溶射皮膜の遠赤外線放射特性と耐久性

| 高萩 | 泰    | 鴨志日 | 日武   |
|----|------|-----|------|
| 舘  | 義雄   | 浦尾  | 亮一*  |
| 鈴木 | 通男** | 柳沢  | 武*** |

1. 緒言

遠赤外線加熱は,放射を利用した加熱方式であるため,熱の媒体が不要でエネルギー効率の向上が 期待できる。特に有機物や水は遠赤外域において吸収特性を持つために,これらを含む被加熱物に効 果が高いことから注目され,プラスチック,電子,印刷,食品加工分野などへの利用が活発化してき ている。

著者らは,遠赤外線を放射すると考えられる金属酸化物をシーズヒータ表面に溶射法によりコーティングし,遠赤外線放射特性や耐久性について検討したので,その結果を報告する。<sup>1)</sup>

2. 実験方法

2.1 試料の作成

ストレート型シーズヒータ表面に酸素アセチ レンガス溶射により 5 種類の金属酸化物をコー ティングした。これらを溶射する前に,母材との 付着力を向上させるために金属中間層を形成し, その後金属酸化物を溶射した。試作したヒータ形 状を図1に,使用した溶射材料と溶射条件を表1 に示す。



図1 試料形状

表1 溶射材料と溶射条件

| 溶射材料  | 化学成分(wt%)  | 下地材料                           | 母材         | 前処理                                 | 溶射温度      | 溶射距離 | 角度  | 膜 厚   |
|---|--|--------------------------------|------------|-------------------------------------|-----------|------|-----|---|
| 灰アルミナ<br>チタニア<br>ジルコン酸<br>カルシウム<br>安定化コニア<br>灰アルミナ<br>+チタニア | $\begin{array}{c} A120394\\ \hline Ti022.5Si022\\ \hline Ti02>99\\ \hline Zr0269\\ \hline Ca031\\ \hline Zr0293Ca05\\ A1203,Si022\\ \hline J^{3}\Box T50\\ J^{2}VATJUET50\\ \end{array}$ | Ni-Cr<br>80:20<br>粒 径<br>100µm | SUS<br>304 | 脱 脂<br>アハミナ<br>グリット<br>ショット<br>ブラスト | 3200<br>℃ | 50mm | 90. | アンダ -コート<br>100μm<br>トップ コート<br>100<br>く<br>300μm |

\* 茨城大学工学部

\*\* 富岡産業(株)

\*\*\* 電子技術総合研究所

## 茨城県工業技術センター研究報告 第17号

用いた溶射材料粉末の形状を図2に示す。



灰アルミナ

チタニア



安定化ジルコニア

ジルコン酸カルシウム

図2 溶射材料のSEM像

## 2.2 放射率の測定と耐久性試験

遠赤外線の放射率測定は,分散型赤外線分光光度計を用いた。条件は,大気中で温度300,400,500, 及び600°Cで順次測定した。各々温度一定になる時間10~15分経過後,5~10分間測定を行った。 測定波長範囲は2.5~25µmである。放射率を算出するため,基準として試料と同径のSiCヒータを 用いた。この赤外線強度を測定し, SiC<sup>2)</sup>の放射率より黒体の強度を算出し他の試料の赤外線強度を 放射率に換算した。

耐久性試験は 850°C×4hr 大気中において加熱劣化試験を行った。その後,放射率の変化と皮膜の状態を SEM により観察した。

茨城県工業技術センター研究報告 第17号

3. 結果及び考察

3.1 放射特性

各々の皮膜の放射率の測定結果を図3に示す。 溶射をしないシーズヒータの放射率は0.2~0.4 程度であったが,溶射したものは全体的に放射率 が上がり,特に5~15µmの波長域においては高い 値を示した。

材料別に見ると灰アルミナ,チタニアは長波長 側で低くなるがほぼ均一な特性を示した。 安定 化ジルコニア, ジルコン酸カルシウムは短波長 側では低くなるが長波長側では他のものより高い 傾向がある。





図3 溶射皮膜の放射特性(温度600℃)

加熱劣化特性では灰アルミナ,安定化ジルコニア及びジルコン酸カルシウムは850 4時間経過後 にやや上昇の傾向が見受けられるが大きな特性の変化はない。目視上ではジルコン酸カルシウムに若 茨城県工業技術センター研究報告 第17号

干の変色が生じた。

チタニアは熱処理後,短波長側で高くなり長波長側で低くなる変化がみられた。チタニア+アルミ ナは熱処理4時間後に全波長領域で高くなるが,8時間経過後では低下に向かっている。これらの特 性の変化は溶射及び加熱時の変化・還元反応に伴う物質構造の変化刀と溶射皮膜の剥離・脱落による 表面状態の変化と関係していると思われる。

3.2 膜厚と表面粗さの影響

溶射皮膜を厚くすると,皮膜の残留応力が大 きくなるために亀裂あるいは剥離しやすくなる ほか,溶射時間が長くなり,母材溶射面の温度 も高くなるため,酸化物層が生じ付着力を弱く する。また,膜厚の違いによる放射特性の変化 はみられなかった。

溶射後の表面の SEM 像を図 4 に示す。これら の溶射皮膜の表面粗さは, Rz60~80µm 程度で あった。加熱劣化試験後も同程度である。溶射に より表面粗さをコントロールすることが難しか ったために詳細に検討できなかったが,溶射なし でシーズヒータ表面をショットブラスト処理し ただけでも放射率は図 5 に示すように短波長側 で高くなった。

このように遠赤外線の放射特性は表面形状により大きく変化する。

**Бода**т



図4 溶射表面のSEM像



3.3 溶射皮膜の耐久性

図 6 (a), (b)のように, 灰アルミナは加熱劣化試験後も亀裂, 剥離等の損傷は認められなかった。 しかし, チタニア及びチタニアと灰アルミナのブレンドしたものは図 7(a), (b)のように溶射皮膜の 脱落による膜厚減少や変色が起きている。

また,安定化ジルコニア,ジルコン酸カルシウムは中間金属層との境界に亀裂,剥離が見受けられるが変色はしていない。

このような膜厚減少や亀裂,剥離は,試料の加熱及び冷却過程で生ずる熱膨張差に起因する粒子間 のゆがみや,溶射皮膜の気孔を介して侵入した酸化雰囲気による下地皮膜の酸化 D によると思われる。 チタニアの変色は,溶射により二酸化チタンの酸素が解離され溶射後の皮膜は灰色になる。これを 600 加熱すると酸化され元の黄白色に戻る。さらに 850°C で4hr 加熱したものは,皮膜の剥離,脱 落が進み下地材料が露出し,これが酸化して黒灰色となる。



灰アルミナ加熱前(a)

灰アルミナ加熱後(b)





## 図7 溶射皮膜断面

4. 結言

各種溶射皮膜の放射特性と耐久性について検討した結果をまとめると以下の通りである。

1) アルミナ, チタニア,安定化ジルコニア, ジルコン酸カルシウムの溶射皮膜は遠赤外線領域 で高い放射率を示す。

2) アルミナは加熱劣化試験後も安定しているが,チタニアは皮膜の剥離,脱落,変色などが生じ 加熱による耐久性に問題がある。

3) 溶射皮膜の膜厚は放射特性にあまり影響しないで,表面の形状や状態に大きく影響される。

参考文献

- 1) 高萩,鴨志田他:金属表面技術協会第76回講演大会予稿集P6~7,P58~59(1987)
- 2) 高畠 満夫: J. I11um. Engng. Inst, Jpn, Vo1.69 No.1p33 (1985)
- 3) 吉住 素彦:セラミックス, Vo1.21.4 p318~325 (1986)
- 4) 長坂 秀雄:第22回X線材料強度に関する討論会資料p133~141 (1985)