

# MATERIAL STAGE

## ニュース&トピックス

・宇宙機用リチウム電池に求められるマテリアルとは？

・電力・大幅値上げ時代を勝ち抜く増熱塗料について

～熱交換器や炉の効率を増熱塗料で向上できる～

～火力発電やガスタービンの燃費も削減可能～

・セミナーレビュー

メーカーデザイナーが求めるプラスチック部品・容器包装の加飾技術とCMF  
その実際—2011—に参加して(第3回)

## 特集

太陽電池の効率を上げる、信頼性を高めるマテリアルの最新トレンド

～有機EL, 電子ペーパー, 太陽電池などの信頼性維持のための～

水蒸気や酸素, ガスの透過を防ぐバリアマテリアル

## 連載

マテリアルはじめの一步

「マテリアルの表面を上手に使うために必要なこと」 第10回

エポキシ樹脂CAS番号物語 第7回(最終回)

台湾・韓国・中国における化学産業事情 第5回

# 5

2012◆May

## 電力・大幅値上げ時代を勝ち抜く増熱塗料について ～熱交換器や炉の効率を増熱塗料で向上できる～ ～火力発電やガスタービンの燃費も削減可能～

(特許出願中)

エス・ジー・ケイ有限会社・研究開発部

〒259-1211 神奈川県平塚市ふじみ野2-20-1

TEL:0463-58-2696 FAX:0463-58-2759 携帯：090-3953-2923

E-MAIL：[ks@et-dot.com](mailto:ks@et-dot.com)

### 1. 電気料金の大幅値上げについて；

本年4月から大口ユーザーに対し電気料金が17%程度値上げされるといわれております。またその後も家庭用電力の値上げも取りざたされています。

その為電力の大口ユーザーは工場を海外へ移すことを検討し始めています。このままでは我が国はいよいよ空洞化してしまいます。このような事態は放置できません。当社では以前より増熱塗料の開発を進めており、このたび増熱塗料製品を上市しましたのでその概要を報告いたします。

### 2. エネルギーを多く使う機器について；

#### (1) 電気炉（ヒーター露出型）；

電気炉の多くはヒーター素子が炉内に露出しているタイプです。ヒーターからは熱線が放射され、この熱線が炉内の被加熱物に吸収され被加熱物は加熱されます。その伝熱機構の多くは熱線放射（輻射）・吸収によっています。

放射によって加熱されますので、放射熱量は下記の式に従います。

絶対温度  $T_H$ 、表面積  $A_2$  で放射率  $\varepsilon_2$  の高温物体が、低温物体に向けて熱放射で放出する熱量  $Q$  は下記の（式1）で表せます。

$$Q = \sigma A_2 (T_H^4 - T_L^4) / \{1 / \varepsilon_2 + (A_2 / A_1) \cdot (1 / \varepsilon_1 - 1)\} \quad (\text{式1})$$

ここで  $Q$  = 放射熱量 (W)

$\varepsilon_2$  = 熱放射率（熱吸収率）・高温側、 $\varepsilon_1$  = 熱放射率（熱吸収率）・低温側

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ （ステファン・ボルツマン常数）

$T_H$  = 高温側温度 (K)、  $T_L$  = 低温側温度 (K)

$A_2$  = 高温側・表面積 (m<sup>2</sup>)、  $A_1$  = 低温側・表面積 (m<sup>2</sup>)

両表面  $A_2$ 、 $A_1$  の相対位置を並行板とした式です。

$A_1 \gg A_2$  の場合、即ち遠くへ熱が広がっていく場合は、

$Q = \sigma \varepsilon_2 A_2 (T_H^4 - T_L^4)$  となります。

このことからヒーターを含む炉壁の熱放射率  $\varepsilon_2$  が大きければ大きいほど放射熱量  $Q$  は増大することになります。

ヒーターはコーゼライト等のセラミックスにヒーターを埋め込んでいる場合もあります。これらヒーターの表面温度が 1000℃ の時、熱線ピーク波長 2.8 μm に対するコーゼライトの分光放射率は 0.65 程度です。

ヒーターには鉄クロム・アルミ、ニクロム、モリブデン、タングステンなどの種類があります。しかしヒーターの放射率は 0.04 程度と低く、大きな放射熱をヒーターから発生させる為には、ヒーターに通じる電力を多くする他ありません。この場合、多大な電力が必要となります。

鉄クロム・アルミやニクロム線ヒーターの外側をセラミックスで覆うと、ヒーターの熱は一旦セラミックスに吸収されます。その結果セラミックスは良くヒーターからの熱線を吸収して加熱され、セラミックスから熱線波長領域を中心とした熱線を放射することが出来ます。

ヒーターの熱をヒーターの周囲に設けたセラミックスで、より良く吸収させることが重要です。ヒーター非露出型の電気炉でもヒーター露出型の電気炉でもこのことは同様です。

ヒーター露出型の電気炉ではヒーターを収納する耐熱材溝の壁面に本レポートの増熱塗料を塗布し、且つヒーター露出型といたします。

増熱塗料の熱吸収率(熱放射率)  $\varepsilon$  は 0.9 以上と大きいので、コーゼライト表面の熱放射率 0.65 は 0.9 以上になります。単純に計算しても、 $0.9 / 0.65 = 1.38$  倍に  $Q$  (放射熱量) が増大することになります。実験結果もそのことを立証しています。

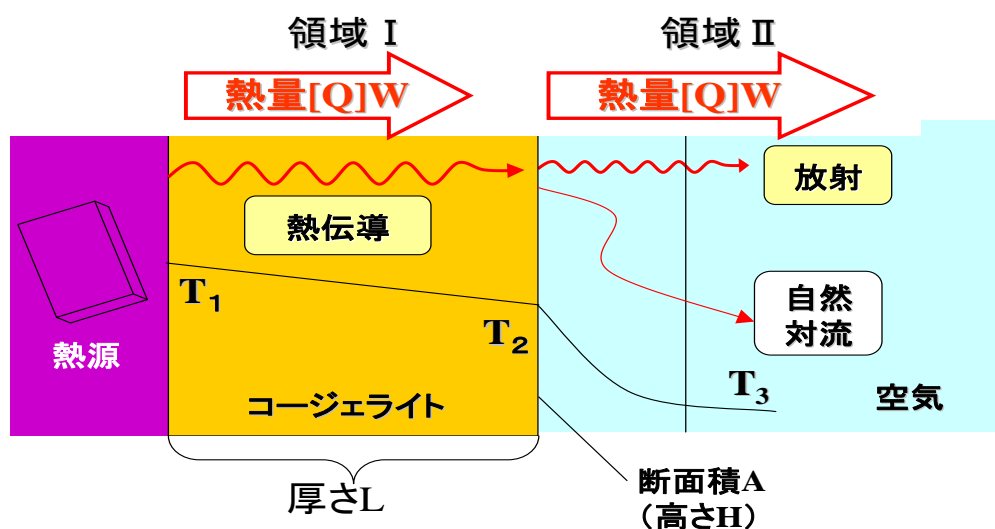
## (2) 電気炉 (ヒーター非露出型) :

ヒーター非露出型の電気炉ではコーゼライト等のセラミックスの中にヒーターを埋め込んでいますが、この型の電気炉はヒーターが覆われていますの

で過熱しやすくヒーター寿命が短くなる欠点があります。コーゼライト等のセラミックスは炉の内壁を構成しており、ヒーターは炉の内壁から5mm程度入った場所に埋め込まれています。

ヒーター温度が500℃以上になると、放射エネルギーのピーク波長は3.88μ以下になりますので、ヒーターの放射率は0.27以下となってしまい加熱効率が低下します。ヒーターの熱はこの5mmのコーゼライトの層に一旦熱伝導で伝わります(領域Ⅰ)。その後コーゼライトの炉内表面から炉内に向けて熱線が放射されます(領域Ⅱ)。その時コーゼライトの炉内表面に本レポートの増熱塗料を塗布しておきますと、コーゼライト表面の熱放射率0.65は0.9以上になり、図中の(式2)に従って放射エネルギーが増大し炉の加熱効率は増大します。またコーゼライト領域Ⅰ内に増熱塗料を混合するか、コーゼライト領域Ⅰの代わりに増熱材そのものを用いることもできます。この場合でも下図・領域Ⅰの熱放射率は0.9以上に向上します。

◆ヒーター熱源から炉内への熱放射



【領域Ⅰでの熱移動】

$$Q = \lambda \cdot (A/L) \cdot (T_1 - T_2) \quad \lambda : \text{熱伝導率} [W/(m \cdot K)] \quad A : \text{断面積}$$

【領域Ⅱでの熱移動】

$$Q = (hr + hc) \cdot A \cdot (T_2 - T_3)$$

$$hr : \text{放射熱伝達率} [W/(m^2 \cdot K)]$$

$$hc : \text{自然対流熱伝達率} [W/(m^2 \cdot K)]$$

$$hr = 4 \cdot (5.67 \times 10^{-8}) \cdot \epsilon \cdot (273 + (T_2 + T_3)/2)^3$$

$\epsilon$  : 熱放射率

$$hc = 2.51 \cdot 0.56 \cdot ((T_2 - T_3)/H)^{0.25}$$

H : 断面Aの高さ

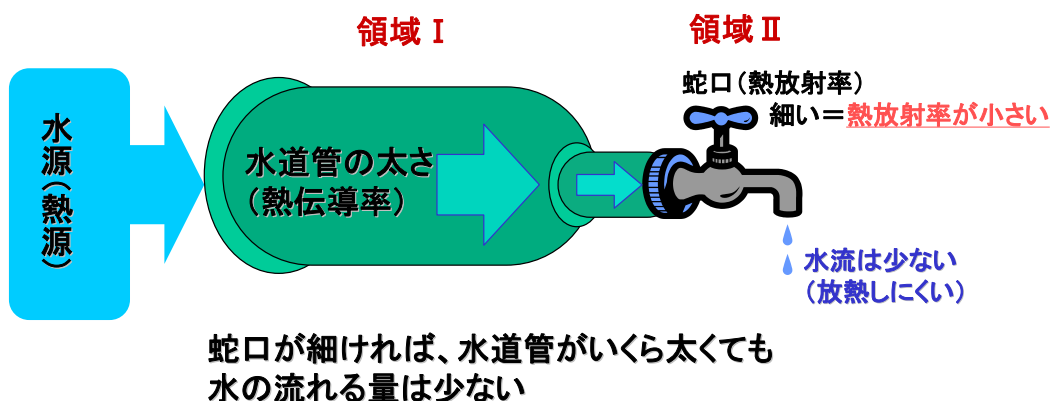
$$Q = \frac{(T_1 - T_3)}{\frac{1}{\lambda \cdot (A/L)} + \frac{1}{(h_r + h_c) \cdot A}} \quad (\text{式2})$$

即ちコーゼライトの炉内表面 (T2) から炉内への熱放射はコーゼライト表面の熱放射率  $\epsilon$  の大小によって大きく変わることになります。

当社の増熱塗料を炉の内面に塗布すれば、コーゼライト表面の熱放射率  $\epsilon$  は0.9以上に増大しますので、やはり  $0.9 / 0.65 = 1.38$  倍に Q (放射熱量) が増大することになります。

上記の式を水道管の水流にたとえた模式図を次に示します。

#### 熱伝導と熱放射の関係 (水道で例えると…)



つまり

**いくら熱伝導率が高くても、熱放射率が低いと、放熱されない！！**

- ・従来は熱伝導が重要視されていたが、最近になって熱放射が注目され始めてきた。  
→熱放射率が高い素材が必要。

2

上図で熱源を水源に、熱流を水流に、コーゼライト等の熱伝導率を水道管の太さに例えています。またコーゼライト表面の熱放射率を水道管の蛇口の太さに例えています。

その結果コーゼライト層の熱伝導率がいくら高くても (水道管が太くて

も) 水道の蛇口が細ければ(コージェライト表面の熱放射率が小さければ)水流は少なくなります。つまりヒーターから炉内に放射される熱流(水流)は少ないことが分かります。これは熱放射に限っての例えです。

対流はこの水道管の先に図示しない水道管が並列にあり、これに流れる水流(熱流)に例えられます。

(3) 炉から排出される気体がある場合：

このときは図中(式2)の対流熱伝達率 $h_e$ を考慮します。対流が大きければその分電力が必要です。その場合でもコージェライトの熱放射率の大小は炉の加熱効率に影響を与えます。

これはキルンや連続炉、ボイラーなど炉の入り口と出口が解放されている炉の場合に当てはまります。

また炉心管のある炉で気体を流して加熱する炉の場合も流れる気体が熱を奪っていきますので同様の事情が当てはまります。

(4) 加熱器、乾燥機の場合：

加熱器、乾燥機でも同様に蒸発する気体が熱を奪って逃げますので(3)と同様です。

加熱器、乾燥機には次の様な種類があります。

農業分野ではビニールハウス用ボイラー、もみ、穀類、豆類の乾燥機。塗装業界では塗装の熱風乾燥機、赤外線乾燥機。印刷業界では印刷物の乾燥機など。プラスチック業界ではプラスチックやゴムの焼き上げや加硫。窯業や硝子業界では陶磁器の乾燥機、硝子プリント印刷の乾燥機。化学品業界では、化学品粉末の乾燥機。繊維業界では水分乾燥機、織物の染色乾燥機などです。また食品分野では海苔、魚肉、食肉の焼き上げ器、コーヒーの焙煎器。半導体業界では熱風機、乾燥機、加熱装置、液晶パネルの乾燥器、半導体ウェハの加熱装置などです。

(5) ガス炉やボイラーの場合：

ガス炉やボイラーでも燃料ガスが熱を奪って逃げますので(3)と同様です。ガス炉やボイラーは石油化学工場などで大規模に利用されています。

しかし炭酸ガスの排出があり、温度制御は電気炉の様に精密にできません。

(6) 各種熱交換器の効率向上：

熱交換器のフィンに熱吸収塗料(熱放射塗料)を塗布して効率を向上させることが出来ます。当社では湯沸かし器のヒーターに面した容器の底に増熱塗料



(熱放射・熱吸収塗料)を塗布し、お湯の沸く時間を約30%短縮出来ました。原理は炉の場合と同じです。エアコン、冷蔵庫、電気・ガス湯沸かし器、地熱発電(バイナリー方式)は熱交換器の効率向上が重要ですので、この増熱塗料(熱放射・熱吸収塗料)の利用価値は大きいのです。

また冷蔵庫の背面放熱フィンに当方の放熱(増熱)塗料を塗布した場合、通常運転で20%も冷却効率が向上しました。エアコンも同様な原理で効率向上が可能です。

#### (7) 車両、内燃機関などへの応用：

内燃機関を持つ車両は、熱の大部分を排気ガスがもって逃げます。その為ガソリン車の原油利用率は14%に止まると言われています。

内燃機関に応用する場合は排気ガス管から放散される熱線を低減することが重要です。排気ガス管は多くの場合錆びており、熱放射率が高くなっています。

この排気ガス管に当社の低熱放射塗料を塗布すると排気ガス管から放散される熱線が少なくなり排気ガスの温度を上げることが出来ます。

この低熱放射塗料は $\epsilon$ が0.05以下と低いため、この低熱放射塗料を塗布した排気ガス管から放散される熱線は少なくなり排気ガスの温度は上がります。

車の始動時の短時間に排気ガスの温度を上げることが出来れば、排気ガス触媒の効きが良くなり、排気ガスは素早く浄化され $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、 $\text{CO}$ は激減します。

通常走行になると完全燃焼に近くなり排気ガスに $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、 $\text{CO}$ はあまり出てきません。 $\text{CO}_2$ が主体となります。交差点や停留所では燃料節約のためエンジンをアイドリング・ストップさせるので、停止、始動が繰り返され、排気ガスが汚くなります。一方アイドリング・ストップで燃費は節約され、省エネルギーになりますが、この省ネの為に排気ガスが汚くなったのでは困ります。その為、炉の増熱とは無関係ですが、あえて当社の低熱放射塗料も合わせてご紹介しました。

また内燃機関(ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン)の放熱部にこの放熱(増熱)塗料を塗布すると、内燃機関の特性が向上します。

詳細は車両メーカーと当社の機密が多いため省略致します。

#### (7) HEV、EV等の効率向上；

現在HEV、EV等に当社の増熱塗料を応用し、効率向上を行う検討も始まっております。

詳細は車両メーカーと当社の機密が多いため省略致します。

#### (8) 太陽熱発電や外燃機関への増熱塗料の応用；

太陽熱発電は太陽熱でガスタービン、蒸気タービンを廻すものが主流です。しかしこれらタービンの熱効率も理想的なカルノーサイクルの熱効率よりかなり低いのです。

最近太陽熱を集光する凹面鏡の焦点にスターリング・エンジンを設置し、太陽熱発電の効率を高める開発が始まっております。

スターリング・エンジンの高温部は高融点金属でできているため、熱吸収率が小さいのです。ステンレスの熱吸収率（熱放射率） $\varepsilon$ は0.16、ニッケルは0.05です。これでは太陽熱を反射してしまいます。スターリング・エンジンの高温部に当社の増熱塗料を塗布すると高融点金属の熱吸収率は0.9以上に向上しますので、スターリング・エンジンを用いた太陽熱発電の効率は飛躍的に増大します。スターリング・エンジンは外燃機関ですので、その他の外燃機関でも同じです。スターリング・エンジンだけの熱効率は35%以上、冷却部に水を流し給湯も行くと、その熱効率は90%以上になります。

当社ではこの新スターリング・エンジンの開発も行っており、共同開発会社を募集しております。

#### (9) 火力発電やガスタービンの増熱：

火力発電用・ボイラー下部の加熱面・外面または内外面に本増熱塗料を塗布すると、ボイラーの加熱効率が向上します。ガスタービンのガス加熱装置の加熱面・外面または内外面に本増熱塗料を塗布しても、加熱効率が向上します。

多くの企業では火力発電装置の設置を始めており、電力会社から購入する電力を最小化し、電力値上げに対応することが始まっています。

この火力発電装置は本増熱塗料でその発電効率を向上させることができます。詳細は発電機器メーカーと当社の機密ですので省略します。

#### (10) 鉄道、船舶、航空機その他への応用：

鉄道、船舶、航空機その他への応用も可能です。詳細は省略致します。

#### (11) 射出成型金型の放熱性向上による省エネルギー

熱可塑性樹脂は射出成型で造られています。この金型の外表面に当社の熱放射塗料を塗布すると金型の冷却が早くなり、成型品を早く取り出せますので、射出成型のスループットが上がります。その結果射出成型機の運転時間を短くしても同一個数の成型品を取り出すことができますので、省エネルギーになります。これは本増熱塗料を熱放射塗料として用いた例です。

#### (12) 電動機、発電機への応用：



電動機、発電機の回転子、固定子、ハウジングにこの放熱（増熱）塗料を塗布すると、放射冷却により機器の温度が下がります。その結果電動機、発電機の定格を超えた電流を流すことが出来ますので、運転温度を低く抑えかつ出力を向上できます。

(13) 当社の増熱塗料の動作機構：

当社の増熱塗料（熱放射・熱吸収塗料）はセラミック粉末と無機バインダーで構成されており、炉壁に塗布できるようになっています。とりわけ多孔質の炉壁には容易にしみ込み40 $\mu$ 程度の熱放射層を形成しますので、未塗布の炉壁の熱放射率が低くても、この40 $\mu$ 程の熱放射層の作用により炉壁の熱放射率は0.9以上に向上し、炉の加熱効率は高くなります。多孔質でないものに塗布するときはサンドブラストしてから塗布すれば密着します。

当社の熱放射セラミックは比較的安価であり、また高々40 $\mu$ の塗布でこの効果を発揮できますので安価に熱放射率を増大出来ます。

当社の増熱塗料のセラミック粉末内部の結晶構造は、互いにばねで繋がった原子の集合体に例えられます。これら原子の一方はプラスに帯電しており他方はマイナスに帯電し電気双極子を形成しています。この電気双極子が熱によって振動すると、電気双極子間に出ている電気力線が伸縮するので熱線（4 $\mu$ から20 $\mu$ 波長）という電磁波を放射します。

この放射電磁波のピーク波長を $\lambda$  ( $\mu$ )、絶対温度をT (K) とすると、下記の関係式で近似できます。

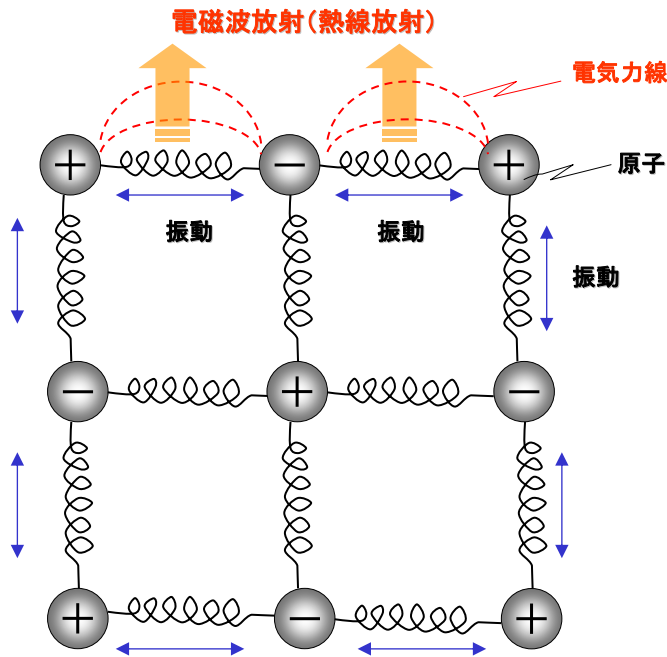
$$\lambda \cdot T = 3000$$

その結果1000 $^{\circ}$ C (273+1000=1273K) の熱放射体が発生する熱線のピーク波長は3000/1273=2.35 $\mu$ 、100 $^{\circ}$ Cの熱放射体が発生する熱線のピーク波長は3000/373=8 $\mu$ となります。

これらの熱線波長帯での熱放射率 $\epsilon$ が高いことが重要です。当社の増熱塗料は $\epsilon = 0.9$ 以上を達成しております。

つまりその熱線波長帯での電気双極子能率とばねの固有振動の振幅が大きいので0.9以上を達成できているのです。以上は当社増熱塗料の優位性です。

この増熱塗料の組成と、その応用装置の特許は出願中です。



(14) まとめ：

当社の増熱塗料は40 $\mu$ 程度の塗布で物体表面の熱吸収率を0.9以上に(実際は0.96)にできますので、コストが安く、増エネという名の省エネが可能になります。

増エネはあたかもエネルギーを増やす様な印象を与えますが、エネルギー保存則を破ってはおりません。

ヒーターの表面から発生する熱線は一方向ではなく、ヒーター背面部の断熱材にも熱線が放射されています。

例えばヒーター正面から炉の中に放射される熱線を60%、ヒーター背面部の断熱材に放射される熱線を40%とするとその合計100%は変わらないのです。

ヒーター正面部に近接して高熱吸収体があればヒーター正面部の高熱吸収体は(式1)(式2)に従ってヒーター( $T_H$ )の熱を吸収しますので、 $T_H$ は低下し炉内への放射熱量 $Q$ は大きくなるのです。その結果ヒーター背面部の断熱材に向けて放射される熱量は少なくなります。ヒーターが正面、背面両方向に放射する総熱量は不変ですが、ヒーターが炉内に放射する熱量は90%となり、ヒーター背面部の断熱材への熱量は10%に減少するので、炉内に放射される熱量は60%から90%へと30%増大したことになり有効熱量が増エネしたことになります。

有効熱量の増大割合は炉の型式、大きさ、対流熱輸送の多寡などで決まります。

(14) この新しい増熱塗料によりエネルギー不足が解消され、たとえ原子力発電が止まっても産業のスローダウンを回避できることを願っております。

加えてこの新しい増熱塗料を応用した上記の各機器が多くの企業によって製造され輸出されるならば、我が国に大きな貿易利益をもたらし、かつ税収も飛躍的に増え1000兆円といわれる国の債務は減少し、かつGDPも向上すると確信しております。

終わり