

研究紹介

アルミナ系不焼成れんがの使用後解析

1 はじめに

取鍋用内張り耐火材にはアルミナ系不焼成れんがが使用される場合がある。このれんがの損傷は、変質層による構造スポールや含有しているSiO₂の低温転移に伴う膨張変化などの構造変化に起因すると言われているが確証はない。本研究では、アルミナ系不焼成れんがの使用後解析を行い、稼働中に発生する損傷過程について検討した。

2 実験

使用後解析を行うにあたり、使用前れんがの物性、熱間強度、熱膨張率測定および熱処理後の微構造観察を行った。また、熱間強度においては、破壊に至るまでのひずみを変位量から概算した。

一方、使用後れんがは稼働面から背面の各所においてSEMによる微構造観察および粉末X線回折をおこなった。

3 結果

図1に使用前れんがの強度-ひずみの関係を示す。使用前れんがの熱間強度は1000℃で約17MPa、1250℃で約7MPa、1400℃では約3MPaであった。1250℃以上で強度低下が起こる理由は、原料由来の不純物からの液相生成によるものと思われる。また、破壊に至るまでの歪を概算するといずれの温度においても約1%と一定であった。

図2に使用前れんがの熱膨張曲線を示す。アルミナ系不焼成れんがは1300℃から膨張材による約1%の急膨張が発生し、この急膨張が残存膨張となることがわかった。

図3に各温度での熱処理後のアルミナ系不焼成れんがのSEM像を示す。使用前れんがの粒成長は1250℃から始まり、1400℃で顕著となった。また、粒成長に伴い、原料由来の不純物から成る液相もれんが全体に広がる様子が観察された。

図4に使用後れんがの微構造観察結果を示す。表層は浸潤した外来成分により反応したと思われる個所が観察された。亀裂発生付近では、焼結が始まっており、原料由来の不純物も組織全体に広がっていた。背面側になると焼結も起こっておらず、液相の偏析が確認された。

表1に使用後れんがの各所における生成鉱物相を示す。表層ではSiO₂に由来する鉱物相が同定されなかったのに対し、稼働面/亀裂の領域ではクリストバライト、亀裂/背面では石英が同定された。

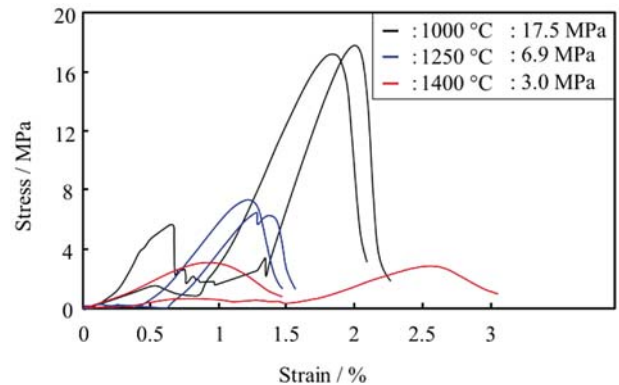


図1 アルミナ系不焼成れんがの高温強度

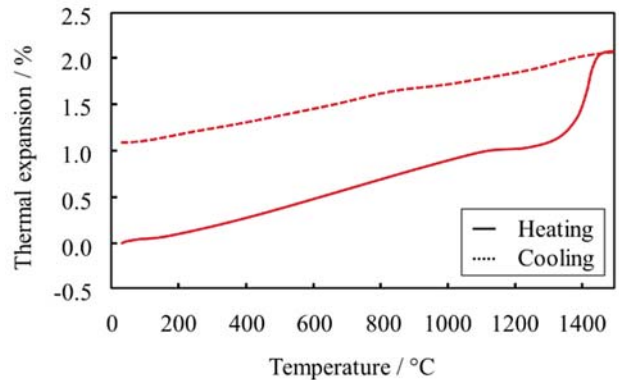


図2 アルミナ系不焼成れんがの熱膨張曲線

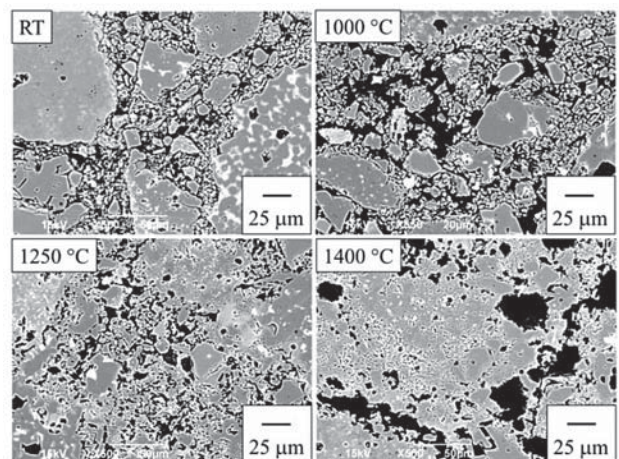


図3 各温度での熱処理後のアルミナ系不焼成れんがの微構造

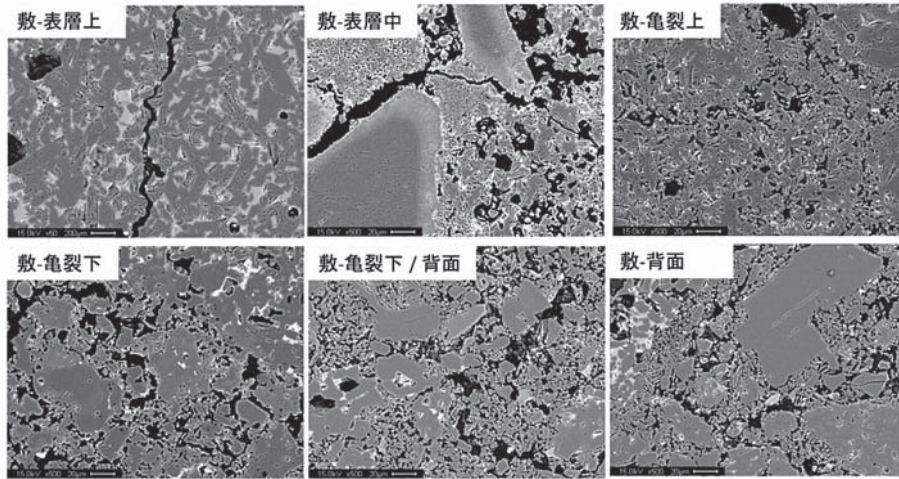


図4 使用後れんがにおける各所の微構造写真

敷					
測定箇所	表層-上1	表層-上2	亀裂上	亀裂下	背面
鉱物相	Al ₂ O ₃ Mullite TiO ₂ (FeO)	Al ₂ O ₃ Mullite TiO ₂ (FeO)	Al ₂ O ₃ Mullite TiO ₂ (FeO) Cri-SiO ₂	Al ₂ O ₃ Mullite TiO ₂ (FeO) Cri-SiO ₂ Q-SiO ₂	Al ₂ O ₃ Mullite TiO ₂ (FeO) Cri-SiO ₂ Q-SiO ₂

表1 使用後れんがにおける各所の生成鉱物相

4 考察

図3より、解析したアルミナ系不焼成れんがは熱履歴に敏感な組織を有しているため、図3および図4の組織とを比較して、亀裂発生個所における温度履歴を推定した。図4-亀裂上(亀裂より稼働面側)の組織は、焼結が顕著であり、液相も組織全体に分散していることから、図3-1400℃の微構造と類似している。一方、図4-亀裂下(亀裂より背面側)の組織は、焼結度合いおよび液相分散の程度が低く、図3-1250℃の微構造と類似している。背面になると、焼結も液相分散も起こっておらず、図3-1000℃の微構造に類似している。これより、亀裂の発生個所は1250-1400℃の温度領域で起こったことが推測される。

生成鉱物相からも亀裂発生個所の熱履歴を推定した。表1から稼働面/亀裂の範囲(表1-青/赤線間)ではクリストバライト、亀裂/背面(表1-赤線より右側)の範囲では石英が生成している。石英からクリストバライトへの転移は1250℃以上で顕著に起こることから、亀裂発生個所の熱履歴は1250℃以上と推測され、微構造観察の結果と一致する。

分析したれんがは推定した熱履歴である1250℃以上

において、膨張剤による急膨張が確認されている。

更に、その膨張率は破壊ひずみである1%とほぼ同等である。この結果から、アルミナ系不焼成れんがの亀裂は浸潤したスラグによる構造スポールではなく、目地開き等を防ぐために添加された膨張剤により発生したと推測される。

5 まとめ

アルミナ系不焼成れんがのスポーリングについて使用後解析を行った結果、次の知見を得た。

- (1)使用前のれんがを各温度で熱処理し、その組織変化とXRDの結果とをてらしあわせることでれんがの各所における熱履歴を推定することが可能であった。
- (2)アルミナ系不焼成れんがの稼働中に発生する亀裂は添加された膨張材に起因している可能性がある。

(主任研究員 前田 朋之)