

廃棄物発電及びバイオマス発電のボイラ蒸気管及び過熱器の
最先端技術による耐腐食コーティングによる耐久性の向上とコスト削減
(溶射・Alloy625 溶接肉盛代替新技術の紹介)

(株)トレードサービス 岸本 克巳
工学博士 石川 禎昭
技術士(衛生工学部門)
ボイラ・タービン主任技術者(第2種)

1. 最先端技術による耐腐食コーティングの開発の目的

「WtE(廃棄物)発電」、「バイオマス発電」は、廃棄物再利用及び自然エネルギー循環型の重要なエネルギー資源であり今後 WtE 施設の整備が益々増えていく方向にある。

現状の廃棄物発電に於いては、発電効率が、全国の平均で約13%と低い。

現状の発電効率の向上に向け「NEDO」を中心に「高効率廃棄物発電」の技術開発がなされてきた。

高効率廃棄物発電を行うには、廃熱ボイラの蒸気管・過熱器の蒸気温度を現状の 300℃ から 500℃ 程度まで上げることが求められる。

しかし、蒸気温度を上昇させると高温腐食により、廃熱ボイラ蒸気管・過熱器の

高温腐食(315℃以上)が激しいため施設の長期運転が困難となる。

このために、耐高温腐食用として廃熱ボイラ蒸気管・過熱器に使用されるパイプの材質の改良及びパイプ表面の溶射などによる「表面改質技術」が開発されてきた。

以下は、NEDO等による廃棄物発電・バイオマス発電の廃熱ボイラ蒸気管及び過熱器の耐腐食コーティングの最先端技術である。

2. 耐腐食コーティングの先端技術の紹介

1) 蒸気管及び過熱器に使用される金属パイプ自体の耐腐食性向上

NEDOによる高効率廃棄物発電技術開発において過熱器（スーパーヒータ）として

- ① 蒸気温度 400℃対応 HR30M (30Cr-30Ni-1Mo)
- ② 蒸気温度 500℃対応 JHN-24 (20Cr-56Ni-18Mo)
- ③ 二重管 HCC 二重管 (22Cr-57Ni-13Mo)

2) 金属パイプ表面に溶射やコーティングを施す方法

- ① 溶射被覆管 溶射管 (50%625-50%TiO₂)
- ② 溶射コーティング管 Alloy625 コーティング (22Cr-62Ni-9Mo)
- ③ C276 コーティング (20Cr-57Ni-13Mo) などがある。

なお、この他更なる改良材としてJHN24, HC-22/304H, HR30Mなどが挙げられる。

これらは基本的に金属合金による耐腐食性を向上させたものである。

しかし、これら技術はこれから「新規に設置する施設」や「現施設の場合は大規模な改修工事」時にボイラ蒸気管・過熱器の全面取り換え時にこの技術を導入することになり現実的ではない。

また、溶射被覆管は、現場での作業が不可能なため蒸気管の入替え時に工場で施工された溶射被覆管を設置することになる。

唯一、現場施工が可能な「溶射コーティング」でも溶射に要する施工時間が非常に長い、また、溶射被膜がポーラスなため、「ヒュージョン処理」や「封孔処理」が必要となり、施設メンテナンス期間が非常に長くなり稼働に大きく影響すると同時にコストが嵩むことが課題である。

3. 最先端技術の紹介

今回の提案しようとする最先端技術は、溶射コーティングに代わるコーティング技術であり現状の施設のメンテナンス時に既設のボイラ蒸気管・過熱器の表面「セラミックスコーティング」を付与する方法です。

この方法は、高温ガスや付着するクリンカや溶融塩が直接パイプに接触することから保護し、かつ「500℃以上」の温度にも十分に耐えられる「耐高温腐食コーティング技術」です。

高温雰囲気下において、金属の膨張係数に追従し、かつ過熱されることにより緻密な「セラミックス被膜」が形成されボイラ蒸気管・過熱器の金属表面に強固に密着し高温ガス雰囲気下にあっても「金属の酸化劣化より保護」と同時に廃棄物発電・バイオマス発電で発生する低融点飛灰のボイラ蒸気管・過熱器の金属部位への直接の接触を防ぐことが可能となる。

これにより、「溶融塩」が直接金属に接触し電気化学反応によって金属部分の鉄分が溶融塩中に存在する陰イオンと結合して析出することがなくなり蒸気管の減肉が改善される結果となる。

また、特筆すべきは低融点飛灰が「セラミックコーティング被膜」に付着しにくい特性があり熱伝導率の確保にも大きく寄与する。

コーティング新技術の経済的メリットとして；

- 1) 現在使用中の施設のボイラ蒸気管・過熱器に現場施工できる。
- 2) 施工期間が非常に短期であり操業停止期間が少ない。(溶射の約 1/4 程度施工期間)
- 3) 蒸気温度を高温(500℃或いは以上)で運転可能となり高効率発電が可能。
- 4) 溶射コーティングや金属肉盛に比較して低価格である。
- 5) 低温溶融飛灰の付着が少なく、かつ付着しても直接金属部に付着しないため金属部の減肉がない。また、高温ガスによるボイラ蒸気管の腐食は起こらないため高温での稼働を可能にする。(セラミックス被膜)
- 6) コーティング被膜のメンテナンスが容易である。(被膜惨タイに剥離現象を起こすことがないので部分被膜の補修が可能)

4. 現状の廃棄物発電・バイオマス発電の課題

ボイラ蒸気管・過熱管の腐食原因は、特に、廃棄物発電に供する廃棄物は多くの塩素を含んでおり時には重金属類も含有している。

この塩素がアルカリ金属や重金属などと「塩化物を形成」し、これら塩化物を含む飛灰がボイラ蒸気管表面に「溶融塩」として付着しボイラ蒸気管や過熱管表面の鉄分と電気化学反応し金属管の溶解した鉄は陽イオンとなり溶融塩中に存在する陰イオンと結合して析出する。これが減肉の大きな原因である。

特に、飛灰中に Cu, Zn, Pb 等が含まれると飛灰の融点は更に低下し炉壁、ボイラ蒸気管・過熱器に付着し、これが堆積して閉塞し操業に大きく影響する。

蒸気管や過熱管の表面では、「デポジットアタック（堆積腐食）」により腐食が、進行する。

ダスト中の腐食性の Cl, S, K, Na などが600～700℃近傍で金属面と高温反応し、 $K_3Fe(SO_4)_3$ 、 K_2SO_4 、 $Na_3Fe(SO_4)_3$ などの低融点塩を生成し腐食反応を促進させる。これがいわゆる「デポジットアタック」である。

つぎに、「塩の影響」によるデポジットアタックについてみると、「アルカリ塩」の影響度は、硫酸塩 ($ZnSO_4$ 、 $CuSO_4$ 、 $Al_2(SO_4)_3$ など)より塩化物 ($ZnCl_2$ 、 KCl 、 $FeCl_3$ など)の方が、またナトリウム塩よりカリ塩の方が腐食に対する影響を大きくするといわれている

また、それ以上に溶融塩等による金属部位の腐食減肉の原因となっている。

バイオマス発電にあっても間伐材だけでは不足をきたしており燃料の面よりゴムの老木、ヤシ殻、建築廃材などが使用され始めている。

燃料価格の面からも低質な燃料を使用せざるを得ない状況に成りつつありこれら

低質燃料はボイラ蒸気管や過熱器に少なくない影響を及ぼすことになる。

今後の循環型エネルギーを活用していくためには、避けては通れないこれら廃棄物発電やバイオマス発電のエネルギーの高効率化と施設のメンテナンス費用の「費用対効果」が大きな課題となると考える。

※技術資料；

- ① 耐腐食コーティング新技術；
耐熱・耐酸化被覆材水溶液及び被覆処理方法（特許第 4716196 号）
→金属の耐高温腐食の実績多数あり
- ② 高温ヒートサイクル試験；
添付資料（1）（800℃～常温 ヒートサイクル試験）
- ③ クリンカの低付着性 ；
添付資料（2）（バイオマス炉 6ヶ月間検証）

※ 引用文献

- 1) 湯川憲一； ごみ焼却炉ボイラの高温腐食について
- 2) NEDO ； 高効率廃棄物発電技術開発
- 3) 川原雄三； 高効率廃棄物発電プラントにおける高温腐食防止技術の変遷と今後の課題
- 4) 茂田純一、知恵賢二郎； 都市ごみ焼却発電ボイラでの灰障害
- 5) 野口学、八鍬浩；「腐食暴食講座-高温腐食の基礎と対策技術」第3報；
廃棄物発電ボイラにおける高温腐食と対策
- 6) 石川 禎昭 ；研究発表・特別論文講演発表
「都市ごみ焼却プラントにおける腐食原因と金属材料の選定」
日本鉄鋼協会講演論文集 1994年11月 日本鉄鋼協会
- 7) 金子 佳久、岸本克巳、石川 禎昭他；
「流動式ガス化溶融炉での超耐熱熱電対の実用化技術」
耐熱・耐酸化被覆（耐火コート剤）による熱電対の耐久性向上による大幅なコスト削減
一般社団法人）日本機械学会 講演論文集