期間と加熱冷却回数の影響を受けて減少し、使用期間が長いほど、加熱冷却回数が多いほどSiC残存量が少なくなる傾向が認められ、この傾向はスピネル含有材質において特に顕著であった。実炉使用後試料において認められたこのような組成変化は、1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却によってほぼ再現可能であった。

1500℃-3h×15回の繰り返し加熱冷却によってML材の気孔率は増加、強度は低下した。これらの変化はスピネル含有材質で大きかったが、耐食性はほとんど変化しなかった。

applying spinel-free castable in places where long term is expected to be effective. Generally, repairing cycle of the blast furnace main trough is determined by pig iron through put, but it is also important to consider heating-cooling frequency from the viewpoint of deterioration of castable remaining for long term.

5. Conclusion

We investigated the change in the characteristics of the castable by two methods. One was analysis of castable which had been used in blast furnaces, the other was analysis of samples simulating castable used in actual furnaces by firing in a laboratory kiln.

The deterioration was caused as a result of oxidation of SiC by carbon monoxide, SiC content in castable decreased as the term of use become longer and heating-cooling cycle become more frequent. This tendency was significant for castable with spinel. The test of repeated heatings was an effective experimental method obtaining almost same property as long term use in an actual trough.

After the repeated heatings, the corrosion resistance did not deteriorate, but the modulus of rupture decreased and the apparent porosity increased. This tendency was significant for castable with spinel.

References

- 1) Yoshihisa Hamazaki, Toshihiko Kaneshige, Hisaki Sumimura and Makoto Namba ; Shinagawa Technical Report, 41, 15-24 (1998)
- 2) Masakazu Iida and Yasunobu Toritani ; UNITECR 2003 Proceedings, 365-368 (2003)
- 3) Sato Kanatani, Masakazu Iida, Eizo Maeda, Kazuhiro Ogura and Tetsui Hakone ; UNITECR 2007 Proceeding, 152-155 (2007)