



月刊名工研

No.805

2019 年 6 月 1 日発行

※NMIRI : Nagoya Municipal Industrial Research Institute

とびくす

- 【依頼試験】 電子材料の放熱性能評価
応力三軸度
- 【設備紹介】 CNC 三次元測定機
- 【技術紹介】 X線小角散乱によるナノ粒子の粒径評価
- 【お知らせ】 工業研究所をご活用ください



【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 (mm²/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

【設備紹介】

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。

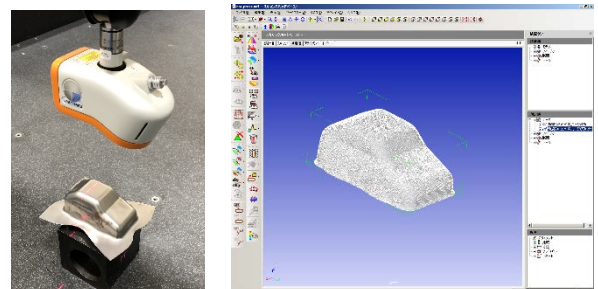
<装置仕様>

・測定可能範囲:

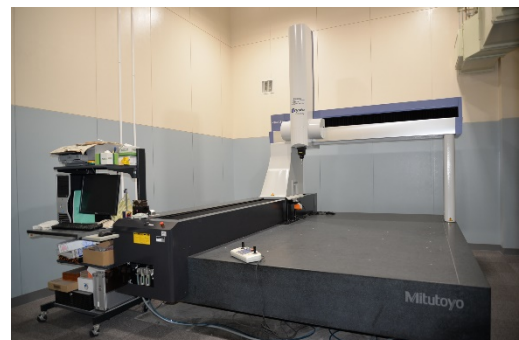
縦 2000mm × 横 1600mm × 高さ 800mm

・設置可能重量:3000Kg

・測定精度:3.8+(4L/1000) μm (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

【技術紹介】

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測定可能であることや、フィルム内に分散した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1 mm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25.9 nm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25.2 nm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10 mass%PVB溶液を作製し、PVBに対して1.5 mass%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で行いました(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25.1 nm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、1~100 nm 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、1 mass%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がありましたらお気軽にお問合せください。

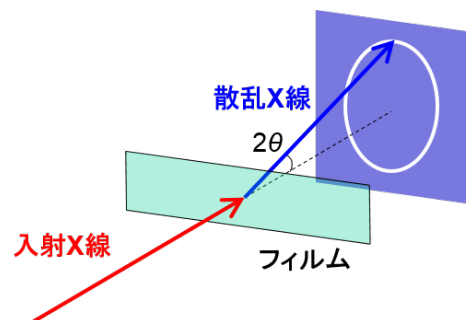


図 1 フィルムでの X 線小角散乱測定

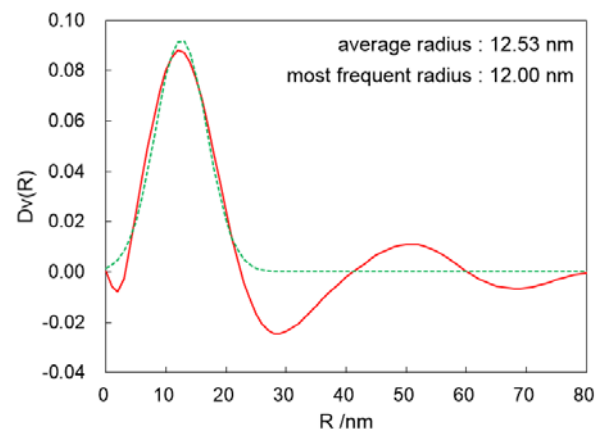


図 2 ナノ粒子分散フィルムの粒径評価

(環境技術研究室 川瀬 聡)

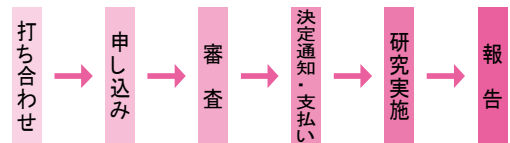
TEL (052) 654-9925

【お知らせ】

工業研究所をご活用ください

受託研究

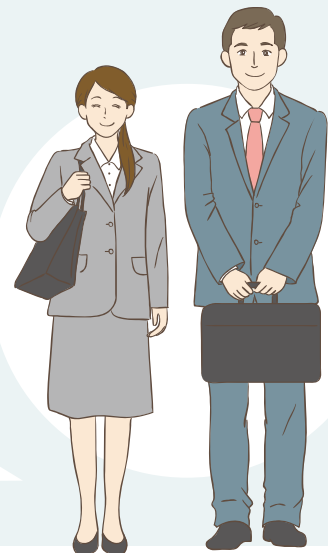
新製品や新技術の開発には、「受託研究（企業側からは委託研究）」をご利用下さい。当所の職員が企業からの委託を受けて研究を行います。また、委託企業の社員を研究補助員として派遣して頂き、研究作業を共同で行うことも可能です。研究期間は当該年度内の 1 ヶ月以上です。研究費は企業負担とし、研究期間が 6 ヶ月未満の場合は月額 10 万円以上で、6 ヶ月以上の場合は総額 60 万円以上で承ります。



出向きます技術相談

「出向きます技術相談」とは、工業研究所の各分野の研究員が企業の現場を訪問させていただき、各企業の実情をお聞きし、技術的課題の解決を図るものです。さらに、工業研究所の技術支援サービス（技術相談、依頼試験、技術指導、受託研究など）につきましても併せてご紹介させていただいております。相談は無料です。

「出向きます技術相談」による訪問をご希望の際は、お気軽に工業研究所までご連絡下さい。企業の分野に応じた適切な研究員が日程調整のうえ、訪問させていただきます。



中小企業技術者研修

（公財）名古屋産業振興公社と協力し、幅広い分野の技術者研修を実施しています。コースの内容や2019年度の予定など、詳しくはこちらをご参照ください。

→ http://www.nipc.or.jp/kougyou/p_training/lecture.html

講演会・講習会

年間を通じ、さまざまなテーマで講演会・講習会を行っています。随時HPやメールマガジンでご案内しております。ぜひご参加ください！

→ <https://www.nmiri.city.nagoya.jp/cgi/seminar/page.cgi>

（編集・発行）

名古屋市工業研究所

〒456-0058 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