

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	製鉄用不定形耐火物の信頼性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	前田榮造
Author(English)	Eizo Maeda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4165号, 授与年月日:2020年4月29日, 学位の種別:論文博士, 審査員:鶴見 敬章,中島 章,矢野 哲司,宮内 雅浩,生駒 俊之,武田 博明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4165号, Conferred date:2020/4/29, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

Dissertation Summary (approx. 2000 characters in Japanese)

報告番号 For administrative use only	乙 第	号	氏 名 Name	前田 榮造
-------------------------------------------	-----	---	-------------	-------

(要 旨)

(Summary)

本論文は「製鉄用不定形耐火物の信頼性に関する研究」と題し、7章で構成される。

第1章「緒論」では、本論文の目的と意義について述べている。不定形耐火物は鉄鋼生産において製鉄容器や装置を高温溶融物から安全に守るという重要な役割を担っており、(1)生産障害を起こさない、(2)十分な耐久性がある、(3)施工が計画通り行われるという信頼性が必要となる。この信頼性は、溶融スラグの流動と不定形耐火物の流動によって影響されるため、流動性を考慮することが必要である。それらの現象・反応に関して、既往の研究を整理し、その問題点を明らかにしている。

第2章「マッド材の粘性流動特性解析に基づく炉内充填状況」では、高炉出銑作業中の生産障害である出銑不良について、マッド材の高炉炉内への圧入による流動、変形による堆積状況に関係すると推定し、粘性流動特性を検討している。マッド材は典型的なビンガム流動を示すことがわかった、この粘性流動特性と実機での充填圧力の時間変化から、高炉内への充填後のマッド材の堆積状況について考察したところ、マッド材は、直径長さ30m強の長い円柱状として押し出され、炉内のフリースペースに「とぐろを巻いた状態」で堆積しているものと推定している。開孔不良の原因は、その隙間に溶銑が入り込むことによって起こるものと考えられる。これを基に対策方法を提案している。

第3章「高炉主樋スラグライン用低セメントキャストブルのスラグ流動による浸食メカニズム」では、結合組織の弱い低セメントキャストブルの溶損に対し、溶融スラグ流動と気相中の酸素分圧が影響して、その耐久性が低下するメカニズムを解明している。流動する溶融スラグフィルム中の境膜における酸素の拡散が、溶損の律速である。溶融スラグの流動によって境膜の厚さが薄くなり、気相中の酸素の拡散を増加させることにより、溶損が増大し、低セメントキャストブルの耐久性は低下する。非酸化物を含み結合組織の弱い不定形耐火物が、酸化性の気相と接し、スラグが流動することで溶損が拡大し、耐久性が低下すると考えられる。これを利用して、耐火物と操業の双方を改善することにより、主樋スラグライン用低セメントキャストブルの溶損を抑制し、耐久性の向上を図ることで、信頼性を向上させている。

第4章「溶鋼取鍋用塩基性低セメントキャストブルへの溶鋼静圧によるスラグ浸透」では、結合組織の弱い低セメントキャストブルにおいて亀裂、剥離発生の原因となる溶融スラグの流動による浸透において、耐火物を溶融スラグに濡れ難くしても発生し、耐久性の低下の原因となる溶融スラグ流動による浸透について、原因を解明している。溶鋼静圧の大きい溶鋼取鍋では、溶鋼静

圧によって径の小さい気孔へも熔融スラグが押し込まれて、熔融スラグの流動、浸透が起り、耐久性が低下する。対策として、気孔径 $1\mu\text{m}$ 以上の気孔量の抑制が効果的である。解析結果を他の耐火物へも応用し、信頼性の向上を図ることができたとしている。

第5章「低セメントキャストブルの硬化メカニズム」では、流動性の変化に伴う施工異常であり、不定形耐火物の信頼性を著しく阻害する硬化異常に関連する低セメントキャストブルの硬化メカニズムについて、硬化に伴う間隙水のイオン濃度の変化と、機械的性質の関係を実験的に検討し、考察している。低セメントキャストブルでは、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の微粉末が分散剤によって分散しているが、間隙水中にアルミナセメントから $\text{Ca}^{2+}$ イオンが溶出し、濃度が上昇すると、分散している粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の微粉末が会合して凝集し、凝析に至る。低セメントキャストブルの硬化は、凝析の手前の途中の段階を定義している。さらに、硬化時間の指標として $\text{Ca}^{2+}$ イオン濃度の変化を利用できることが解った。 $\text{Ca}^{2+}$ イオン濃度が上昇して最高値（しきい値）に達するとDLVO理論に従って硬化した。有機分散剤では、立体障害斥力によって高い $\text{Ca}^{2+}$ イオン濃度まで分散を維持でき、無機分散剤では遮蔽効果によって $\text{Ca}^{2+}$ イオン濃度の上昇を抑制する。そのため、しきい値に達する時間が早くなれば硬化時間は短くなり、遅くなれば長くなるとしている。また、低セメントキャストブルの硬化におけるアルミナセメントの役割は、多価カチオンの供給源と供給速度の制御である。さらに、本章で得られた硬化メカニズムの検討結果をもとに、低セメントキャストブルの硬化時間の積極的な制御や、硬化異常の発生時の原因解明と再発防止対策を実施し、不定形耐火物の信頼性向上をはかったとしている。

第6章「製鉄用不定形耐火物の信頼性向上のための提言」では、第2章～第5章において得られた、不定形耐火物の信頼性向上対策をまとめている。

第7章「結言」では、第1章から第6章までを総括し、本論文をまとめている。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。


Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

論 文 要 旨 ( 英 文 ) (300語程度)

Dissertation Summary (approx. 300 words in English)

報告番号 For administrative use only	乙 第 号	氏 名 Name	前田 榮造
<p>( 要 旨 ) (Summary)</p> <p>Since unshaped refractories have important roles to protect steel-making containers and equipment safely from high-temperature melts in steel-making process, reliability such as stable production, durability, and construction as planned are need. For this reliability, there are four problems related to the flow of molten slag and the flow of unshaped refractories, and the problems were investigated.</p> <p>The viscous flow characteristics of tap-hole material were investigated, because the unsatisfactory tapping was related to its flow injected into the blast furnace. The tap-hole material showed typical Bingham flow. The material injected into the furnace is considered to deposit as “lie coiled”. The cause of unsatisfactory tapping is considered to occur when molten iron enters the gap.</p> <p>The blast furnace main trough slag-line material are unshaped refractories containing non-oxides and having weak microstructure. When they contact with molten slag flow in oxidizing atmosphere, their corrosion increases and their durability decreases.</p> <p>In a steel-ladle with a high molten steel static pressure, molten slag is pushed into pores with a small diameter due to the molten steel static pressure. As the result, molten slag flows and infiltrates in pores, and the durability of low-cement castables for steel-ladle with weak microstructure is reduced.</p> <p>The setting mechanisms of low-cement castables which causes the construction error due to the change of fluidity was examined and discussed. The setting of low-cement castables defines the halfway of coagulation of fine powder. <math>\text{Ca}^{2+}</math> ions are dissolved from the alumina cement, and when the <math>\text{Ca}^{2+}</math> ion concentration reaches the threshold, the setting occurs. Dispersion can be maintained by steric hindrance with organic deflocculant, and by the shielding effect with inorganic deflocculant. For this reason, the setting time is shortened if the time to reach the threshold is earlier, and it is longer if the time is later.</p> <p>Using these results, measures to improve reliability were implemented.</p>			



備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

**Note:** Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

**Important:** Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.