

# 高炉長寿命化を実現する銅製ステーブクーラー技術の改善

## Improvement of Copper Stave Technology for Elongation the Service Life of Blast Furnace

### 1. 概要

高炉改修には莫大な設備投資を必要とするため、高炉の長寿命化が望まれており、この長寿命化を実現する技術の一つとして銅製ステーブクーラー技術があります。ステーブクーラーは内部に水路を有する冷却体で、高炉鉄皮保護および高炉内プロフィルの安定維持を目的として高炉鉄皮内面に設置されます。従来は鑄鉄製でしたが、熱伝導性の高い銅を適用した銅製ステーブクーラー技術が1990年代半ばにドイツで確証され、その後多くの高炉で採用されてきています。

銅製ステーブクーラーは、圧延銅板にドリル加工し、パイプを溶接して水路を形成するものが主流で、一部は、鑄造で中子鑄抜きにより水路を形成するものもありますが、いずれの場合にも銅溶接が必要でした。また、これらの既存の銅製ステーブクーラーは十分な冷却性能を有していることが実証されていますが、製作工程が多いことから高価であり、銅製ステーブの安価化が求められていました。

新日本製鐵は、既存の銅製ステーブクーラーと同等の冷却性能を有した安価な新型銅製ステーブクーラーの開発を行い、商品化を行いました。

### 2. 特徴

高い信頼性と安価化を実現させるため、新型銅製ステーブクーラーには、鋼管を鑄物銅に鑄込む技術を採用しました。鋼管を鑄込む鑄造技術は、新日本製鐵が約40年間製作してきた鑄鉄製ステーブクーラーの鑄造技術に基づいています。

鋼管を鑄込んだ銅製ステーブクーラーには、以下の特徴があります。

- A. 高い冷却性能  
高純度の銅鑄物を採用することにより、従来技術と同等の、高い冷却性能を実現しました。
- B. 高い信頼性  
鋼管を鑄込むことにより、水路形成のための銅溶接が不要となり、漏水の危険性を排除しました。
- C. 高い設計自由度  
鑄造プロセスの採用および鋼管鑄込み技術により、ステーブクーラーの外形および水路レイアウトの設計自由度を、従来技術に比べて飛躍的に改善しました。
- D. 安価  
製造工程の簡素化により、低価格化を実現しました。

#### 2.1 従来技術との冷却性能比較

三次元FEMを用いた温度解析結果を表1に示します。

この温度解析は、高炉で想定される瞬時の最大熱負荷よりも厳しい条件下で実施しており、その場合でもステーブクーラー表面の温度は、圧延銅製のものと比較して70のの違いしかありません。このように、新型ステーブクーラーは従来技術と同等の高い冷却性能を有しています。

#### 2.2 鑄物銅への鋼管鑄込み技術(鋼管と銅の溶着技術)

高い冷却性能を維持するためには、鋼管と銅の溶着部が高炉内での稼働中に剥離しないことが必要となります。溶着部の金属構造を確認するために実施したEPMAの結果を図2、3に示します。図2はFe成分、図3はCu成分の検査結果を示しており、Fe及びCuが接合面で相互拡散して溶着していることが確認できます。

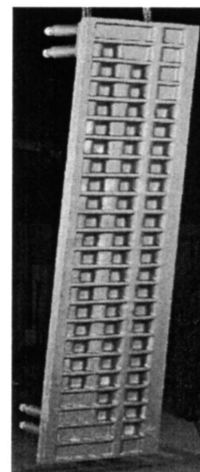


図1 新型銅ステーブクーラー  
New type cast copper stave

表1 温度解析の条件と結果  
Simulation conditions and results

Copper material	New type cast copper	Rolled copper
Gas temperature of furnace inside ( )	1200 (stable condition)	
Heat transfer coefficient of furnace inside (kcal/m <sup>2</sup> h )	300 (constant)	
Thermal conductivity of copper body (kcal/mh )	260	315
Cast-in pipe material	Carbon steel	None
Thermal conductivity of pipe (kcal/mh )	40	(315)
Maximum temperature of surface ( )	448	378
Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )	548	592

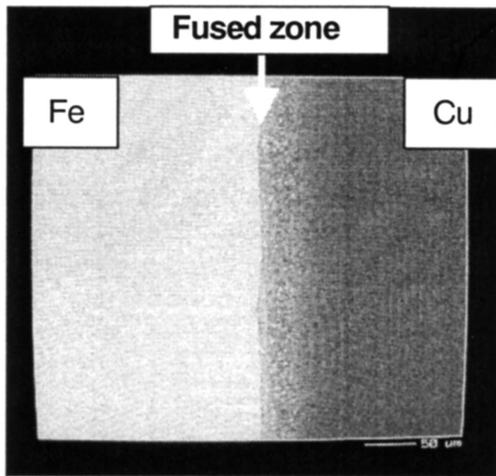


図2 Fe成分分析結果  
Analysis of Fe content

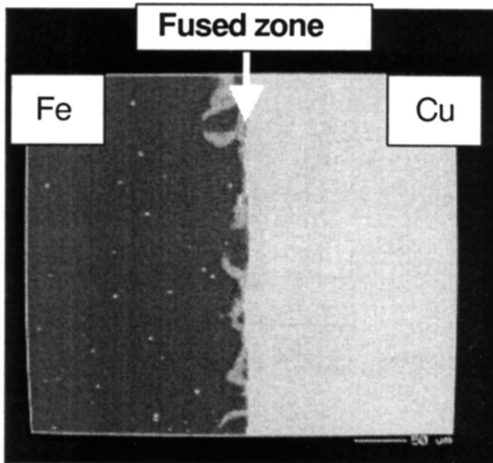


図3 Cu成分分析結果  
Analysis of Cu content

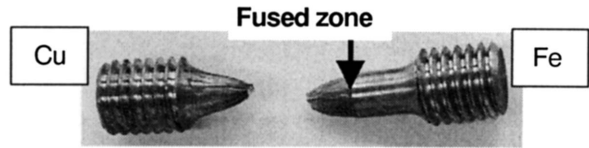


図4 引張試験結果  
Tensile test result

溶着部の強度を確認するために実施した引張試験結果を図4に示します。銅部で破断していることから、溶着部の強度は、銅よりも高く、鋼管と銅は、高炉での稼働中にも剥離しないことを確認しました。

### 3. まとめ

鋳物銅へ鋼管を鋳込む技術を確認し、信頼性が高く安価な新型銅製ステーブクーラーを商品化しました。2002年4月より国内で試験稼働を開始し、2004年8月には海外の2つの高炉で稼働を開始しました。現在世界の5つの高炉で順調に運転されております。

お問い合わせ先  
プラント・環境事業部 製鉄プラント第一部  
TEL(093)872-6995