

(3) 機能性セラミックス複合材の性能評価技術の研究

化学部	佐藤	藤宮	壺
〃	二平	宮松	治
〃	後	藤	登
機械部	大	塚	信
〃	水	江	幸
〃			裕
			俊
			宏

概要

金属とセラミックスを組み合わせた複合材について性能を評価する技術を検討し、その技術を用いて前記の「県産鉱物資源のセラミックス素材化技術の研究」及び「複合化技術の研究開発」の研究過程で得られた試作品について評価を行った。

ステンレスのパイプ及び板に水ガラスをコーティングして、焼成した複合材について、①接合界面の接合状態の解析、②伝熱特性の評価を行った。

金網にセラミックスをコーティングしたセラミックコーティングメッシュについては、①消音性能の評価を行った。

評価実験1 金属・セラミックス複合材の接合界面の解析

1 はじめに

「多重複合材製造技術の開発研究」で試作した金属・セラミックス複合材について、電子線マイクロアナライザーを用いて接合界面の接合状態を調べた。

2 実験方法

SUSのパイプや板にセラミックス（水ガラス、ほうろう）をコーティングして焼成した金属・セラミックス複合材の試験片を樹脂に埋め込み、切断、研磨して、電子線マイクロアナライザー（EPMA）によりSEM像の観察及び元素分析を行った。

使用したEPMAは

日本電子(株)製 JXA-840

分解能 4 nm

倍率

10～300000倍

3 結果

3.1 金属とセラミックスの接合界面の観察

金属・セラミックス複合材は次の材料を組み合わせてコーティング焼成したものである。

- ① SUS+水ガラス
- ② SUS+真珠岩入り水ガラス
- ③ SUS+ほうろう

それぞれの複合材について、接合状態を調べるためにSEM像を観察した。

SEM像を写真1～3に示す。いずれも白い板状の層がSUSで、両端の黒い部分は試料を保持するための樹脂層である。写真1のSUSの板は上面をブラストし、下面は未処理のまま水ガラスと複合化したものである。ブラストすれば密着するが、ブラストなしでは密着していない。

写真2及び3にSUSと真珠岩入りガラス、SUS



写真1 SUSと水ガラスの接合界面のSEM像(50倍)

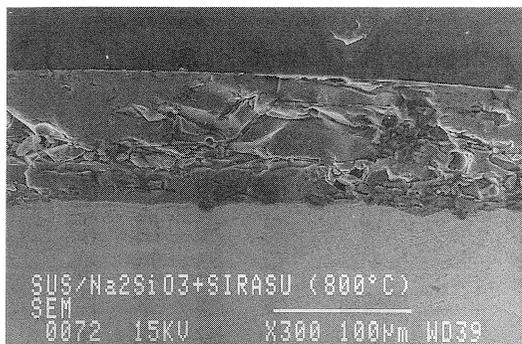


写真2 SUSと真珠岩入り水ガラスの接合界面のSEM像(300倍)

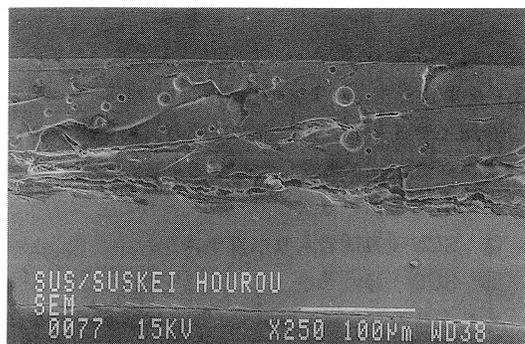


写真3 SUSほうろうの接合界面のSEM像(250倍)

とほうろうの接合面のSEM像を示す。

両者とも密着していることが解る。

以上の組み合わせ以外に、各種セラミックスとSUSの組み合わせについてコーティング・焼成を試みたが、密着が悪かった。

3.2 金属とセラミックスの接合界面の元素マップ

SUSと水ガラスとの接合界面のCrの濃度分布をカラーマッピングして調べた結果、SUSの境界面付近のCrが水ガラスに溶け込んでおり、よく接合している。

また、SUSのFeとCr、水ガラスのNaの3元素について元素マッピングした結果をみても境界面でCrの溶け出しが確認できた。

評価実験2 セラミックス複合材の伝熱特性の理論的評価

1 はじめに

開発の対象となるセラミックス複合材は、熱交換器の配管等エネルギー機器への応用が見込まれており、その伝熱特性等を検討する必要がある。

試作した複合パイプを対象として、廃熱回収に応用する場合を想定し、理論的評価を行った。

2 実験方法

シミュレーションに用いたハード及びソフトは次のとおり。

ハード：NEC 9801 RL

ソフト：Fluent (差分法による流体解析ソフト)

3 結果

3.1 セラミックス複合材

使用するセラミックス複合材パイプは図1に示すように、半径5mm、肉厚1mmのSUS鋼管に水ガラスをコーティングし、焼成したものを想定している。

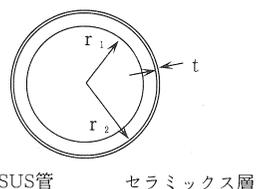


図1 セラミックス複合材パイプ

SUS鋼管：半径 5mm (r_2)

：肉厚 1mm ($r_2 - r_1$)

セラミックス層：70 μ m

3.2 熱回収モデル

上記セラミックスコーティング管の中に水を流し、外部に300℃の空気を風速10m/sで流した状態をシミュレーションした。

状態を図2に示す。

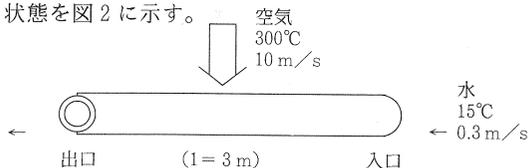


図2 状態図

3.3 熱伝導率と算出

多層平板として近似すると総合的熱伝導率を λ_p とすると、次式が成り立つ。

$$\frac{t_a + t_b}{\lambda_p} = \frac{t_a}{\lambda_a} + \frac{t_b}{\lambda_b}$$

$$\lambda_p = \frac{t_a + t_b}{\frac{t_a}{\lambda_a} + \frac{t_b}{\lambda_b}}$$

SUS $\lambda_a = 0.4 \times 10^{-2}$ (Kcal/m・s・deg)

ガラス $\lambda_b = 2.0 \times 10^{-4}$ (Kcal/m・s・deg)

SUS 管肉厚 $t_a = 1.0$ mm

ガラス層厚さ $t_b = 0.04$ mm

を代入して λ_p を求める。

$$\lambda_p = 2.3 \times 10^{-3}$$
 (Kcal/m・s・deg)

3.4 熱透過率の算出

円管全体に対する熱透過率 K は次式で求める。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha} + \frac{r_1}{\alpha' r_2} + \frac{r_1}{\lambda_p} \log \frac{r_2}{r_1}$$

α ……円管内面の熱伝達係数

α' ……円管外面の熱伝達係数

この場合、管の内面・外面とも Re 数から乱流状態であり、既知の実験式

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = 0.023 \cdot Pr^{0.4} \cdot Re^{0.8}$$

$$\frac{\alpha' d}{\lambda} = 0.24 \cdot Re^{0.6}$$

等より α 、 α' を求める事が出来る。

これより

$$K = 0.0296$$
 [Kcal/m・s・deg]

$$= 124$$
 [W/m・deg]

この K を用いて図のモデルのシミュレーションを行った結果、入り口で15℃の水が約45℃となり、30℃程度温度上昇する事が解った。

評価実験3 セラミックコーティングメッシュの消音性能

1 はじめに

セラミック製の消音材は、その特性から非常に利用範囲が広い。今回開発のセラミックコーティングメッシュについて、消音材としての性能を評価した。

通常、材料の消音性能としては吸音性能と遮音性能が重要であるが、セラミックメッシュの場合は孔明き構造となっているため、吸音性能について検討

する。

2 実験方法

図3に簡易実験装置を示す。内径600mm、長さ1000mmのヒューム管にセラミックメッシュを敷いて、雑音信号発生器から音を出し、騒音計で残響を測定した。

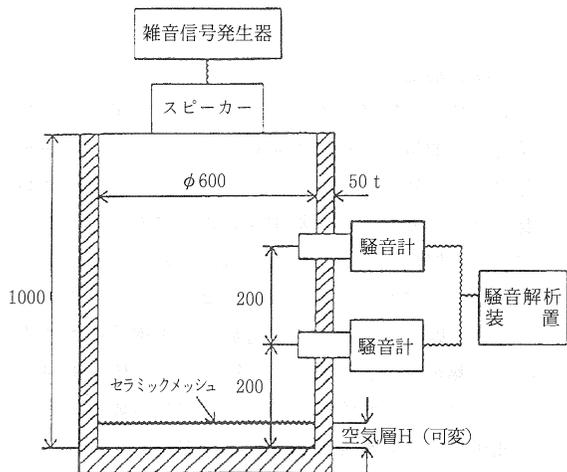


図3 消音性能実験装置

3 結果

吸音性能測定には、垂直入射吸音率法や残響室法吸音率の測定等があるが、これには、本格的な設備が必要となるため、今回は予備実験用として簡易装置を製作し、この実験装置の有効性について検討した。

雑音信号発生器からスピーカーを通して任意の周波数成分を持つ音を管内に投入し、管内にこもる音を比較分析することにより、吸音材の性能を評価するものである。

今回は音源として、ホワイトノイズ AP 及びオクターブバンドノイズを管内に投入し、それぞれの残響時間、周波数分布の変化を測定した。

この結果、管内では音源とは異なった周波数分布を示し、音が管内にこもることは確認されたが、残響が短く、これでは吸音材を設置した場合との差異の検出が困難と考えられ、残響時間が長くなるような構造とすることが解った。