UME-143	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 篠原仁、山本真治：第 47 回材料と環境討論会 B-101、135～（2000）		本資料の 作成者名 梅村文夫.
整理番号	資料のタイトル セメントキルンシェル内面の腐食現象調査		
失敗事例のタイトル 低融点共晶化合物の生成による熔融塩腐食			一次原因（材料要素） 熔融塩腐食
機種 セメントキルン	部品 セメントキルンシェル	材料 炭素鋼 SS400	概略の寸法 径 5.7m、長さ 110m
損傷発生時の状況 セメントキルンは、径 5.7m、長さ 110m の筒状で、シェル（外筒）は肉厚 3～10 cm の炭素鋼で作られている。キルンのほぼ中間位地（入口から 40～80m の範囲）で、シェル（炭素鋼）に激しい減肉が発生し、最大減肉速度は 3.3mm/年に達した。 シェルの内面側は耐火レンガがライニングされており、シェルが燃焼ガスに直接触れないようになっている。キルンは、原料（石灰石、粘土、けい石等）を回転させながら出口に向けて運びつつ、セメントを生成する。燃焼ガスの温度は 1400℃で、セメント原料の温度は 1000℃～1100℃となり、シェルの温度は 300℃～400℃に達する。			
調査内容とその結果 シェル外面温度を測定した結果、温度が 300℃を超える個所において、減肉が急激に増加している事が分かった。シェル内表面のスケールを蛍光 X 線で分析した結果、Fe、S、O、Cl、K、Pb が多く見つかった。また、X 線回折では、鉄の酸化物や硫化物等の主成分に加え、微量成分として、KCl と FeCl ₂ の共晶化合物（KFeCl ₃ ・2H ₂ O：融点 355℃）が検出された。			
損傷発生のシナリオ 原料中に含まれる KCl が燃焼ガス（SO ₂ O ₂ H ₂ O）と反応して、塩化水素ガスが生成される。シェル材質の鉄は、塩化水素ガスと反応して、FeCl ₂ が生成される。 $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{K}_2\text{SO}_4$ $2\text{HCl} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ この FeCl ₂ と KCl が低融点の共晶化合物を形成し、熔融塩腐食（備考）が生じた。			
対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策） シェル温度を 300℃より低くするために、シェル外面からの散水を検討中。			
教訓 FeCl ₂ と KCl が共存するような環境では、低融点物質が形成され、熔融塩腐食を生じる可能性がある。			
備考 模擬スケールとして Fe ₃ O ₄ に (FeCl ₂ +KCl) を 5% 添加したものを坩堝に充填し、その中に炭素鋼を埋没させ再現試験をした結果、360℃～400℃の雰囲気（3% 空気、他窒素）で、炭素鋼の腐食速度は 3mm/年となった。同様の試験で、模擬スケールとして (Fe ₃ O ₄ +FeS) を使用すると、(Fe Cl ₂ +KCl) が 1% で、腐食速度は 3mm/年となった。（材料と環境 2001 講演集）。			
主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
☐	当時の技術レベルでは不可抗力	☐	設計者
☐	情報伝達不備・不足	☐	製作者 / 建設担当者
☐	担当者不勉強/教育不十分/意識不測	☐	検査者
☐	指示ミス	☐	使用者
☐	うっかり、ぼんやり	☐	メンテナンス者
☐	その他	☐	その他

2 ページ以降に写真、図表等を添付してください