

令和4年度
静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター
研究発表会

要 旨 集

令和5年3月7日（火曜日）

10時～15時5分

午前の部 10時～11時40分

午後の部 13時30分～15時5分

(別添)

浜松工業技術支援センター研究発表会プログラム

午前の部

令和5年3月7日 10時から 11時40分

10時00分 センター長 あいさつ

10時05分 研究発表

NO	発表タイトル	発表者	概要
AM-1 10:05 10:20	ナノ秒レーザーピーンフォーミングの変形特性 (レーザーピーニングの簡易評価法の検討)	光科 上席研究員 鷲坂芳弘	レーザーピーニングは表面に圧縮残留応力を付与して部品の疲労寿命を向上させる表面処理である。本法の加工条件の最適化には残留応力分布の測定が不可欠だが、その工数が大きいという課題があった。そこで加工原理を同じくするレーザーピーンフォーミングを簡易評価に利用することを発案し、基礎検討として、ナノ秒グリーンレーザーでの雰囲気清浄度とデフォーカスが変形量に与える影響を調査し、評価法の可能性を検討した。
AM-2 10:20 10:35	繊維への微細カラーマーキングのための光学系構築と染料層の厚さ制御方法の検討	光科 上席研究員 山下清光	繊維への微細カラーマーキングは、繊維に染料を塗布した後、レーザーを当て、熱で染色させることにより行う。微細にマーキングをするためには、レーザービーム径と染料層の厚さの制御が必要である。紫色半導体レーザーを微小かつ円形に集光するための光学系を構築しビーム径を測定した結果と、染料層の厚さを制御する方法について実験を行った結果を報告する。
AM-3 10:35 10:50	2次元色彩計を応用した金属加工面の表面粗さ推定	光科 上席研究員 中野雅晴	加工面の品質検査では、目視や触診といった官能的な方法が使われてきた。これらの方法では、熟練の検査員が必要で、定量的な品質管理が難しいという課題がある。本研究では、官能検査に代わり、インラインで定量的に表面粗さを測定する方法を開発している。本方法では、カラー画像測定した加工面の測色値が表面の凹凸状態によって変わることを利用して粗さを推定する。本発表では、粗さの推定精度を評価した結果について報告する。
AM-4 10:55 11:10	車載電子機器のアンテナ照射試験における低周波(80MHz以下)領域への周波数拡大の検討	機械電子科 上席研究員 山田浩文	車載電子機器のアンテナ照射試験の国際規格(ISO11452-2)では、水平偏波は400MHz以上、垂直偏波は80MHz以上で試験を行うことになっている。一方、メーカーや製品によっては20MHzからアンテナ照射試験を要求されることがある。ここでは、これに対応するため20~80MHzの周波数範囲でのアンテナ照射試験を行う方法について検討した結果について報告する。
AM-5 11:10 11:25	IoT・機械学習を活用した機器の稼働状態評価(第1報)	機械電子科 上席研究員 太田幸宏	現在、静岡県工業技術研究所では、企業のIoT導入支援に取り組んでいる。IoT化されていない機器にセンサーを後付けし、機器の稼働状態が見える化することで、日常業務の自動化や予知保全などを行うことができる。今回、扇風機の稼働状態を、後付けした小型IoT機器でモーターの回転による振動が見える化し、そのデータを機械学習モデルに入力することで、扇風機の異常稼働状態を評価する事例について報告する。
AM-6 11:25 11:40	高周波焼入口ボットの研究開発	機械電子科 主任研究員 鈴木悠介	少量生産、複雑形状品に対する高周波焼入れは熟練工による手作業により加工が行われている。近年、熟練工の減少に伴い、安定した品質の確保が課題となっている。そこで、企業と共同し少量多品種の生産に対応できる高周波焼入口ボットの開発に取り組んだ。本発表では、試作したロボットにより複雑形状のカム部品に対して焼入れする際の加工プログラムの検討及び加工後の焼入れ品質を評価した結果について報告する。

(別添)

浜松工業技術支援センター研究発表会プログラム

午後の部

令和5年3月7日 13時30分から 15時05分

13時30分

研究発表

NO	発表タイトル	発表者	概要
PM-1 13:30 13:45	E V向けコネクタ・スイッチ用めっきの特性向上に関する研究	材料科 研究員 長田貴将	輸送機器の電動化に伴い、コネクタ等の端子・接点用めっきの需要増が予想されている。端子・接点用めっきには、耐久性が求められるが、摺動や挿抜により、めっき表面に摩耗や酸化が生じた結果、電気抵抗が増加し不具合が発生する。本年度は、端子・接点用めっきの耐久性を評価するため往復摺動試験機を作製し、摺動中の電気抵抗値の変化を測定する方法を構築した。
PM-2 13:45 14:00	めっきを利用した鉄-アルミニウムのスポット溶接技術の開発	材料科 上席研究員 田光伸也	鉄-アルミの接合技術には軽量化対策として高いニーズがある。しかし、それらのスポット溶接では、アルミが過剰に溶融し接合面に脆弱な金属間化合物が形成され、十分な接合強度を得ることは難しい。本研究では、表面形態が凸形状のニッケルめっき（ラフネスニッケルめっき）を接合部に施し、接合部の表面積を増加させることで、冷間圧延鋼板とアルミニウム板を十分な強度でスポット溶接する技術開発を試みた。
PM-3 14:00 14:15	積層造形を活用した新たなモノづくり技術の開発に向けた調査研究	材料科 上席研究員 田光伸也	産業界からの金属・樹脂積層造形についての要望（情報調査、試作、協議会の設立、相談窓口の設置 等）に対応するため、浜松工業技術支援センター材料科では、技術資料調査、3Dプリンタによる試作造形、金属3Dプリンタ活用のための体制を整備し、県内企業が金属3Dプリンタを活用できる環境を整えた。本報告では、取り組み内容と成果に加え、導入した金属3Dプリンタと関連装置について紹介する。
PM-4 14:20 14:35	新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料(CFRP)の高効率成形技術の確立	繊維高分子 材料科 科長 鈴木重好	近年、自動車業界における環境・燃費規制など、エネルギーを有効に活用する技術が必要とされており、中でも材料の軽量化は多くの産業に共通する課題である。炭素繊維強化複合材料(CFRP)はその解決策の一つといわれており、本研究プロジェクトでは、軽量・高強度を特徴とするCFRPについて、熱可塑性樹脂を用いた生産性の高い成形技術を確立することを目的とする。本発表では3年間の成果概要について報告する。
PM-5 14:35 14:50	細断したUDテープを用いたCFRTPのトランスファ成形	繊維高分子 材料科 主任研究員 森田達弥	当センターでは強度と成形時間のバランスが取れた熱可塑性炭素繊維強化プラスチック(CFRTP)の成形技術開発に取り組んでいる。本発表では、一定長に細断した一方向炭素繊維プリプレグ(チョップドUDテープ)を用い、CFRTP用に改良したトランスファ成形機で成形した平板の機械的特性を評価した結果を報告する。
PM-6 14:50 15:05	X線CTによるCFRTPの繊維配向観察	繊維高分子 材料科 上席研究員 針幸達也	熱可塑性炭素繊維強化プラスチック(CFRTP)の強度は繊維配向に依存する。当センターで研究を行っているチョップドUDテープを用いたCFRTPは全体では等方性となっているが、局所的に見れば炭素繊維が配向しているため場所によって強度に違いがあると推定される。そのためCFRTP材を用いる際には繊維配向を調査することが重要である。本発表ではX線CTを用い繊維配向を調査した事例について報告する。

ナノ秒レーザーピーンフォーミングの変形特性
—レーザーピーニングの簡易評価法の検討—

光科 上席研究員 鷲坂 芳弘

1 目的

レーザーピーニング (以下 LP) はレーザー誘起衝撃波で表面近傍に圧縮残留応力を付与することで部品の疲労寿命を向上させる表面処理である。LP の施工品質は残留応力分布にて評価されるが、その測定にかかる工数が大きく、LP の加工パラメータが多いことから、加工条件の最適化に難があった。一方、LP と同じ加工原理に基づいた成形法であるレーザーピーンフォーミング (以下 LPF) は、単純には圧縮残留応力値が高い、または残留応力層が深いほど変形量が大きくなる。そこで LPF を LP の簡易評価に利用することを発案した。本報では簡易評価の可能性の検証を目的として、ナノ秒レーザーでの LPF による板曲げを行い、雰囲気となる水の清浄度とデフォーカスによる曲げ角の変化を調査した。

2 方法

使用したレーザーは波長 532 nm、パルス幅 8 ns、繰返し周波数 10 Hz、パルスエネルギー E は最大 500 mJ である。10 mm×50 mm に切断した板厚 1 mm の純チタン板に水中にて焦点距離 50 mm のレンズで集光したレーザー光を走査させて曲げ加工した。走査後、曲げ角 θ を測定した。レーザー照射で生じるデブリの影響をみるため、ろ過した水を試験片の側方からまたはレーザーと同軸に噴射して、水のろ過循環がない場合と θ の時系列変化を比較した。さらに集光点から光源側へのデフォーカス量 z を変化させて θ への影響を調べた。

3 結果と考察

図1にろ過水の供給法による θ の時系列変化を比較する。循環なしでの θ の低下は、水中を漂うデブリが増えてレーザー光が遮られ、LP の施工品質が悪化したことを示す。一方、同軸噴射はデブリが光路上から排除され、施工品質が安定した。図2は z に対する θ の変化を示す。集光点より数 mm 光源側で θ が大きく、この位置で効果的に LP ができると推定される。これらの結果より LPF をもって LP の水供給法や加工条件の良否を判定できる可能性がある。今後、残留応力分布を検証して、本評価法の有用性を確認していく。

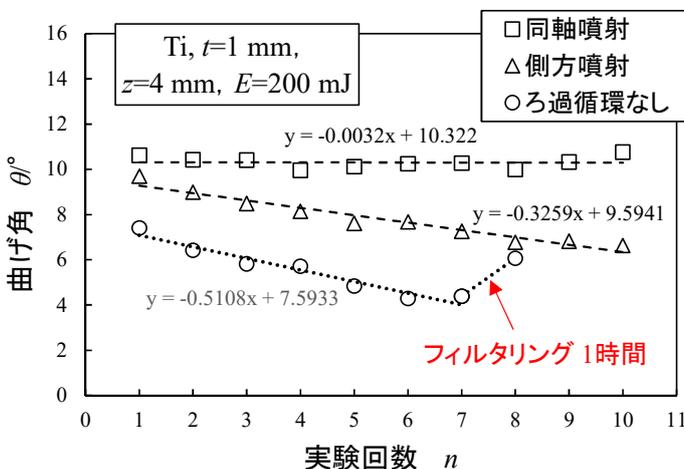


図1 ろ過水の供給法による時系列変化の比較

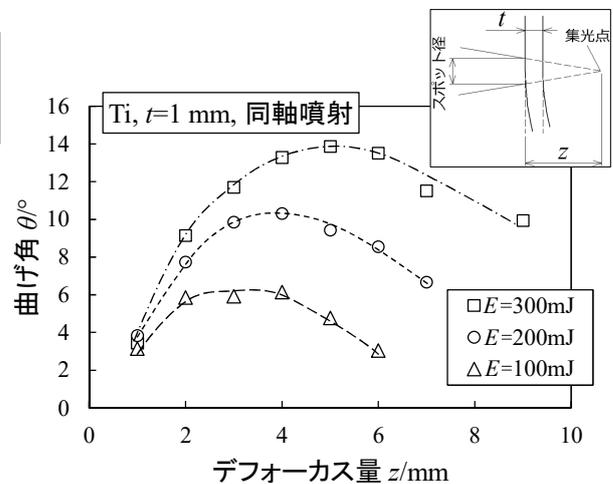


図2 デフォーカス量の影響

繊維への微細カラーマーキングのための光学系構築と染料層の厚さ制御方法の検討

光科 上席研究員 山下清光

1 目的

ブランド品の偽造被害による損害は大きく、アパレル業界も同じ状況にある。繊維への微細カラーマーキングは偽造防止の点でアピール性が高く、業界からの期待も大きい。

繊維への微細なカラーマーキングは、浜工技が先導的に開発を進めたレーザー応用技術であり、繊維へマイクロメートルサイズのカラーマーキングができる技術は他には見当たらない。微細にマーキングをするためには、レーザービーム径と染料層の厚さの制御が必要である。今回は紫色半導体レーザーを微小かつ円形に集光するための光学系を構築した結果と染料層の厚さを制御する塗布方法について、実験を行った結果を報告する。

2 方法

今回、使用するレーザーを波長 405nm の半導体レーザーとした。半導体レーザーのビームは出射後、縦横で広がり方が大きく異なるため円形のビームにするために図1に示す光学系を構築した。また、染料層厚を制御するための方法を検討した。今回はPET板に染料となせん糊を混ぜた溶液を塗布した。染料層の厚さの均一にするため、塗布直後にエアにより余剰の溶液を除去した。染料の濃度とエアノズルの移動速度を変えて、乾燥後に染料層の厚さを測定した。

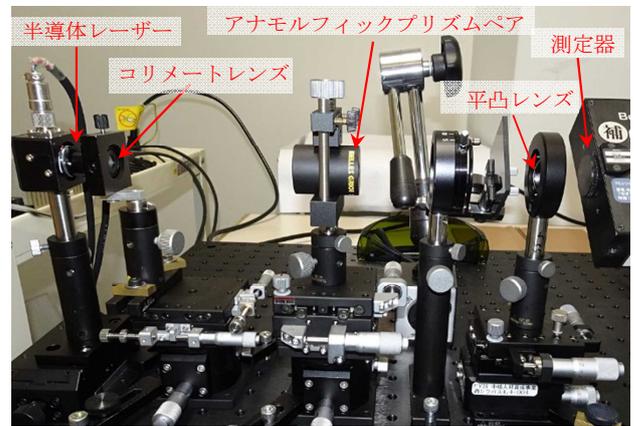


図1 構築した光学系

3 結果と考察

構築した光学系で焦点距離 35mm の平凸レンズを用い、集光点前後のビーム径を測定したところ、図2に示すように目標値の 10 μm 以下にすることに成功した。また、図3に示すように、考案した染料塗布方法で染料層の厚さを制御できることを確認した。

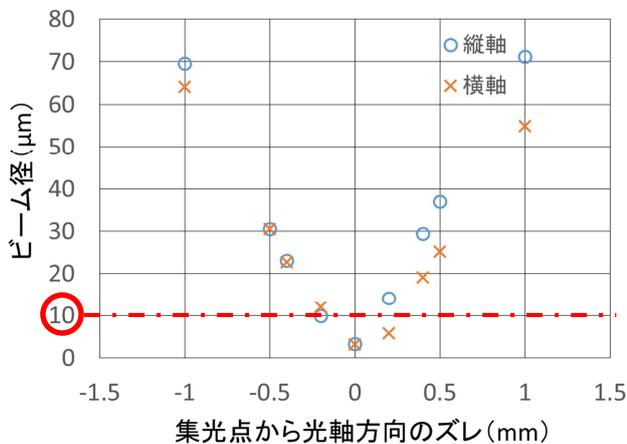


図2 集光点前後のビーム径

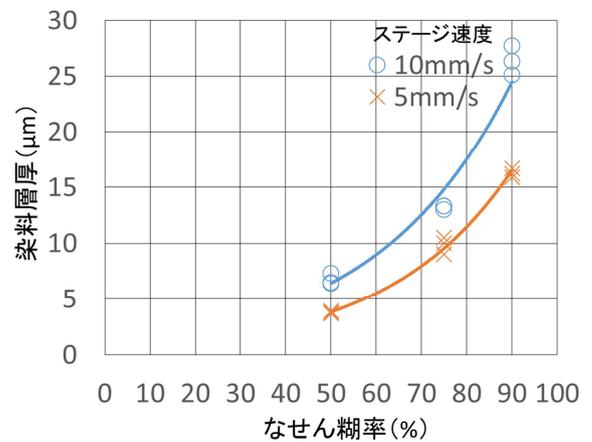


図3 比率に対する染料層の厚さ

2次元色彩計を応用した金属加工面の表面粗さ推定

光科 上席研究員 中野雅晴
株式会社パパラボ 岡田 楓 加藤 誠

1 目的

製品の品質検査工程において、加工面の表面粗さを評価するために、目視や触診といった官能検査が使われてきた。官能検査では、高度な検査技術を有する人材が必要で、定量的な品質管理が難しいことが課題となっている。

本研究では、官能検査に代わり、巨視的な粗さの違いを定量的にインラインで評価する方法を開発している。本方法では、色彩計で2次元測定した試料表面の測色値が、表面の凹凸状態によって変わることを利用して粗さを推定する。本発表では、粗さの推定精度を評価した結果について報告する。

2 方法

図1に、本方法による粗さ推定の概略図を示す。試料面の法線に対し斜め方向から平行光で試料を照明し、拡散反射した光の色を色彩計で2次元測定した。次に、各画素の測色値を色表現で用いるxy色度図にマッピングして、その分布の拡がり幅と表面粗さの相関を評価した。また、視野中心から離れた位置に試料を配置（最大30mm）したときの色分布を測定し、測定位置による拡がり幅のばらつき量から粗さの推定精度を見積もった。試料として、表面をブラスト加工した粗さが異なるアルミ平板を用いた。

3 結果と考察

粗さパラメータの1つである算術平均高さSaと色分布の拡がり幅の関係を、図2に示す。Saは共焦点顕微鏡で測定した三次元形状から算出した。視野中心と中心から離れた位置で測定した色分布には、拡がり幅の違いが見られた。これは、撮像レンズの収差に起因すると推察される。回帰直線の傾きは $0.002 \mu\text{m}^{-1}$ であった。また、拡がり幅は回帰直線からRMSEで0.002程度ばらついた。このことから、本方法ではSaが $0.7 \mu\text{m} \sim 11 \mu\text{m}$ の範囲において、Saに $2 \mu\text{m}$ 以上の違いがあれば判別できると考えられる。

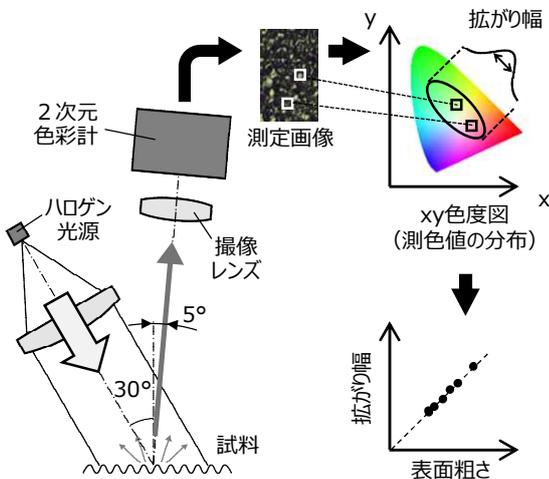


図1 表面粗さ推定の概略図

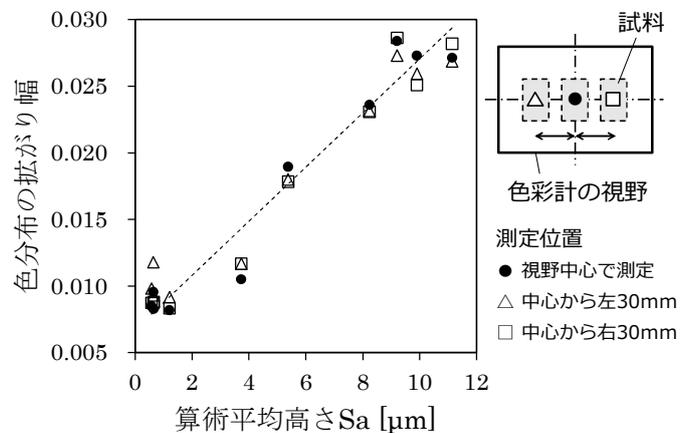


図2 表面粗さと測色値分布の関係

1 目的

車載電子機器のアンテナ照射試験の国際規格(ISO11452-2:2019)では、水平偏波は400MHz以上、垂直偏波は80MHz以上で試験を行うことになっている。一方、メーカーや製品によっては20MHzからアンテナ照射試験を要求されることがある。本発表では、これに対応するため20~80MHzの周波数範囲でアンテナ照射試験を行う方法について検討した。

2 方法

可能な限りISO11452-2規定の配置に従って試験を行った。バイコンカルアンテナ(BC、Schwarzbeck VHBD9134+BBFA9146)を用いて、100V/mの電界強度を発生するようにBCへの入力電力を調整し、その入力電力を記録した。このBCは素子に延長金具(長さ990mm)を付けることによりその長さを延長することができる。垂直偏波の場合について、①上側の素子のみ延長金具を付けた場合(写真1)と②上下の両素子に延長金具を付けた場合(一般的な使用方法)とについて測定し、比較した。

3 結果と考察

図1に、100V/mの電界強度を発生するのに必要な入力電力を示す。①上側素子のみ延長金具を付けたとき、②上下の両素子に延長金具を付けたときに比べて、必要な最大の進行波電力は3.6kWから1.5kWに減少し、反射電力を減少することができた。また、②の方法ではISO11452-2:2019に規定されている「アンテナの位相中心はグランドプレーンから100mmの高さにしなければならない」と「アンテナ素子のどの部分も床から250mm以上離さなければならない」を満たすことが難しいが①の方法ではこれらの規定を満たすことがわかった。以上より、①の上側素子のみ延長金具を付けた方法について推奨する。



写真1 BC、上側素子のみ延長金具付

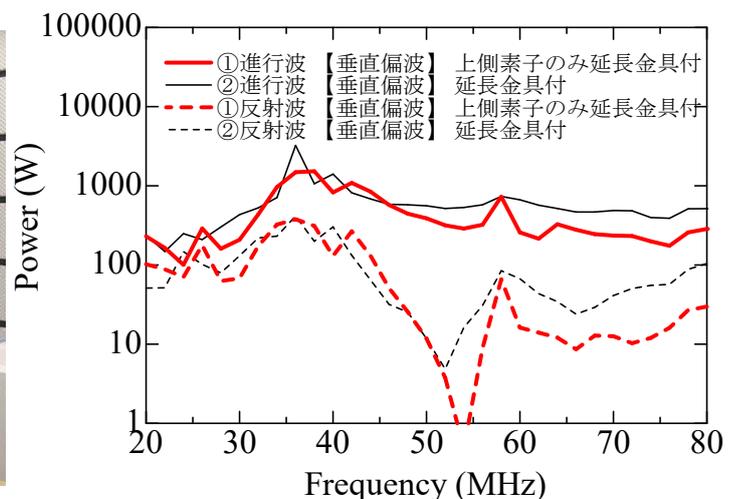


図1 電界(100V/m)発生に必要な入力電力

IoT・機械学習を活用した機器の稼働状態評価（第1報）

機械電子科 上席研究員 太田幸宏

1 目的

生産現場で長時間稼働する設備を正常に維持するには、多くの作業員が現場で日常的に点検する必要がある。また、一旦、不具合が発生すると修理までに多大な損失が発生するため、僅かな予兆を即座に診断する技術が求められている。

そこで、後付けでIoT化して機器の稼働状態を見える化したデータを用いて機械学習モデルを作成し、機器の稼働状態を診断する技術の開発を行う。第1報では、市販されている小型IoT機器を活用して、扇風機のモーターの回転により発生する振動計測したデータから、品質工学的な機械学習手法で、稼働状態を評価した事例を報告する。

2 方法

小型IoT機器として、モーターの回転で発生する振動を計測できる慣性計測ユニットを持つ「M5StickC Plus」を用いた。この小型IoT機器は、扇風機が稼働しても動かないように、テープでモーター付近に固定した。また、通常とは異なる稼働として、扇風機の羽の一枚におもり（0.31g）を付けることで扇風機の羽を偏心させた（図1）。

稼働状態の評価は、MTシステムを用いたFFT重心監視で行った。この手法は、小型IoT機器で取得した振動データをフーリエ変換でスペクトルデータに変換し、そのスペクトルデータの周波数軸及びパワー軸それぞれの重心位置を計算し、その2値をMTシステムの入力データとする。おもりが付いていない状態で扇風機を稼働したときを正常稼働、おもりが付いた状態で扇風機を稼働したときを異常稼働とした。正常稼働時に計測した振動データを用いて機械学習モデル（単位空間）を作成し、異常稼働時に計測した振動データの機械学習モデルの出力値（マハラノビスの距離）で稼働状態が判定できるか評価した。

3 結果と考察

図2は、正常稼働時及び異常稼働時に計測したそれぞれ10サンプルを用いて稼働状態を判定した結果である。正常稼働時と異常稼働時でマハラノビスの距離は大きく異なるため、判定するための閾値を容易に設定できることが確認できた。



図1 振動計測実験風景

(実線丸：小型IoT機器、点線丸：おもり)

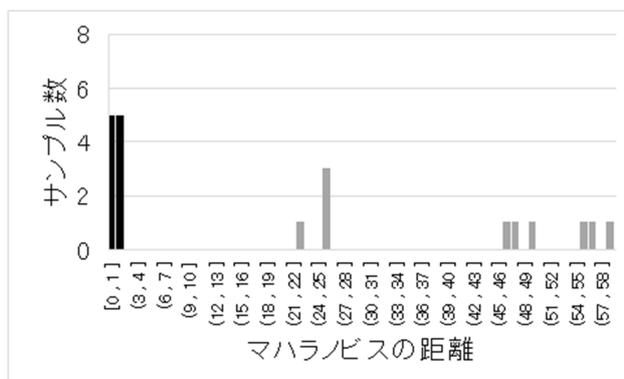


図2 稼働状態の判定結果

(■：正常稼働、■：異常稼働)

高周波焼入口ボットの研究開発

機械電子科 主任研究員 鈴木悠介

1 目的

高周波焼入れは、表面焼入れの手法として、輸送機器をはじめ一般機械部品など様々な金属部品に対し、耐摩耗性、耐疲労性の向上を目的に用いられている。現在、大量生産部品に対する高周波焼入れ工程は自動化が進んでいるが、少量多品種で複雑形状の部品に対しては、熟練工による手作業でしか対応できないことから、このような生産に対応できるロボットが求められている。そこで、少量多品種の生産に対応できる高周波焼入口ボットの開発を企業と共同で取り組み、昨年度、X、Y、 θ の3軸駆動のロボットを試作した。そこで、本年度は、試作したロボットを用いて複雑形状のカム部品(FCD600)に対する高周波焼入れを行い、加工品質を評価した結果について報告する。

2 方法

(1)加工プログラムの作成

カム部品のCADファイルから座標値を計算し、熱処理加工のコイルを操作するNCプログラムを作成した。カム部品形状に沿って全周にわたり均一に加熱されるよう、誘電加熱コイルとカム部品のクリアランス、誘電加熱コイルの送り速度の調整を可能とした。

(2)焼入れ品質評価

高周波焼入れ後のカム部品について、図1①～⑤に示す5箇所での測定試料を調製し、JIS G 0559(鋼の炎焼入れ及び高周波焼入れ硬化層深さ測定法)に準じて、マクロ組織観察による焼入れ深さの測定及びビッカース硬度試験による硬度測定を行った。

3 結果と考察

試作した高周波焼入口ボットを用いてカム部品全周にわたる焼入れ加工を施し、目標とする硬度HRC45～50(ビッカース硬度450～500相当)を達成していたことを確認した。しかし、硬度や焼入れ深さは、位置や厚み方向で不均一で、特に厚み中央部は焼入れ深さが浅く、硬度が低いことが分かった(図2)。原因として加熱時の温度上昇と冷却に課題があると考えられる。高周波電源の出力、誘電加熱コイルの送り速度と被加工物との距離といったパラメーターを最適化することで複雑形状への均一な焼入れ加工が実現できると考えられる。

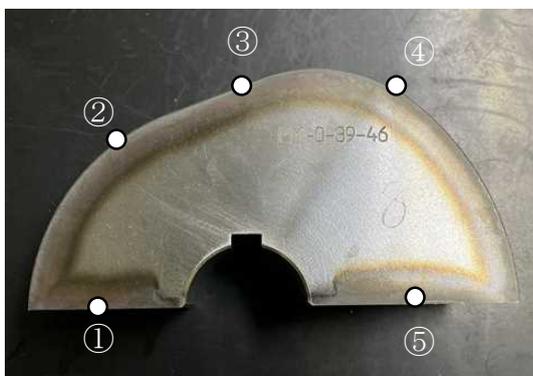


図1 試作評価用部品

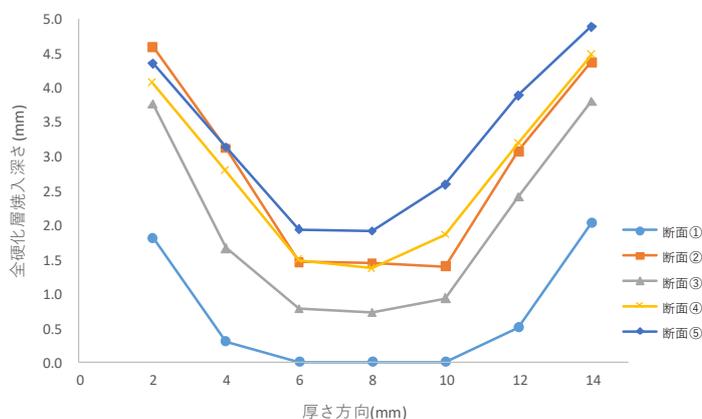


図2 カム部品厚さ方向における全硬化層深さのバラツキ

EV向けコネクタ・スイッチ用めっきの特性向上に関する研究

材料科 研究員 長田 貴将

1 目的

輸送機器の電動化に伴い、コネクタ等の端子・接点用めっきの需要増が予想されている。端子・接点用めっきは、めっきの摩耗や酸化によって接触不良や導通不良が生じ、電気抵抗が増加するため、めっきの耐久性が求められている。めっき企業が開発時に自社でめっきの耐久性を評価できれば、開発力や開発スピードが向上し、メリットは大きい。しかし一般的なめっき企業では、耐食性、硬さ、膜厚以外の特性を評価できる装置や評価方法、経験等を有していない。

本研究では、端子・接点用めっきの摺動による電気抵抗値の変化を耐久性として捉え、めっき企業が自社で評価できる方法の確立を目的とした。本年度は往復摺動試験装置の作製、装置性能の検証を行った。

2 方法

往復摺動試験中に電気抵抗値を測定できる装置を作製した。装置の外観を図1に示す。本装置はモーターの回転運動をリンク機構によって往復直線運動に変換する。樹脂3Dプリンタで作製した治具を使用して、球状電極上に分銅を載せ、2試料を同時に、同荷重(同条件)で往復摺動試験を行った。

幅30mm×長さ100mm、厚さ3mmの銅板に、10 μ m厚のSnめっきをして試料とした。DC12Vを印加させた状態で往復摺動試験を行い、試料と球状電極間の電圧を測定し、電気抵抗値を算出した。各試料にかかる荷重を約1.8N(球状電極80g、分銅100g)、摺動距離約4mm、摺動速度5往復/秒とした。

3 結果と考察

測定結果を図2に示す。正常なめっき状態では電気抵抗値が数十m Ω であったが、摺動回数が約1000回を超えると電気抵抗値に変化が現れ、最大1000m Ω まで増加した。これは摩耗粉の引き込みによる接触面積の減少や表面酸化による抵抗の増加が原因であると考えられる。その後約1500回に到達すると、Snめっきが削れ、素材の銅が露出し球状電極上と接触したことにより、電気抵抗値が減少した。このように、作製した装置を使用し摺動試験によって、端子・接点用めっきの耐久性を電気抵抗値の変化から捉えることができた。

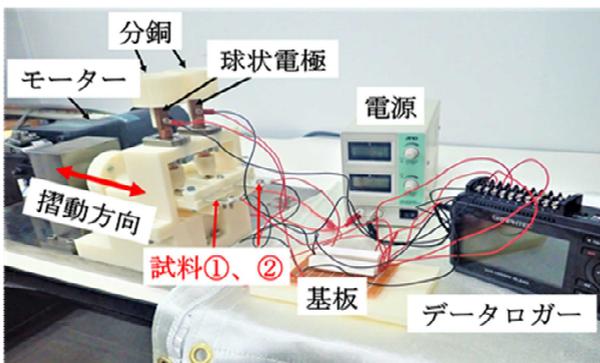


図1 往復摺動試験装置

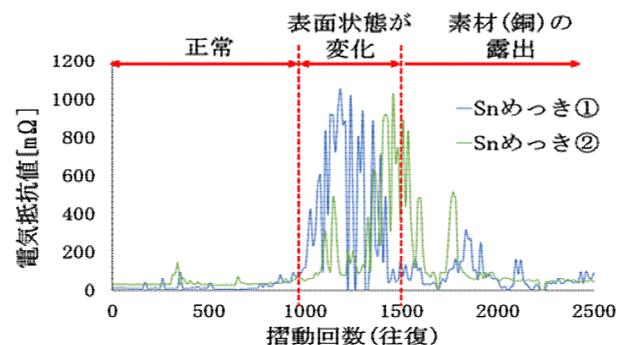


図2 Snめっき試料の抵抗値変化

めっきを利用した鉄-アルミニウムのスポット溶接技術の開発

材料科 上席研究員 田光伸也
やまと興業株式会社 境澤知彦

1 目的

鉄-アルミの接合技術は、次世代自動車等の軽量化対策として高いニーズがあり、県内の自動車部品製造業者でもスポット溶接による接合を用いた部品が検討されている。しかし、鉄-アルミのスポット溶接ではアルミが過剰に溶融し、接合面に脆弱な金属間化合物が形成されやすく、十分な接合強度を得ることは難しい。

そこで我々は、接合面積（表面積）に着目した。鉄表面を無数の凸形状の金属で覆い、凸形状の隙間を溶融したアルミで満たすことで接合に関わる表面積が増え、十分なせん断強さを示す鉄-アルミ接合が期待できる。

本研究では、表面が凸形状のめっき（ラフネスニッケルめっき、図1）を利用した、汎用スポット溶接機による鉄とアルミニウムの接合技術の開発を試みた。

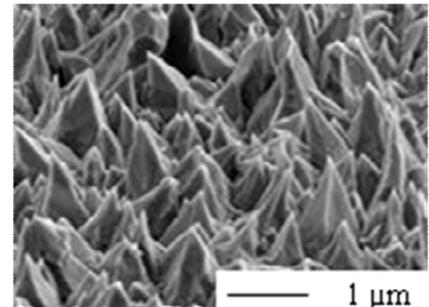


図1 ラフネスニッケルめっきの表面(SEM)

2 方法

鋼板（SPCC、厚さ0.8 mm）にラフネスニッケルめっきを施し、アルミニウム板（A1050、厚さ0.5 mm）をスポット溶接機（パナソニック：YR-500SB2）を用いて接合し、引張せん断試験片を作製した（図2）。接合強度は引張試験機によりせん断力を評価した。接合強度に対する



図2 引張試験片のイメージ

ラフネスニッケルめっき（パラメータ：厚さ、表面粗さ）の影響を検証するため、接合に適しためっき条件を求めた。スポット溶接機の出力は、ワイヤハーネス固定用の薄板の接合を想定し、電極形状をφ3 mm、電極を押える圧力を0.06 MPa、印加時間を3秒とした。

3 結果

通電量1200 C/dm²、溶接電流5500 Aにおけるラフネスニッケルめっきの電流密度とせん断強さの関係を図3に示す。

ラフネスニッケルめっき表面の先端形状の最も鋭い条件（電流密度1 A/dm²）において高いせん断強さが得られた。この時、接合面には金属間化合物の生成は認められず、良好な接合面が形成された。

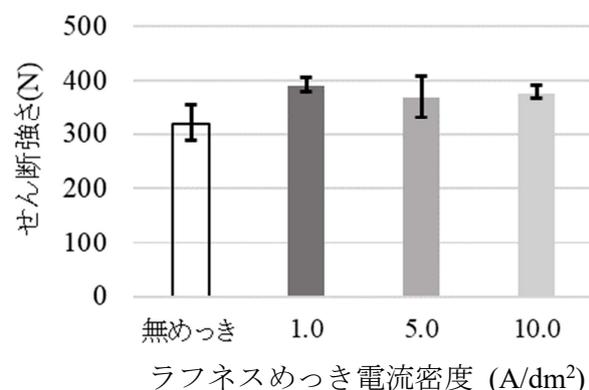


図3 引張せん断強さに及ぼすラフネスめっきの影響（めっき通電量1200 C/dm²、溶接電流5500A）

積層造形を活用した新たなモノづくり技術の開発に向けた調査研究

材料科 上席研究員 田光伸也

1 目的

次世代自動車への転換が進むなか、産業界から金属・樹脂積層造形について、情報調査、試作、協議会の設立、相談窓口の設置、金属3Dプリンタの導入等の要望が出されている。浜松工業技術支援センターが、3Dプリンタを用いた自動車部品製造の知見を蓄積し、県内産業界からの要望に対応することが必要である。

本研究では、技術資料調査、3Dプリンタによる試作造形、金属3Dプリンタ活用のための体制整備、金属3Dプリンタ導入を行い、県内企業が金属3Dプリンタを活用しやすい環境を整えた。本報告では、取り組み内容と成果に加え、導入した金属3Dプリンタと関連装置について紹介する。

2 方法

3Dプリンタを用いた自動車部品製造の知見を蓄積するため、(1)～(4)の小課題に取り組んだ。

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| (1) 3Dプリンタ情報の収集・提供 | (2) 樹脂及び金属3Dプリンタサンプルの試作 |
| (3) 3Dプリンタ活用体制の整備 | (4) 積層造形取り組み状況の調査 |

3 結果

(1)では、樹脂、金属3Dプリンタ造形物の機械的特性他の技術情報を調査し、140ページの報告書にまとめ、R5年2月の金属3Dプリンタ活用セミナーで報告した。内容の一部を研究所ホームページ等で公開する予定である。

(2)では、金型や治具、形状比較用モデル等を試作した(樹脂8点、金属9点)。樹脂では、県内企業の要望を聞き取り、企業と協力して生産工程で使える治具を浜工技の装置を用いて作製した。金属では、金属3Dプリンタでないと作製できない複雑配管の冷却効果のデモ用金型などを作製した(図)。

(3)では、静岡県積層造形技術協議会の設立、デジタルものづくり相談窓口の設置、研究所ホームページ内に金属3Dプリンタ特集サイトを開設した。これにより、県内企業が3Dプリンタを活用しやすい体制づくりを進めることができた。

(4)では、企業、産業支援団体、大学等を調査した。県内企業の希望する造形物(水管入り金型、熱処理用高周波コイル)や材料(金型用SKD材)などのニーズを把握し、造形準備に反映させた。



図 「水管形状が金型の冷却に及ぼす影響」デモンストレーションの結果

新成長分野発展に貢献する軽量高強度材料（CFRP）の高効率成形技術の確立

繊維高分子材料科 科長 鈴木重好

1 目的

世界の自動車業界に対する環境・燃費規制など、エネルギーを有効に活用する技術が重要であり、材料の軽量化は各産業に共通するキーテクノロジーである。炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、その優れた軽量・高強度特性から、近年は、高級EV車などへ採用され始めているが、大量生産のための成形時間短縮が喫緊の課題となっている。本研究は、県の新成長産業戦略研究の一つで、CFRPの高効率成形技術を確立することにより、上記課題を解決することを目的とする。

2 方法

本研究は、平成21年より活動している浜松地域CFRP事業化研究会が取り組むCFRP成形技術の開発を支援することで、研究会会員企業をはじめとする地域企業がCFRPを用いた新製品の開発に利用できる環境整備を目指すもので、3年間の研究により、CFRPの高速成形に必要な基盤技術（基材テープ製造技術、基材テープを用いた成形技術）を確立し、製品設計に必要な機械物性等の基礎データを収集した。また、本技術を用いて県内企業より提案された部品の試作を行った。

3 結果と考察

（1）CFRPの基材となるUDテープ製造技術の確立

超音波溶着技術を応用したテープ状の中間基材（UDテープ）の最適製造条件を確認し、高品質（ボイド率5%以下、厚さ $100\mu\text{m}$ 以下）のUDテープを高い生産効率で作製する技術を確立した。

（2）チョップドUDテープを用いた成形技術の確立

UDテープを一定長に細断したチョップドUDテープを金型内にランダムに投入し、熱プレス成形により厚さ2mmの平板を作製し、曲げ強度を測定した結果、アルミダイカストの2.3倍の軽量高強度性を示した。

また、チョップドUDテープを用いて複雑形状製品を短時間で成形する方法として、トランスファ成形について検討した（図1）。成形した厚さ2mmの平板は、平均して曲げ強度500MPaを超えていることがわかった。

（3）地域企業が提案する部品の開発支援

トランスファ成形を用いて、かさ歯車の成形試験を行った（図2）。適当な条件の下では、複雑な製品形状に対して細部まで樹脂と炭素繊維がしっかり充填していることを確認した。



図1 トランスファ成形機

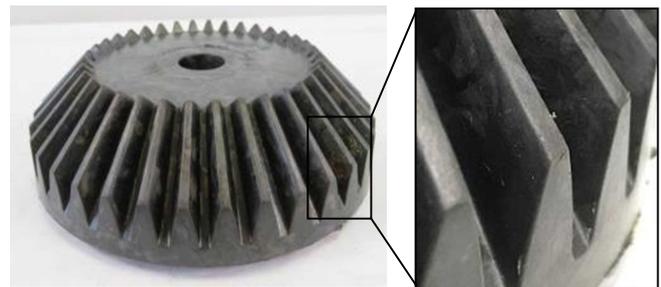


図2 成形試作品（φ150mmかさ歯車）

細断したUDテープを用いたCFRTPのトランスファ成形

繊維高分子材料科 主任研究員 森田達弥

1 目的

当センターでは、物性と生産性のバランスが取れた炭素繊維強化プラスチックの成形技術を確立するため、浜松地域CFRP事業化研究会や静岡大学と協力し、熱可塑性炭素繊維強化プラスチック(CFRTP)の成形材料(UDテープ)の製造技術やUDテープを一定長に細断し、ランダムに投入する成形技術の開発に取り組んでいる。令和3年度末には、複雑形状への展開や短時間成形を目指し、CFRTPに適した仕様に改良したトランスファ成形機を導入した(図1)。しかし、トランスファ成形機でCFRTPを成形した事例はほとんどなく、成形条件や成形品の物性は明らかになっていない。そこで、導入したトランスファ成形機で平板を成形し、機械的特性を評価した。本発表ではその結果を報告する。



図1 導入したトランスファ成形機

2 方法

炭素繊維にポリアミドを含浸させた長さ15mm、繊維体積含有率50%のUDテープとトランスファ成形機を用い、金型温度などの成形条件を変えて200mm角、厚さ2mmの平板を成形した。成形した平板から図2のとおり、試験片を切り出し、JIS K 7074を参考に曲げ試験を実施した。また、炭素繊維の一部をガラス繊維に置換した同形の平板を成形し、X線透過像を撮影した。



図2 切り出し箇所

3 結果と考察

金型温度220℃以下では隅部まで材料が充填できず、平板が成形できなかった。金型温度230℃以上では、隅部まで材料が充填でき、平板が成形可能であったため、曲げ試験及びX線透過像の撮影を実施した。各試験片の曲げ強度を図3に示す。曲げ強度は試験片1が高く、試験片4が低い傾向がみられた。しかし、試験片4においても、400MPa以上の曲げ強度となった。また、金型温度280℃で成形した平板のX線透過像を図4に示す。その結果、繊維は材料注入部から同心円状に配向し、金型壁面では一方向に配向する傾向が見られた。また、金型温度230℃で成形した平板でも同様の結果が得られた。そのため、試験片の採取箇所で繊維配向が異なり、各試験片の曲げ強度に差が生じたと考えられた。

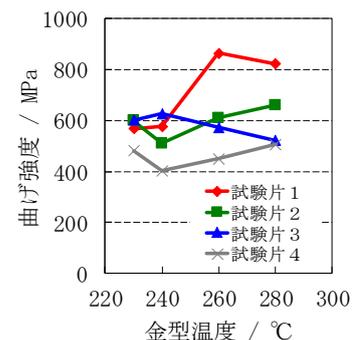


図3 曲げ強度

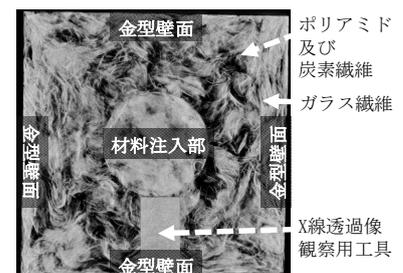


図4 X線透過像

X線CTによるCFRTPの繊維配向観察

繊維高分子材料科 上席研究員 針幸達也

1 目的

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、その優れた軽量・高強度特性から、近年は、高級EV車などへ採用され始めている。CFRPの材料強度は繊維の配向に大きく依存する。当センターで対象としているチョップドUDテープにより成形された熱可塑性炭素繊維強化プラスチック（CFRTP）は成形時にチョップドUDテープをランダムに配置するため全体としては配向のない疑似等方性を有している。しかし局所的に見れば繊維は配向しており、方向による強度の違いがある。そのためこのようなCFRTPを使用する際には繊維の配向を把握する必要がある。繊維配向を調べる方法にはいくつかの方法があるが、本発表ではX線CTを用い繊維配向を観察した事例について報告する。

2 方法

X線CTの撮影にはコメットテクノロジーズ株式会社FF35CT Meteorologyを用いた。CFRTPの場合は、炭素繊維もマトリックス樹脂も炭素が主な構成元素であるため、通常の撮影条件ではコントラストがつかず炭素繊維を観察することができない。そのためメーカー推奨の撮影条件ではなくマニュアル測定で最適な測定条件を求め撮影を行った。

X線CTの拡大率はX線管から被写体までの距離とX線管から検出器までの距離の比で、拡大したい場合は被写体をX線管に近づける必要がある。X線CTは撮影時に被写体を回転させるため大きい被写体をX線管に近づけると被写体とX線管が衝突してしまう。そのため大きい被写体は拡大撮影することはできず径の細い炭素繊維の繊維配向を調べることができない。そこで樹脂とは成分が異なるガラス繊維をマーカーとして成形時に加え炭素繊維の配向を調べた。

3 結果と考察

最適な条件で撮影したサンプルは成形品内部のチョップドUDテープの配置を確認でき、炭素繊維の配向を確認することができた。

またガラス繊維を加えることでトランスファ成形によって作成した大きなサンプルでも炭素繊維の配向を推定できるようになり、円形の成形品では円周方向に配向していることが分かった。この様にX線CTはCFRPの配向を調べる有効な手段になりうると考えられる。



図1 CFRTPのCT画像
(10mm×7mm)

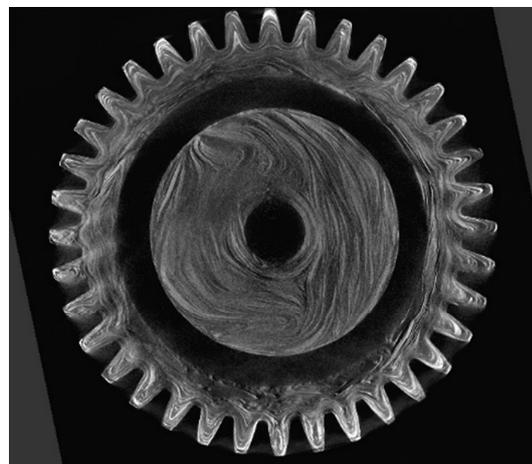


図2 CFRTPのCT画像
(ガラス繊維入り、φ150mm)