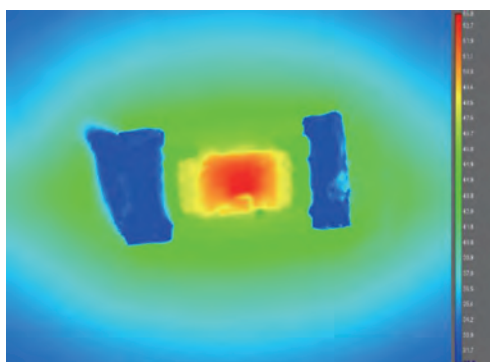
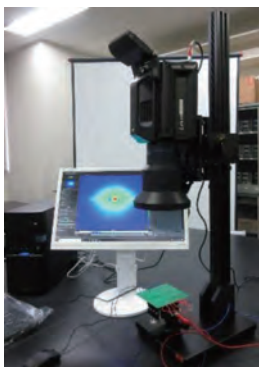


名工研・技術情報

Vol.9 (No.807)

月刊名工研 2019 年 3 月～ 2019 年 7 月号編集版



赤外線サーモグラフィ
と本装置で撮影した
チップ抵抗の温度分布
(詳しくは P 13 へ)

目次

特集 1 技術・研究紹介 (P 2～10)

- ・顕微ラマン分光とデジタル画像相関法を組み合わせたCFRPのひずみ測定
- ・層間剥離のあるCFRP板の作製方法
- ・射出成形品中の繊維含有率の測定調査
- ・金属 3D プリンタの技術動向
- ・大気圧プラズマ処理による接着強さの向上
- ・電解重量法による銅合金中の銅の定量 2
- ・X線小角散乱によるナノ粒子の粒径評価
- ・落射照明について
- ・磁気測定分野における最近の取組み 2
- ・予測計算のための吸音材の音響特性

特集 2 依頼試験 (P 11～P 12)

- ・電子材料の放熱性能評価
- ・応力三軸度
- ・恒温恒湿室を用いた温湿度試験
- ・制振性能を評価する損失係数測定法の選び方

特集 3 設備紹介 (P 13～P 14)

- ・赤外線サーモグラフィ
- ・高解像度デジタルマイクロスコープ
- ・CNC三次元測定機



名古屋市工業研究所

特集 1 技術・研究紹介

顕微ラマン分光とデジタル画像相関法を組み合わせたCFRPのひずみ測定

顕微ラマン分光を用いたひずみ測定技術は、非接触で、 μm オーダーの高い空間分解能を持つことが特徴です。当所は、この技術で炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 中の炭素繊維一本のひずみを測ることにより、繊維応力や繊維・樹脂界面を評価する技術を有しています。本稿では、この技術とデジタル画像相関法 (DIC) を組み合わせた新しい取り組みについて紹介します。

顕微ラマン分光は、①対象物に顕微鏡の対物レンズで数 μm に絞ったレーザを照射、②対象物が発するラマン散乱光を分光器でスペクトルに分解、③特定のピークがひずみに比例してシフトする現象を利用し、シフト量からひずみを求めます。レーザ照射時は、顕微鏡画像を観察しながら位置決定するため、直径 $5\mu\text{m}$ の炭素繊維でもピンポイントでひずみを測ることができます (図 1)。

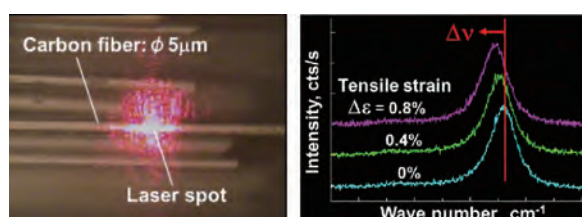


図 1 レーザ照射時の繊維およびラマンスペクトル

一方、DICは対象物表面のランダムパターンの移動量を画像解析してひずみを求める技術で、全視野の面内ひずみを一度に視覚化できることが特徴です。上述のように、顕微ラマン分光は顕微鏡観察を伴う測定のため、その画像をDICに利用できれば、顕微ラマン分光装置上で局所ひずみと面内ひずみの同時測定が実現します。

以下に、炭素繊維が一方方向に整列したCFRPを試料とし、同装置で両ひずみ測定を試みた例を示します。顕微鏡のXYステージには、小型の材料試験機 ISL-T300 (株) 三弘を設置しました。この試験機は、両側のチャックが同期して駆動するため、視野の狭い顕微鏡画像でも観察点がフレームアウトしにくい特徴があります (図 2)。

実験では、表面に接着したひずみゲージを基準に、試料をひずみ 0.1% まで引っ張りしました。変形前後の顕微鏡画像 (視野寸法 $720 \times 540\mu\text{m}$) を撮影し、解析ソフト GOM Correlate でひずみに変換したところ、引張方向のひずみに大きな分布はなく、中央部の平均値は試料の巨視的な変形とほぼ等しい 0.08% を示しました (図 3)。また、高倍率の対物レンズに変更し、顕微ラマン分光で測定した視野中央の繊維のひずみは 0.10% を示し、DIC とほぼ一致する値が得られました。以上より、同装置の顕微鏡画像をDICに利用すれば、局所ひずみと面内ひずみの同時測定が可能になりました。

顕微ラマン分光は、炭素繊維一本毎のひずみが測れる希少技術ですが、この技術だけでCFRPの評価を完遂するのは困難です。DICを相補利用し、応力集中部や損傷箇所が特定できれば、顕微ラマン分光でひずみを測る場所が限定でき、効果的、効率的な評価が可能となります。

本研究は、公益財団法人内藤科学技術振興財団の助成を受けて実施しました。ここに感謝の意を表します。



図 2 ステージ上の材料試験機および試料

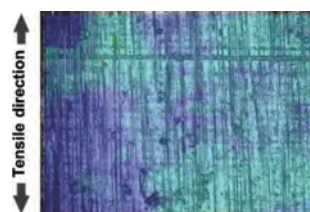


図 3 引張方向のひずみ分布

(製品技術研究室 二村 道也)

TEL (052) 654-9866

特集 1 技術・研究紹介

層間剥離のあるCFRP板の作製方法

軽量かつ高強度・高剛性である炭素繊維強化樹脂(CFRP)は、航空、自動車、エネルギーなどの分野で金属代替材料として注目されています。しかし金属とは変形・破壊の仕方が異なるため、単なる置換えは危険です。例えば衝撃を与えた場合、表面はほとんどへこまないのに内部で層間剥離を生じることがあります。こうした破壊は見た目には分からないため、内部検査が必要です。

内部検査装置は様々な原理、仕様のものがあり、どのくらい小さい層間剥離を見つけられるかを見積もるには標準試料が必要です。層間剥離を模擬した試料には裏面から平底穴をあけたものやアルミ箔などの異物を挟んだものがよく使われます。しかしこれらの試料は実際の層間剥離とは組成、構造が全く異なるため、どの程度実際の剥離を再現できているか課題が残ります。

そこで、実際の層間剥離により近い模擬試料を作製するのに図のような方法を考案しました。ガラス繊維の織物にフッ素樹脂を含浸したテー

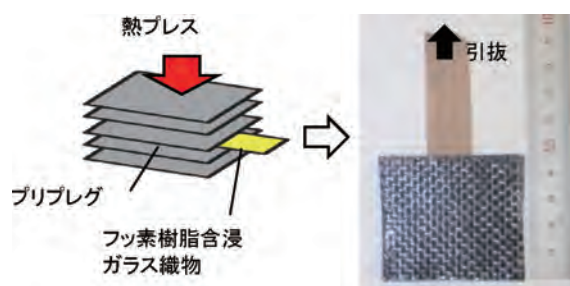


図 任意の層間剥離のあるCFRP板の作製法

プ（厚さ約0.1～0.4mm）を、炭素繊維プリプレグに挟んで成形します。挟んだテープはフッ素樹脂の撥油性とガラス繊維の剛性により容易に引き抜くことができ、残った空間はあたかも層間剥離のようになります。空間の大きさはテープの厚さ、幅、挿入長さ、挟む層によって数百 μm 単位で制御可能です。当所では、X線CT装置や超音波探傷器による内部検査において、この方法で作製した試料を層間剥離の検出能の検証に用いています。ご関心のある方は是非お問い合わせ下さい。

（有機材料研究室 名倉 あずさ）

TEL (052) 654-9950

特集 1 技術・研究紹介

射出成形品中の繊維含有率の測定調査

1. はじめに

不連続繊維強化樹脂は繊維含有率などが機械特性に大きな影響を与えることが知られています。本報告では成形品中における繊維含有率のバラツキを調査するとともに、実測された繊維含有率の差がヤング率に与える影響をマルチスケール解析から予測した結果について報告します。

2. 1 試験片

繊維含有率の測定には射出成形により作製した平板形状を用いました(図1)。成形品のサイズは80×80×t3.0(mm)です。樹脂はGF 30wt%含有のPPを使用しました。

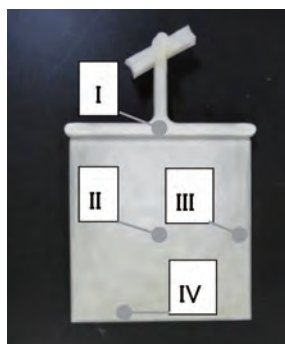


図1 平板試験片

2. 2 繊維含有率の測定

熱重量分析(TG)を使用して図1に示すI~IVの4箇所について繊維含有率を測定しました。測定結果を図2に示します。図2よりI~IIIでは繊維含有率が一定であることが分かりました。一方、IVの繊維含有率は他の3箇所に比べて約3wt%繊維を多く含む結果となりました。

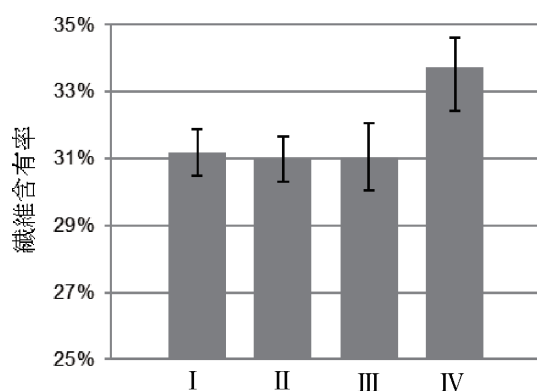


図2 繊維含有率測定結果

3 マルチスケール解析によるヤング率の予測

2. 2項より繊維含有率が他と比べて3wt%程度多い箇所があることが分かりました。そこでこの繊維含有率の差がどの程度ヤング率に影響を与えるか材料物性予測ソフトDigimatと構造解析ソフトLS-DYNAを連成したマルチ

スケール解析を用いて繊維含有率が30wt%と33wt%の場合について、それぞれ2種類の繊維配向を仮定してヤング率を算出しました。ここで、繊維配向MDは引張方向、TDは引張方向と垂直に繊維が全て向いている事を意味しています。また、アスペクト比は100に固定し、繊維はガラス(ヤング率:72.0GPa)、樹脂はPP(ヤング率:1.2GPa)としました。解析から算出したヤング率を表1に示します。繊維含有率が30wt%から33wt%に増加すると、MD方向では10.2GPaから11.4GPaと10%程度ヤング率が向上する結果となりました。一方、TD方向はMD方向に比べ繊維含有率の影響が小さいことが分かりました。これは引張方向に対して垂直方向に配向している繊維は複合材料のヤング率にほとんど寄与しないためと考えられます。

表1 解析によるヤング率の予測結果

繊維含有率	繊維配向	ヤング率 (GPa)
GF 30 wt%	MD	10.2
	TD	1.7
GF 33 wt%	MD	11.4
	TD	1.8

4 おわりに

平板のような単純形状でも同一成形品に繊維含有率の分布があることが分かりました。またマルチスケール解析により、3wt%というわずかな繊維含有率の差でもヤング率は最大で10%程度も異なることが示されました。ただし、その影響の過多は繊維配向に大きく依存することが解析により分かりました。ヤング率などの機械特性を用いて解析を行う場合は実際の成形品の繊維の状態を総括的に把握し、これを考慮に入れることでより実現象に近い解析結果を得られると想定されます。

本報告にご興味のある方は下記までお問い合わせください。

(生産システム研究室 近藤 光一郎)

TEL (052) 654-9892

特集 1 技術・研究紹介

金属 3Dプリンタの技術動向

1986年に樹脂の3D積層造形技術が報告されてから、世界的に3Dものづくりの動きは加速し続けています。2000年代までは3D積層造形による試作品製作の需要が中心でしたが、近年は医療・航空・輸送分野において少量部品の生産に実用化されています。

3D積層技術の普及に伴い、特に金属の付加造形（Additive Manufacturing；AM）技術が注目されています。個人に合わせて設計したインプラントのような少量多品種生産や構造最適化に基づく複雑形状の生産はAM技術の得意分野です。AMによる一体化製造により855個の部品点数を25個にまで削減した事例も報告されています。従来の加工方法では実現できない高機能化がAMのメリットです。

AM技術を汎用的に使用するためには造形速度やサイズ、精度がまだ十分ではないため、高速化、大型化に向けた開発が進められています。

結合剤噴射方式や材料押し出し方式は大量生産に適しており、国内では2017年から販売されています。レーザーを使用しないためコストが抑えられる点でも注目されています。レーザービーム式造形装置の大型化も進んでおり、2020年には一辺1.3mサイズの登場が予告されています。

国内ではAM技術と切削機能のハイブリッド方式の開発が進み、3D積層による複雑かつ高精度の金属部品の製造が可能となりました。また、本年度は初の純国産電子ビーム方式による積層造形装置の発売が期待されています。電子ビーム方式は造形速度が速く、高融点材料の造形が可能です。

当所では、金属用の3D積層造形装置の複数の方式に注目し、技術情報を収集しておりますので、ご相談があればお問い合わせください。

（金属・表面技術研究室 玉田 和寛）

TEL (052) 654-9920

特集 1 技術・研究紹介

大気圧プラズマ処理による接着強さの向上

1. はじめに

大気圧プラズマ処理は真空装置を使用しないため、簡便かつ安価に試料を処理できます。また、低温処理であれば、熱による基材への損傷を低減して表面処理が可能です。今回、大気圧プラズマ処理によるポリプロピレン (PP) の親水性と接着強さの向上を紹介します。

2. 実験方法

25 mm×100 mm×5 mmのPP板を用い、大気圧プラズマ装置による表面処理を行いました。プラズマ照射時間を一定とし、PP板へのプラズマの照射距離を変えることで表面処理の状態を調整しました。表面処理後、接触角計を用いてPP板の純水に対する接触角を測定しました。

接触角の測定後、PP板の端から25 mm×12.5 mmを貼り合わせ、引張せん断試験を行いました[1]。接着にはプラスチック用及び汎用のシアノアクリレート系接着剤を使用しました。プラスチック用接着剤はプライマー処理、プラズマ処理、未処理の3条件、汎用接着剤はプラズマ処理、未処理の2条件で接着強さを比較しました。試験には照射距離5 mmで処理したPP板を使用しました。

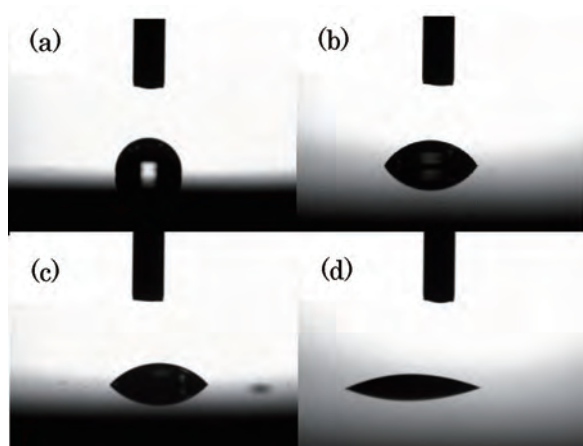


図1 表面処理による水のぬれ性の変化。

(a) 未処理, PP板へのプラズマ照射距離は
(b) 15 mm, (c) 10 mm, (d) 5 mm.

3. 実験結果

図1に表面処理したPP板の接触角を示します。(a)は未処理、(b)～(d)はプラズマの照射距離を変更した結果です。未処理と比較して、プラズマ処理により純水に対するぬれ性が向上しています。また、処理条件によるぬれ性の変化も見られ、照射距離が近いほどぬれ性が向上しています。このことから、照射距離は本装置において表面処理の状態に大きく影響していることが分かります。

図2は前処理の違いによる接着強さの変化を示しています。プラスチック用、汎用ともに未処理と比較して、プラズマ処理を行うことで接着強さが大きく向上しています。今後はプラズマ処理条件の最適化により、更なる接着強さの向上が期待されます。

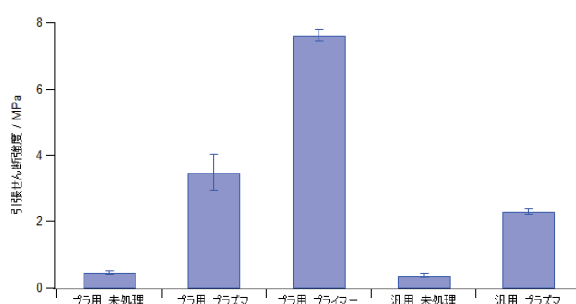


図2 前処理による最大せん断応力の変化

当所は(公財)名古屋産業振興公社と連携して大気圧プラズマを利用した技術支援をしています。プラズマを利用した表面処理にご興味をお持ちの方はお気軽にお問い合わせください。

参考文献

- [1] JIS K 6850 : 1999. 接着剤—剛性被着材の引張せん断接着強さ試験方法。

(プロジェクト推進室 安井 望)

TEL (052) 654-9906

特集 1 技術・研究紹介

電解重量法による銅合金中の銅の定量 2

本紙の743号(2014年2月)で電解重量法による青銅鑄物6種(CAC406)中の銅の定量方法を紹介しました¹⁾。しかし最近ではビスマス等を含む鉛フリーの銅合金が多く用いられるようになり、このような材料で銅の定量の妨げとなるビスマス等の分離が必要になります。以下、ビスマス青銅鑄物2種(CAC902)を例として、当所で実際に行っている方法について紹介します。

操作のフローシートを図1に示します。試料0.5gを300mLビーカーに秤量し、(1+1)塩酸10mLと過酸化水素水3mLを加え、常温で攪拌して分解します。熱板上で穏やかに加熱して過剰の過酸化水素水を分解し、さらに強熱して蒸発乾固します。温水100mLを加え、10分間加温して沈殿を熟成させ、生じた沈殿を5Cろ紙でろ過します。ろ液に(1+1)塩酸20mLと塩化ヒドロキシルアンモニウム2gを加え、熱板上で30分間煮沸し、赤色沈殿が生じた場合には5Cろ紙を用いてろ別します。白金電極でろ液の定電位電解を行います。最初は1Aを超える電流が流れるので0Vから電圧を下げ始め、電流が0.7A以下になったら少しずつ電圧を下げ、最終的に-0.37Vに調整します。電流が一定値になってから、さらに30分間電解を続け、陰極に析出した銅を秤量します①。電解残液中に残存する銅をICP発光法等で測定します②。沈殿は温(1+1)塩酸16mLで溶解し、銅をICP発光法等で測定します③。各操作で測定した銅を合算して、銅の含有率を求めます(表1)。

本試料にはスズが約4.9%、ビスマスが約1.3%含まれていますが、電解前のろ液をICP発光法で測定したところ、上記の操作によってスズは痕跡程度まで、ビスマスは検出できないレベルまで除去できていることが分かりました。

試料 0.5g

↓ (1+1) 塩酸10mL・過酸化水素水 3 mL

常温分解・加熱濃縮・蒸発乾固

↓ 温水100mL・加温10分間

ろ紙 5 種C ろ過

ろ液 沈殿※

↓ (1+1) 塩酸20mL

↓ 塩化ヒドロキシルアンモニウム 2 g

煮沸 30分間

↓ 放冷

定電位電解 (-0.37V・0.7A)・30分間

残液 陰極→秤量①

↓

純水で250mL定容→銅測定②

沈殿※

↓ (1+1) 塩酸16mL

純水で100mL定容→銅測定③

図1 定電位電解重量法のフローシート

表1 銅の測定結果(%)

	①	②	③	合計
1 回目	86.82	0.31	0.22	87.34
2 回目	86.86	0.31	0.27	87.44

【参考】1)「電解重量法による銅合金中の銅の定量」月刊名工研743号(2014年2月)P.3
<https://www.nmiri.city.nagoya.jp/meikoken/pdf/122.pdf>

(金属・表面技術研究室 大橋 芳明)

TEL(052)654-9921

特集 1 技術・研究紹介

X線小角散乱によるナノ粒子の粒径評価

近年、ナノ粒子やナノ細孔を持った材料が注目されています。スマートフォン用の帯電防止フィルムや自動車ウィンドウ用の赤外線防止フィルム等、ナノ粒子を分散させたフィルムの開発も盛んに行われています。ナノ粒子の粒径や分散性の評価は、製品の特性を管理するために非常に重要です。ナノ粒子における粒径の評価には多くの手法がありますが、試料の形態が粉末の場合は、溶媒に分散させ、レーザー回折法や動的光散乱法等を用いるのが一般的です。一方、X線小角散乱法には粉末の状態でもそのまま非破壊で評価できるなどのメリットがあります。さらに粒径だけでなく、細孔径の評価も可能であるため、ナノ構造の評価手法としての期待が高まっています。

当所では、平成27年度に多目的X線回折装置を導入し、X線小角散乱測定が可能になりました。そこで、本稿ではナノ粒子粉末やフィルムに分散させたナノ粒子の粒径を評価した事例をご紹介します。

ナノ粒子の粉末試料として、触媒学会から頒布された酸化チタン参照触媒JRC-TIO-4 (2)を使用しました。まず、この粉末試料を外径1mmのガラスキャピラリーに充填し、透過法で測定しました。得られた回折パターンを解析したところ、粉末試料の平均粒径は約25.9nmと計算されました。同試料を電子顕微鏡で観察した結果、平均粒径が約25.2nmでしたので、両者は非常によく一致していることが確認できました。

次に、この粉末試料をフィルムに分散させて、測定を試みました。フィルムの作製にはポリビニルブチラール(PVB)を用いました。PVBをエタノールに溶解させ10mass%PVB溶液を作製し、PVBに対して1.5mass%程度になるように粉末試料を分散させました。この溶液を乾燥させるとやや白濁したフィルムとなります。測定はキャピラリーを使用せず、フィルムをそのままX線回折装置にセットして行いました(図1)。粉末の場合と同様に回折パターンを解析

したところ、粒子の平均粒径は約25.1nmと計算されました。(図2)この結果より、粉末を分散させたフィルムを測定して求められる粒径は、粉末のまま測定した場合と非常に良く一致することが認められました。

X線小角散乱法では、1~100nm程度の周期的構造、粒径および形状等の解析が可能です。試料の状態については、粉末をそのまま、あるいは溶媒に分散させてキャピラリーに充填したものから、1mass%程度にフィルムに分散させたものまで、幅広い濃度領域に対応できます。本稿で紹介した事例では、さらに低濃度の領域でもフィルムを重ね合わせることで評価が可能であると考えています。このようなナノ領域での構造解析にご興味ございましたらお気軽にお問合せください。

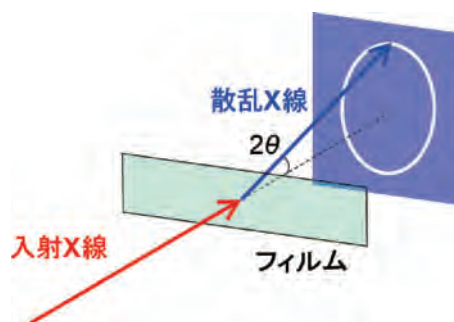


図1 フィルムでのX線小角散乱測定

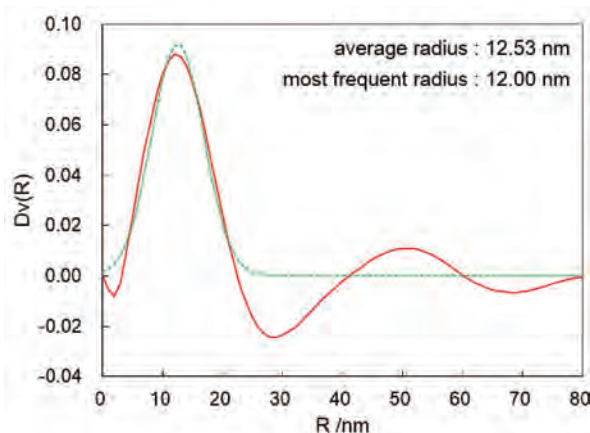


図2 ナノ粒子分散フィルムの粒径評価

(環境技術研究室 川瀬 聡)

TEL (052) 654-9925

特集 1 技術・研究紹介

落射照明について

画像検査機において落射型の照明が使われることがよくあります。落射とは、鉛直上方のカメラの位置から鉛直下方に照射するものです。この方法は、照明の明るさが中心対称になることや影が出にくいなどの利点があります。カメラの画像は、対象物の反射光の強弱を現したものです。物質の表面の反射特性は、図 1 (a) の正反射(鏡面反射)と図 1 (b) の拡散反射があります。(a)の特性が大きい対象物には、方向のそろった照明を用いるとくぼみや凹凸が濃淡として画像に現れます。

代表的な落射照明は、レンズの周囲にリング型の照明装置をとりつけたものです。このときの照明は、拡散にするか平行に近いものにするかを選択します。正反射光をのみを受光するものは、図 2 のような同軸落射照明です。ハーフミラーやプリズムを使って水平方向からの照明光を鉛直下方に反射させ、鉛直上方の反射光がイメージセンサに入ります。このような方式は、プリント基板など平板状部品の検査機によく使われています。

検査用照明の選定は、対象表面の反射特性を調べておくことが根拠が明確です。反射特性は、光の波長によっても変わります。所内には、特定の方向からの入射光に対し、どの方向にどれくらい反射しているかを測定する装置(ゴニオフォトメータ)がありますのでご活用ください。

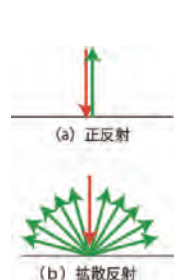


図 1 反射特性

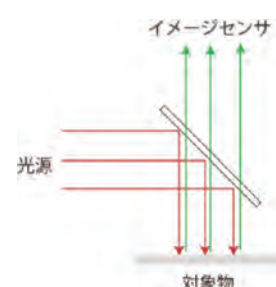


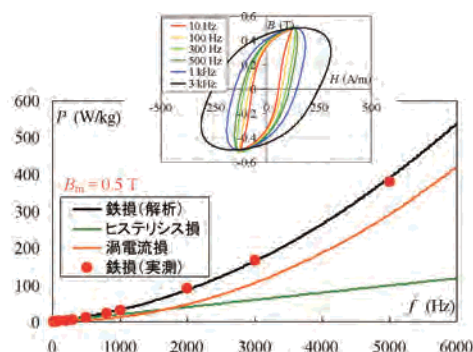
図 2 同軸落射方式

(電子技術研究室 黒宮 明)
TEL (052) 654-9948

磁気測定分野における最近の取組み 2

電動機や変圧器、磁気機構部品など磁気利用製品に広く利用されている電磁鋼帯(鋼板)や電磁軟鉄などは、磁束密度や鉄損値などの磁気特性値が日本産業規格(JIS)等の製品規格として記載されています^{1,2)}。例えば電磁鋼帯では商用周波数での鉄損値により階級が設定されていますが¹⁾、JIS等の記載にはない鋼材が使用される場合や商用周波数以外の交流で使用される場合もあり、当所にも個別の用途に応じた特性評価に関する相談も寄せられています。

電磁鋼帯の交流BH特性の実測から、鉄損に及ぼすヒステリシス損(磁気履歴に由来)と渦電流損(導電性に起因して交流磁界による誘導電流発生による)の寄与を、それらの周波数依存性から分離して抽出した例を図に示します。この実測条件では2 kHz付近で後者の寄与が支配的になり始めることを示しており、こうした実測により推奨できる周波数範囲などの使用条件について一定の知見を得ることが可能です。



当所ではこうした実験課題への取組みなどを通じて、磁気測定分野での技術支援の水準を高めていくように努めてまいります。技術相談や測定・評価のご依頼などのご利用をお待ちしております。

【参考資料】

- 1) JIS C 2552「無方向性電磁鋼帯」他。
- 2) JIS C 2504「電磁軟鉄」。

(電子技術研究室 小田 究)
TEL (052) 654-9929

特集 1 技術・研究紹介

予測計算のための吸音材の音響特性

予測計算に用いるため吸音材の音響特性を調べたいという相談がしばしばあります。これは音場予測のような比較的簡易な計算では、吸音率または比音響インピーダンス、特性インピーダンス等が必要とされることが多いためです。これらの値は垂直入射条件であれば音響管での吸音率の測定から取得できます。当所でも測定が可能ですので、それぞれの値の特徴や違いについてご紹介します。

吸音率には垂直入射以外にもいくつかの測定方法がありますが、どれも一般的には剛壁反射面に材料を配置した場合における反射音の低下率を表したものとなっています。そのため吸音率は、密度やヤング率のように材料で一定とみなせる固有の物性値とは少し違っていています。同じ材料でも厚さ、背後の状態、拘束方法等の設置条件により変動することが多く、予測計算時には測定値をそのまま用いることが適当か吟味する必要があります。

次に比音響インピーダンス($=p/v$ 、ここで p :音圧、 v :粒子速度)は単位面積での音響的なインピーダンスを表したもので、通常は材料表面での値が必要とされます。この測定値もまた厚さ等の設置条件に左右されることが多く、取り扱いには注意を要します。吸音率とは違い一般に複素数となるため、波動性を考慮した予測にも適用できる値です。

一方、特性インピーダンスは無限大の材料内での平面波の伝播特性を表しており、材料固有の値です。材料表面での状態を表した前の二つの量とは意味が異なるため混同しないよう注意が必要です。材料内で減衰がある場合には伝搬定数とともに用いられ、より詳細な計算に適用が可能です。

音場予測計算ではこのような吸音材の音響特性値が必要とされることが多いと思います。お困りの際には、お気軽にご相談ください。

(計測技術研究室 山内 健慈)

TEL (052) 654-9877

特集2 依頼試験

電子材料の放熱性能評価

EVやPHVをはじめとした次世代自動車の普及が進む中、動力源であるモーターを制御するために用いられる電子機器には高い信頼性が求められています。これらの機器では、GTOやIGBTのように大電流を扱う素子(パワーデバイス)が用いられており、スイッチング損失に伴う自己発熱の問題が大きくなっています。発熱した熱を如何に効率よく外部に放熱させるかといった対策が重要視されており、近年では、シミュレーション技術による熱対策技術、いわゆる熱設計を活用する機会が増えています。熱設計を的確に行うためには、機器を構成する材料の熱伝導率をはじめとした熱物性を予め把握しておく必要があります。

名古屋市工業研究所では、熱対策のために用いられるセラミックス製の電子基板や放熱シート、グラファイトと金属の複合材などの熱伝導性の高い電子材料の熱伝導率測定を行っています。これらの測定には、フラッシュ法¹⁾を用います。フラッシュ法では、試験体(φ10mmまたは□10mm)の表面をパルス状に加熱したとき

の裏面の温度上昇過程を測定し、最高温度の1/2に達するまでの時間(ハーフタイム)から、熱拡散率を求めます。この熱拡散率と別途求めた比熱容量、密度の積から放熱性能を表す熱伝導率を導出することができます。放熱材料のように熱伝導性の高い材料では、加熱後の温度変化が急峻なため、ある程度の厚みが必要となります。なお、試験体の厚みは、以下の式によって見積もることができます。

熱伝導率測定をご依頼の際は、この条件を参考にして試験体をご準備ください。

$$\text{試験体の厚さ} > \sqrt{72 \times \alpha \times \tau_p} \quad [\text{mm}]$$

α : 熱拡散率(mm^2/s)、 τ_p : パルス幅(0.1ms)

1) JIS R 1611「ファインセラミックスのフラッシュ法による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法」

(生産システム研究室 高橋 文明)

TEL (052) 654-9938

応力三軸度

CAEによる延性破壊予測に関する相談を受ける際に、応力三軸度という言葉をお客様からよく聞くようになりました。応力三軸度とは、応力の多軸度を表す指標のことで、破壊起点における平均応力(負の静水圧) σ_m と材料の変形抵抗 σ の比 σ_m/σ で表されます。単軸圧縮応力の場合-0.33、せん断応力の場合0、単軸引張応力で0.33、2軸引張応力で>0.66のように引張応力の多軸度が大きくなると正に大きくなり、逆に圧縮応力状態になると負になる値です。延性破壊の原因となる微小ボイドの発生や成長に周りの静水圧が強い影響を及ぼすことから、応力三軸度と破壊ひずみには相関関係があるといわれています。近年、その関係から延性破壊予測しようという取り組みが自動車部品メーカーやCAEソフトベンダーなどで試みられています。

一方で取り扱いには注意も必要です。一般に延性のある材料は変形に伴って応力三軸度は大

きく変化します。例えば、単軸引張試験でも、変形の初期状態でこそ応力三軸度は0.33付近ですが、くびれの発生に伴い応力三軸度は徐々に大きくなり、素材や初期形状によっては破断直前で1.0を超える場合もあります。また、圧縮試験では変形の初期状態では-0.33付近ですが、樽型変形の進行に伴って応力三軸度は正に転じ、最終的には引張応力状態で破壊します。多くの論文や事例紹介では、取り扱いを簡略化するために、変形過程の平均をとって“平均”応力三軸度を用いることが多々あります。応力三軸度は変形によって大きく変化するもので、それほど単純でないことは覚えておく必要があります。延性破壊の予測をする場合には、応力状態の過程を確認したり、破面の観察をしたりするなど複合的な考察が必要です。

(生産システム研究室 村田 真伸)

TEL (052) 654-9891

特集 2 依頼試験

恒温恒湿室を用いた温湿度試験

製品に対する温湿度の影響を測定したいというご要望に対応できる、温湿度制御が可能な恒温恒湿室をご紹介します。

恒温恒湿室は、次表に示す仕様で、自動車用ドアパネルなどの比較的大型の製品の温湿度試験を実施できます。また、一定の温湿度雰囲気にするほかに、プログラムにより温度変化が生じるような環境を再現することも可能です。

恒温恒湿室仕様

室内寸法	W 4070× D 2100× H 1970 mm
扉入口有効寸法	W 820× H 1800 mm
温度制御範囲	− 30 ～ + 80℃
湿度制御範囲	20 ～ 95%RH (但し + 20 ～ + 60℃まで)
温度下降時間	+ 20℃から − 30℃まで 2 時間以内
温度上昇時間	+ 20℃から + 80℃まで 1 時間以内

試験例として、機械部品に対し夏場あるいは熱帯地方を想定した高温多湿下での信頼性・耐久性を確認する試験、自動車用部品に対しプログラムを用いて一定時間ごとに高温と低温を繰り返す温度変化を与えた影響を確認するサイクル試験、100V電源のコンセントを利用する電気製品に対し冬場の室内設置を想定した低温条件下での動作試験、密封型の製品を高温・低温条件下に置いて熱電対とデータロガーを用い温度保持能力を評価する試験、一定温度条件下の恒温恒湿室内に置いた液体等の循環装置に対してφ150の測定孔を利用して室外の常温環境下からパイプ・ケーブルを経由して流体を送り込んだ場合の性能評価試験など、様々な条件での温湿度試験を実施してきました。

恒温恒湿室を利用した温湿度試験について、ご相談がありましたらお気軽にお問い合わせください。

(計測技術研究室 奥村 陽三、谷口 智)

TEL (052) 654-9927

制振性能を評価する損失係数測定法の選び方

損失係数測定装置は制振性能評価指標の一つである損失係数を測定する装置です。本装置は、JIS K 7391に規定されている片持ちはり法および中央加振法により損失係数を測定できます。ここでは試験方法選定の参考にしていただくため、各試験方法の特徴について解説します。

片持ちはり法(図1)は、短冊形試験片の一端を固定し、自由端側を加振します。比較的簡単に試験準備ができますが、試験片には固定部を設け、材料によっては固定部が潰れないように工夫する必要があります。また、加振器・検出器の特性上、非磁性の試験片はそのままでは試験ができません。加えて、片持ちはり法から得られる1次の損失係数は固定部の影響を受けることがあるため、通常は測定しないか測定しても参考値とします。

一方、中央加振法(図2)は、短冊形試験片中央を加振器で直接加振するため、固定部を設ける必要がなく、磁性の有無は問わず試験可能で

す。また、片持ちはり法より高周波帯域まで測定できます。しかしながら、軽すぎる、または軟らかい試験片の測定には不向きであり、試験温度は試験片固定用接着剤の使用温度範囲内に制限されます。

各種材料の損失係数測定に関するご相談がありましたら、お気軽にお問い合わせください。

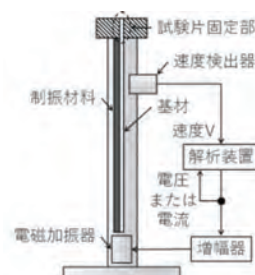


図 1

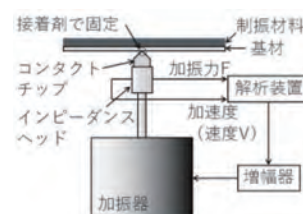


図 2

(計測技術研究室 山田 博行)

TEL (052) 654-9870

特集3 設備紹介

赤外線サーモグラフィ((公財)JKA平成30年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業)

(公財)JKAの平成30年度機械設備拡充補助事業により、赤外線サーモグラフィ(写真1)を導入しました。本装置は、物体表面から放射される赤外線を検出して温度分布を測定する装置です。赤外線サーモグラフィは低価格化が進み、様々な場面で利用されるようになりました。本装置はそれらの普及価格帯のサーモグラフィに対して高速・高精度(検出素子が異なるため)、高拡大率(レンズ性能)という点で大きく異なります。そのため、高空間分解能かつ高精度で速い現象を捉えることが可能です。

昨今は様々な製品が電子化され、小型・高速化が進んでいます。そのため、各部品の発熱密度が上昇し、熱対策が重要になっています。部品の温度を測定する手法として、主に熱電対と赤外線サーモグラフィが利用されています。熱電対は絶対精度は高いですが、部品に接触することによって熱電対に放熱して温度が下がるという問題があります(ある程度の改善方法があります)。また、機器全体の温度分布は測定できません。これに対して、赤外線サーモグラフィは非接触で全体の温度分布を測定します。しかし、部品の小型化によって空間分解能が足りずにピーク温度を見落とす危険があります。写真2は普及価格帯のサーモグラフィで1.6mm×0.8mmのチップ抵抗を撮影した温度分布です。このときはピーク温度が49.2℃と測定されました。一方、本装置に3倍拡大レンズを取り付けて同じチップ抵抗を撮影したのが写真3です。1画素あたり5μmと十分な空間分解能で温度分布を測定できており、ピーク温度は53.5℃となっています。基板が41℃であり、温度上昇で比較すると50%も異なります。

小型部品の温度測定に加え、材料内の伝熱現象(放熱シート内のフィラーへの伝熱など)を測定することを検討しており、材料開発や欠陥検出などに応用が可能です。

赤外線サーモグラフィは簡単な操作で熱画像が表示される利用しやすい装置ですが、現象を理解していないと誤った解釈をする危険があります。目的によって撮影方法等が変わってきますので、ご利用の際にはご相談ください。また、微細な温度分布、素早い温度変化を測定されたい方は本装置をご利用ください。

(主な仕様) 機器名: X6580sc

メーカー: FLIR、センサ: InSb(1.5~5.5μm)、

解像度: 640×512(最大)

フレームレート: 355Hz(640×512), 670Hz

(320×256), 1205Hz(160×128), 4700Hz(64×8)

空間分解能: 5μm(X3レンズ), 15μm(X1レンズ)

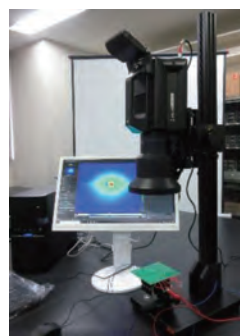


写真1: 赤外線サーモグラフィ



写真2: 一般的なサーモグラフィで撮影したチップ抵抗の温度分布

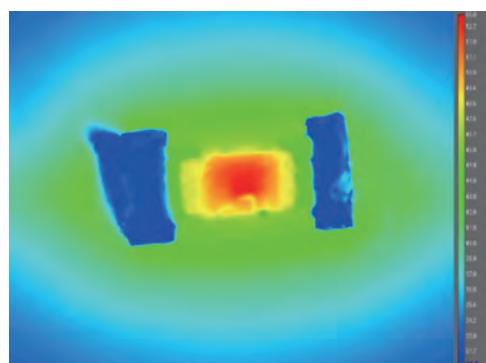


写真3: 本装置で撮影したチップ抵抗の温度分布

(生産システム研究室 梶田 欣)

TEL(052)654-9940

特集3 設備紹介

高解像度デジタルマイクロスコープ

月刊名工研2019年1月号(No.800)にて紹介した高解像度デジタルマイクロスコープが本年度より本格稼働したので、実用例を紹介致します。

デジタルマイクロスコープは電子顕微鏡と比較し、対象物の色情報が得られるという大きな利点があります。この利点を活かした観察例を写真1に示します。

鑄鉄の表面に水道水を吹き付けて錆を発生させ、観察を行いました。一見すると赤と白の錆のみですが(①)、拡大すると緑の錆が見取れます(②)。この違いは水滴の有無で酸素と触れる度合いが場所ごとに違ったことが原因と思われる。

ある領域の元素分析にはSEM-EDXが用いられますが、まずどの領域を分析するか検討する必要があります。色彩の違いはその領域を決定する一つの基準になります。金属であれば錆び方によって色が違い、また単純に製品とは違う色の異物が付着している場合も想定されます。

様相の違う箇所が目に見える場合もありますが、そうでない場合もあるのでデジタルマイクロスコープによる観察を行うことでより効果的な分析ができます。

今回は金属を例に紹介しましたが、材質を選ばず前処理不要で観察が可能なことも大きな利点なので、幅広い業界に活用いただけます。ご関心のある方は是非お問い合わせください。

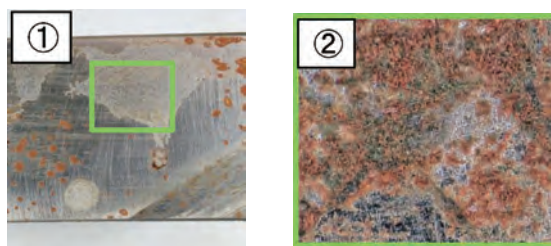


写真1: 鑄鉄の錆の観察 (①: 等倍、②: 500倍)

(金属・表面技術研究室 杉山 周平)
TEL (052) 654-9875

CNC三次元測定機

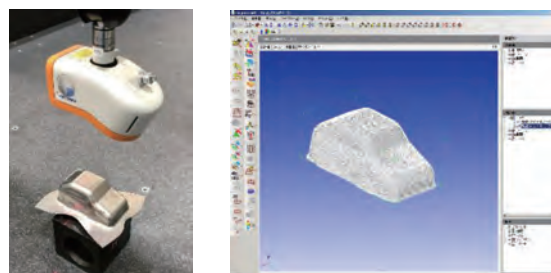
工業研究所では、平成30年3月に「<IoT活用拠点> 3Dものづくり支援センター」を開設しており、デジタルものづくり装置を集約いたしました。

CNC三次元測定機は門移動構造の大型三次元座標測定機であり、接触式プローブによる座標測定に加えて、ラインレーザープローブによる非接触三次元形状測定が可能です。空調設備も完備しており、測定範囲の広さから自動車部品や金型などの大きな測定物も高精度に測定が可能です。

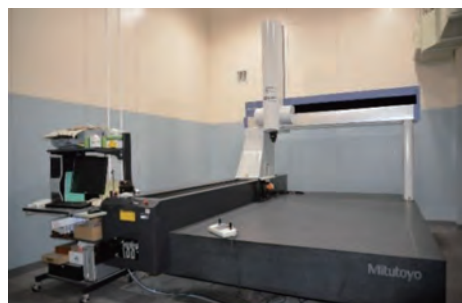
三次元形状測定の手データはSTL形式で出力することが可能です。同施設に設置されている三次元造形機などと連携することで、リバースエンジニアリングが可能です。

<装置仕様>

- ・測定可能範囲:
縦2000mm×横1600mm×高さ800mm
- ・設置可能重量: 3000Kg
- ・測定精度: $3.8 + (4L/1000) \mu m$ (TP200使用時)



ラインレーザープローブによる三次元形状測定



(生産システム研究室 田中 智也)
TEL (052) 654-9942

名工研・技術情報 Vol.9 (No. 807)

発行日 令和元年8月1日
発行部数 1,200部
無料 特定配布
編集 名古屋市工業研究所支援総括室

月刊名工研 2019年3月～2019年7月号編集版

発行 名古屋市工業研究所
名古屋市熱田区六番三丁目4番41号
電話: 052-661-3161 FAX: 052-654-6788
URL: <https://www.nmiri.city.nagoya.jp>
E-mail: kikaku@nmiri.city.nagoya.jp