

精密万能試験機 AGX™-V

ラジアルフォーミング加工によるEV用 モーターシャフトの評価

- ラジアルフォーミング加工が静的引張特性に及ぼす影響 -

矢野 文彬

ユーザーベネフィット

- ◆ AGX-VとTRViewXを使用することで、JIS Z2241に準拠した金属材料の引張試験が可能です。
- ◆ Real-Time Strain View™を使用することで、試験中のひずみ分布の可視化が可能です。
- ◆ 静的引張試験を実施することで、ラジアルフォーミング加工により力学特性が向上した領域の推定が可能です。

■はじめに

近年、温室効果ガスの排出量削減に向けて、脱炭素化への流れが加速しています。中でも自動車産業の電気自動車（EV）シフトが、脱炭素社会の実現に向けて大きな役割を担っていると云えます。EV化の普及に向けて、航続可能距離の向上が求められており、そのための車体の軽量化が開発テーマとして挙げられています。その中でも特にシャフトの軽量化は、単に航続距離の改善だけでなく、慣性力を抑えることによるモーターの応答性の向上が期待されるため、重要な開発テーマとなっています。ラジアルフォーミング加工とは、中空シャフトの新しい鍛造技術のことで、ハンマー（金型）によって中空シャフトや中空軸の径方向から力かける一方で、芯金を挿入し内径形状を転写させることで、内外径同時に成形することが可能です¹⁾。ラジアルフォーミング工法で製造した中空シャフトは強度と軽量化を両立することが可能であることから、次世代シャフトの製造方法として注目されています。

ラジアルフォーミングのような鍛造加工においては、金属表面をたたいて変形させることで結晶を微細化し、強度を高めると共に目的の形状に成形します。よって、加工の影響が表層からどの程度の領域まで影響しているか把握することが重要になります。今回は、実際にラジアルフォーミング加工品から試験片を切り出し、表層から内部にかけての位置による力学的特性を評価した例をご紹介します。

■試験片情報

試験片はラジアルフォーミング加工品と加工無（BLANK品）の2種類の製品から切り出しました。ラジアルフォーミング品はBLANK品に対して、断面積が50%になるように鍛造加工しました。図1に試験片切り出し位置のイメージ図を示します。試験片は製品表層を基準に4～28mmまで、6mmごとに5か所から採取しました。表1に試験片情報を示します。

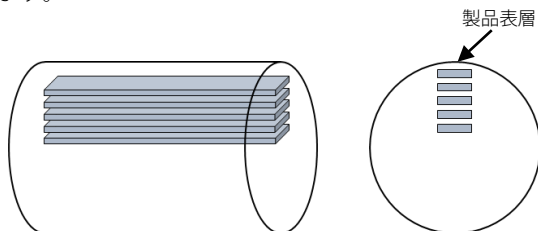


図1 試験片切り出し位置のイメージ図

表1 試験片情報

試験片寸法	: 厚さ: 2.5 mm、幅: 11 mm 平行部長さ56 mm
試験片種類	: ラジアルフォーミング品、BLANK品
試験片切り出し位置	: 4、10、16、22、28 mm

■測定システム

引張試験は、精密万能試験機AGX-Vを用いて実施しました。図2に試験の様子を示します。図2のように、試験片の破断伸びを測定するために非接触式伸び幅計TRViewXを取り付けています。また、TRViewXのオプションソフトウェアであるReal-Time Strain Viewにより、試験片表面のひずみ分布を可視化しました。図3に試験片裏面の様子を示します。正確な弾性率とポアソン比を測定するために試験片裏面に2軸のひずみゲージを貼り付けて試験を行いました。

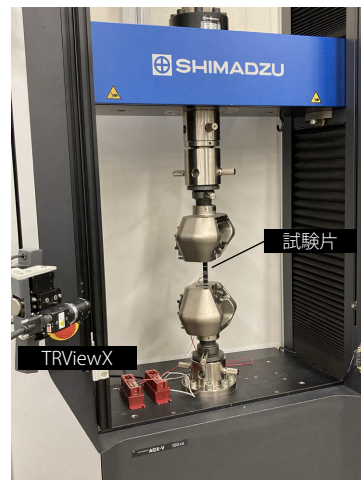


図2 試験の様子

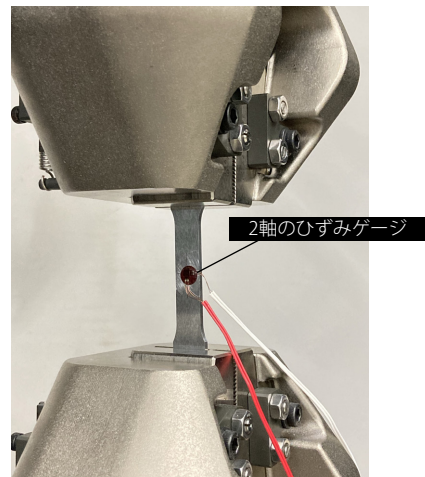


図3 試験片裏面の様子

装置構成を表2に示します。試験条件はJIS Z2241を参考に設定しました。表3に試験条件を示します。

表2 装置構成

精密万能試験機	: AGX-V
ロードセル	: 100 kN
つかみ具	: 定位置くさび式つかみ具
伸び計	: TRViewX120S
ソフトウェア	: TRAPEZIUM™X-V

表3 試験条件

試験速度	: V1 10 MPa/sec V2 5 %/min (V2>V1でV2へ切替) V3 40 %/min (ひずみ1%で切替)
標点間距離	: 30 mm (TRViewX)
試験数	: n = 3

■ 試験結果

試験結果の一例として、表層から4 mmの試験片における応力-ひずみ線図を図4に示します。(a)はラジアルフォーミング品、(b)はBLANK品の結果です。図4の点線で囲んだ部分に注目いただくと、ラジアルフォーミング加工により降伏点が現れることが明らかとなりました。図5に製品の表層からの試験片採取位置に対する各力学的特性を示します。図5(a)、(b)より引張強さと弾性率は、試験片採取位置によらずラジアルフォーミング加工により上昇していることがわかりました。図5(c)よりポアソン比はラジアルフォーミング加工有無によらずほとんど一定の値を示しました。図5(d)より破断伸びは、4~16 mmまでは、BLANK品とラジアルフォーミング品は同等の値を示していますが、16 mm以降破断伸びが減少傾向にあります。つまり、16 mmまでは引張強さと弾性率が向上しつつ、破断伸びがBLANK品と同等である力学特性の優れた領域になります。

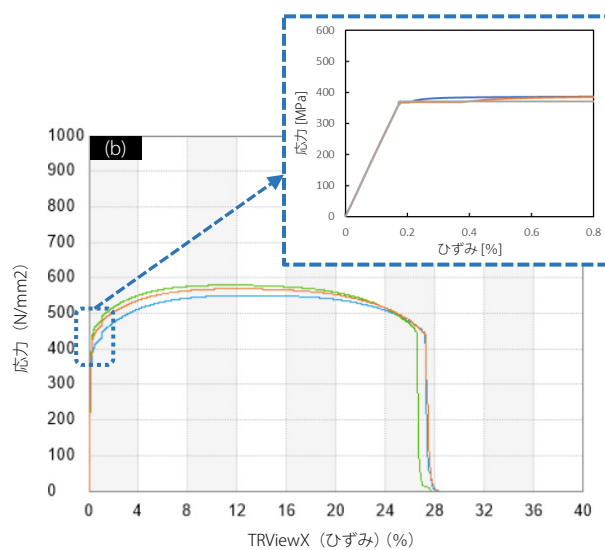
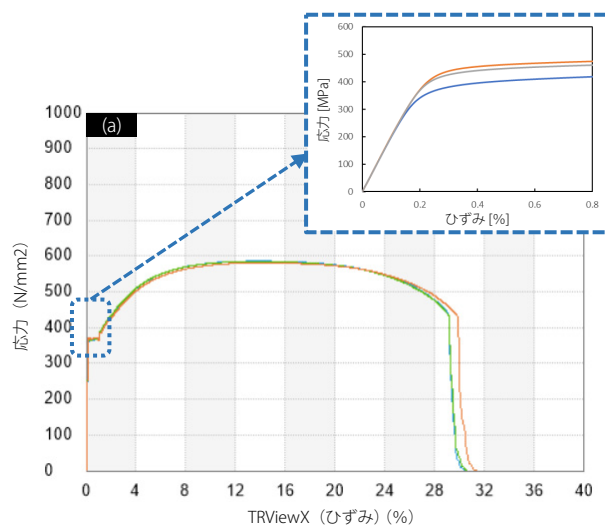


図4 表層から4 mmの位置における試験片の応力-ひずみ線図
(a) ラジアルフォーミング品 (b) BLANK品

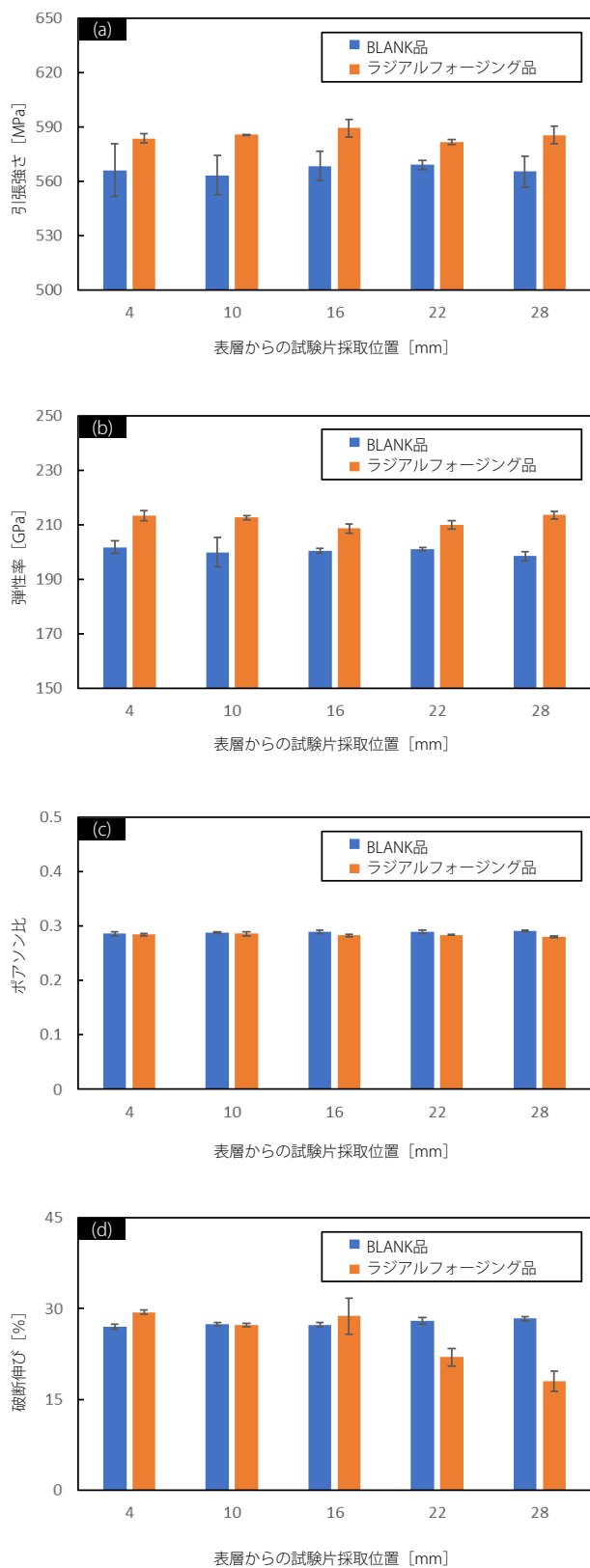


図5 表層からの試験片採取位置に対する各力学的特性 (a) 引張強さ (b) 弾性率 (c) ポアソン比 (d) 破断伸び

ラジアルフォーミング品とBLANK品のReal-Time Strain Viewによるひずみ分布の可視化例を図6、図7にそれぞれ示します。図4(a)のようにラジアルフォーミング品は降伏点が現れます。この場合、図6(2)のように試験片左上と右下に局所的にひずみが発生し、その後図6(3)のように試験片中央へひずみが一様に分布していく様子が観察されました。図4(b)のBLANK品のように降伏点が現れない試験片の場合のひずみ分布は、図7(1)~(6)のように一様に増加していくことが分かりました。

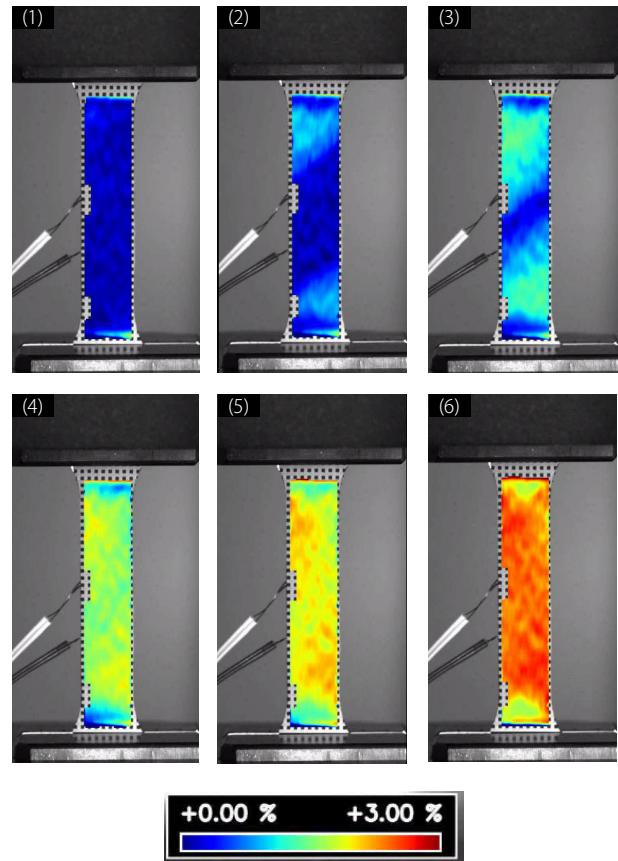


図6 ラジアルフォーミング品の引張試験におけるひずみ分布

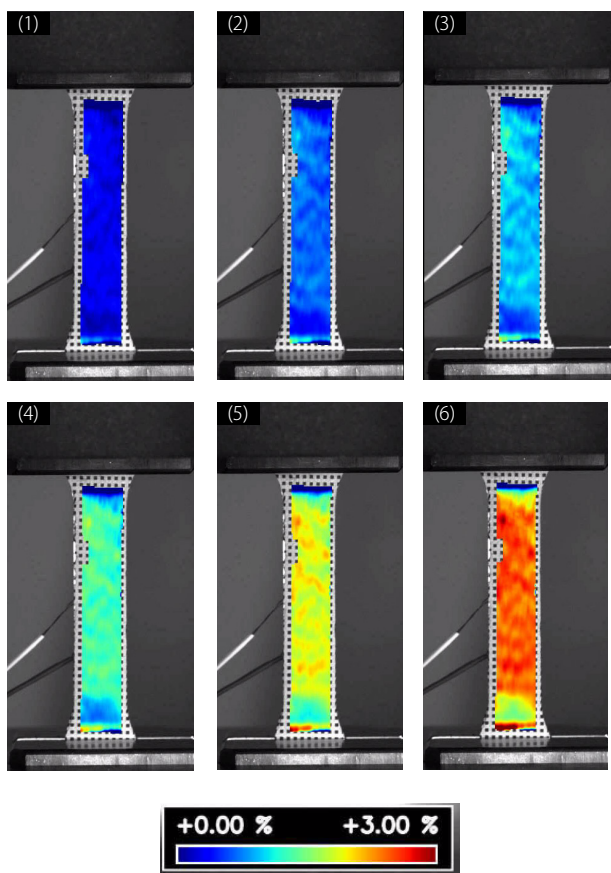


図7 BLANK品の引張試験におけるひずみ分布

■まとめ

ラジアルフォーシング加工品とBLANK品から切り出した試験片に対して、AGX-Vを用いた静的引張試験を行いました。その結果、弾性率、引張強さはラジアルフォーシング加工を行うことで向上することが分かりました。一方、破断伸びは表層から16mm以降低下していき、ラジアルフォーシングにより性能が向上した領域が表層から16mm程度であることが分かりました。このように金属加工の加工の影響領域を明らかにするためにAGX-Vを役立てていただくことができます。

掲載したデータは株式会社島津製作所および株式会社都筑製作所による共同取り組みにより得られた成果です。

<参考文献>

- 1) 株式会社都筑製作所、シャフトの紹介
<https://www.tsuzuki-mfg.co.jp/solution/2020/01/post-12.php>

AGXIは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所

01-00440-JP 初版発行：2022年10月

島津コールセンター ☎ 0120-131691

本文書に記載されている製品は、医薬品医療機器等法に基づく医療機器として承認・認証等を受けた機器ではありません。本文書に記載されている分析手法を診断目的で使用することはできません。

本文中に記載されている会社名および製品名は、各社の商標および登録商標です。本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。最新版は、島津製作所>分析計測機器の以下のサイトより閲覧できます。

<https://www.an.shimadzu.co.jp/apl/index.htm>

会員制情報サービス Shim-Solutions Club にご登録いただけますと、毎月の最新情報をメールでご案内します。新規登録は、<https://solutions.shimadzu.co.jp/> よりお願いします。

© Shimadzu Corporation, 2022

▶ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



▶ オートグラフ AGX-V2 シリーズ
精密万能試験機

関連分野

▶ 自動車

▶ 材料軽量化

▶ 価格お問い合わせ

▶ 製品お問い合わせ

▶ 技術お問い合わせ

▶ その他お問い合わせ