

采用径向锻造加工的 EV 用电机轴的评估 - 径向锻造加工对静态拉伸特性的影响 -

01-00440-CN

矢野 文彬

特点描述

- ◆ 通过使用 AGX-V 和 TRViewX，可进行符合 JIS Z2241 的金属材料的拉伸试验。
- ◆ 通过使用 Real-Time Strain View™，试验过程中的应变分布可以可视化。
- ◆ 通过实施静态拉伸试验，可以推测通过径向锻造加工提高了力学特性的区域。

■ 引言

近年来，为实现温室气体的减排，正在加速推进低碳化进程。其中，可以说汽车行业向电动汽车（EV）的转变对于实现减少碳排放社会发挥着重要作用。随着电动汽车的普及，需要提高续航里程，为了实现这一目标，减轻车身重量已成为开发主题。其中，减轻轴的重量是一个重要的开发主题，因为它不仅可以提高续航里程，还可以通过抑制惯性来提高电机的响应性。径向锻造加工是一种空心轴的新型锻造技术，利用锤子（模具）从空心轴或中空轴的径向施加力的同时插入芯块传递内径形状，可同时成型内径和外径¹⁾。使用径向锻造方法制造的空心轴由于强度高且重量轻，作为下一代轴的制造方法而受到关注。

在像径向锻造这样的锻造加工中，通过敲打金属表面使之变形，使结晶微细化，提高强度的同时成型为目的的形状。因此，掌握加工的影响从表层到何种程度的领域是很重要的。本次，介绍实际从径向锻造加工品切出来的试样，评价从表层到内部的位置的力学特性的示例。

■ 试样信息

试样是从径向锻造加工品和无加工（对照试样）两种产品中切出来的。径向锻造品是相对于对照试样进行了锻造加工，使其截面面积达到 50%。试样切出位置的示意图如图 1 所示。试样以产品表层为标准，从 4 ~ 28 mm，每 6 mm 从 5 处采集。试样信息如表 1 所示。

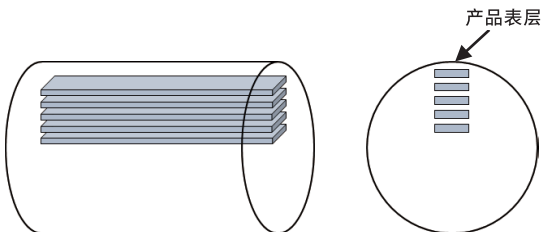


图 1 试样切出位置的示意图

表 1 试样信息

试样尺寸	: 厚度 2.5 mm、宽度: 11 mm 平行部长度 56 mm
试样种类	: 径向锻造品 (RF) 对照试样
试样切出位置	: 4、10、16、22、28 mm

■ 测定系统

拉伸试验使用精密万能试验机 AGX-V 实施。图 2 所示为试验示意图。如图 2 所示，为了测定试样的断裂伸长率，安装了非接触式引伸计 TRViewX。此外，TRViewX 的可选软件 Real-Time Strain View，可视化了试样表面的应变分布。试样里面的示意图如图 3 所示。为了测定精确的弹性模量和泊松比，在试样里面粘贴双轴应变仪进行了试验。

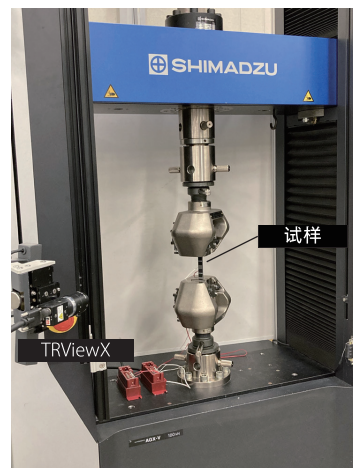


图 2 试验情形

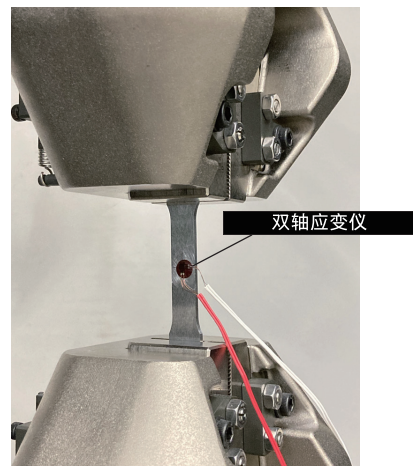


图 3 试样里面的示意图

仪器配置如表 2 所示。试验条件参考 JIS Z2241 设定。表 3 所示为试验条件。

表 2 设备配置

精密万能试验机	: AGX-V
称重传感器	: 100 kN
夹具	: 定位楔形夹具
引伸计	: TRViewX120S
软件	: TRAPEZIUMX-V

表 3 试验条件

试验速度	: V1 10 MPa/sec V2 5%/min (V2>V1 切换为 V2) V3 40%/min (以应变 1% 切换)
标点间距	: 30 mm (TRViewX)
试验数	: n = 3

■ 试样结果

作为试验结果的一个例子，从表层 4 mm 的试样的应力 - 应变曲线如图 4 所示。(a) 为径向锻造品，(b) 是对照试样的结果。注意到图 4 的虚线所包围的部分，明确了通过径向锻造加工会出现屈服点。相对于产品的表层试样采集位置的各力学特性如图 5 所示。通过图 5 (a)、(b) 所示，无论试样采集位置如何，拉伸强度和弹性模量都通过径向锻造加工而上升。通过图 5 (c)，泊松比无论有无径向锻造加工，几乎都显示了一定的值。通过图 5 (d) 的断裂伸长率所示，对照试样和径向锻造品的断裂伸长率为 4 ~ 16 mm，但 16 mm 以后断裂伸长率有减少的趋势。换言之，到 16 mm 为止，在拉伸强度和弹性模量提高的同时，断裂伸长率成为评价两者力学性能优劣的标志。

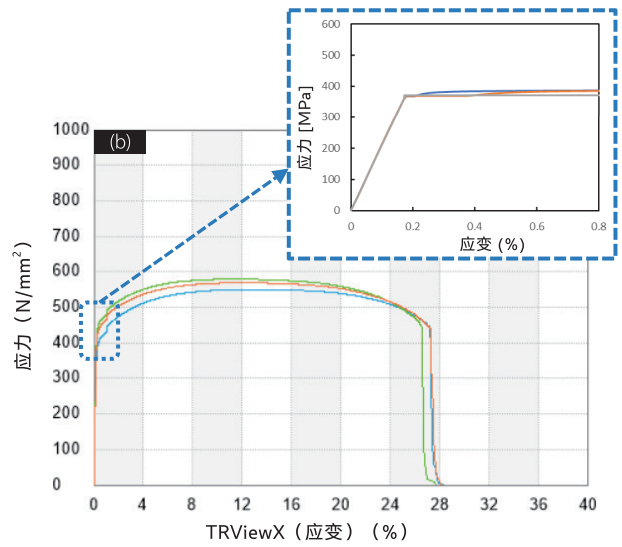
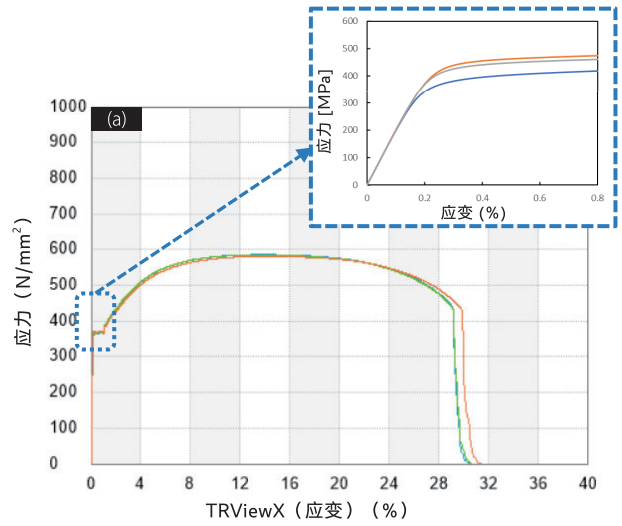


图 4 距表层 4 mm 位置试样的应力 - 应变曲线
(a) 径向锻造品 (b) 对照试样

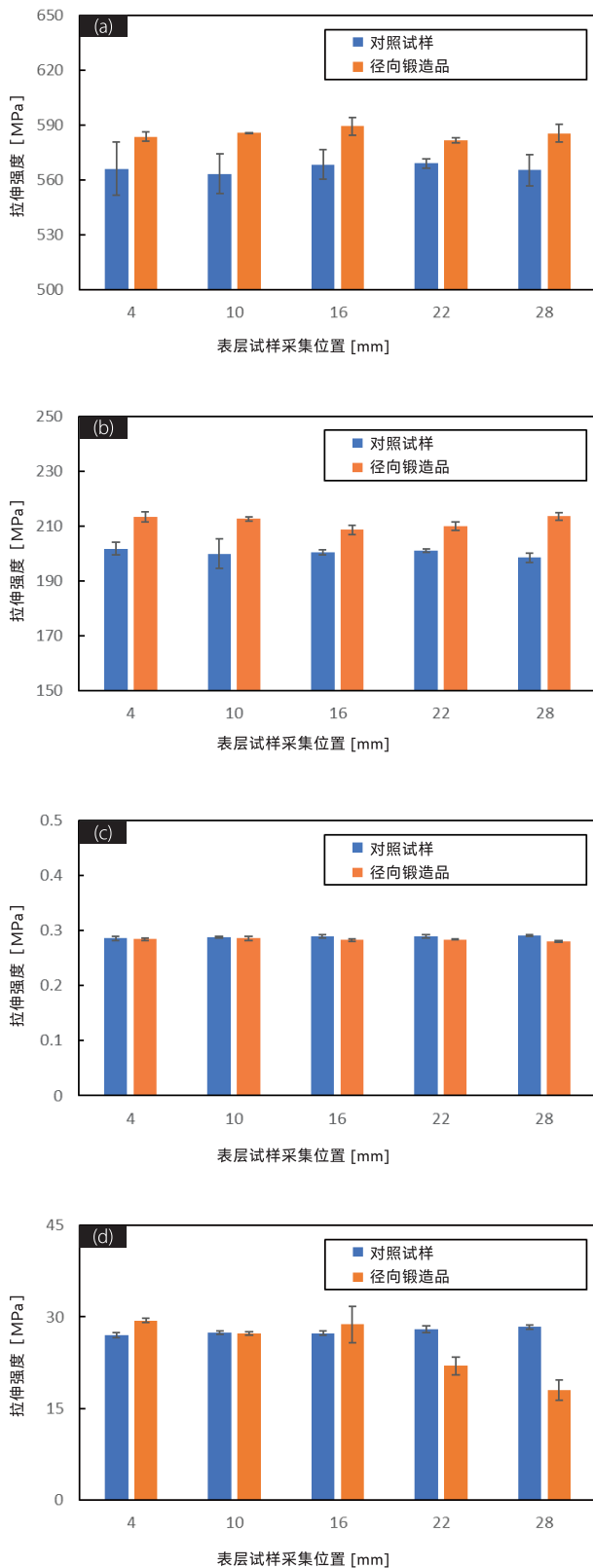


图 5 相对于表层试样采集位置的各力学特性
(a) 拉伸强度 (b) 弹性模量 (c) 泊松比 (d) 断裂伸长率

径向锻造品和对照试样的 Real-Time Strain View 的应变分布可视化示例分别如图 6、图 7 所示。如图 4 (a) 所示, 径向锻造品出现屈服点。此时, 如图 6 (2) 所示, 在试样左上和右下局部发生应变, 之后如图 6 (3) 所示, 观察到应变均匀分布在试样的中间位置。如图 4 (b) 的对照试样那样, 未出现屈服点的试样的应变分布如图 7 (1) ~ (6) 所示, 均匀增加。

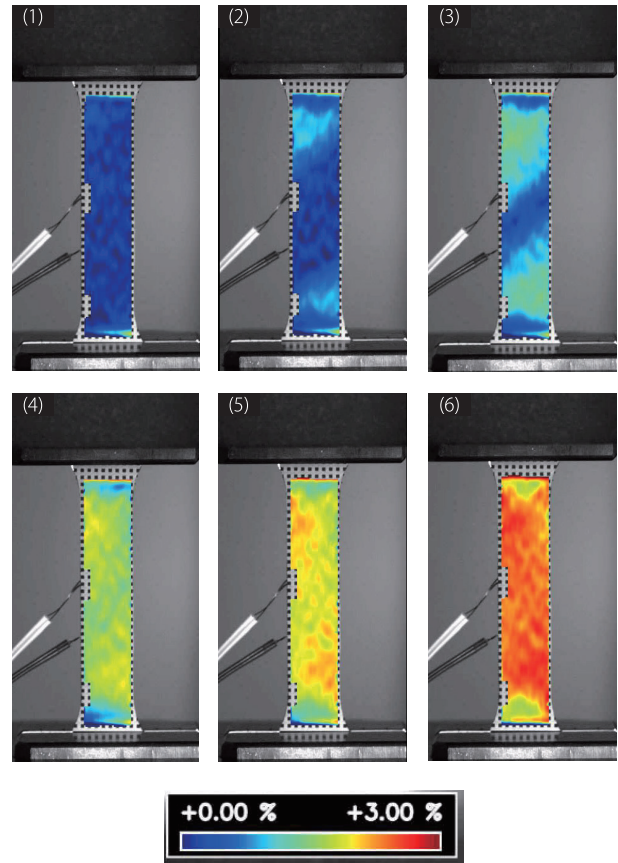


图 6 径向锻造品拉伸试验中的应变分布

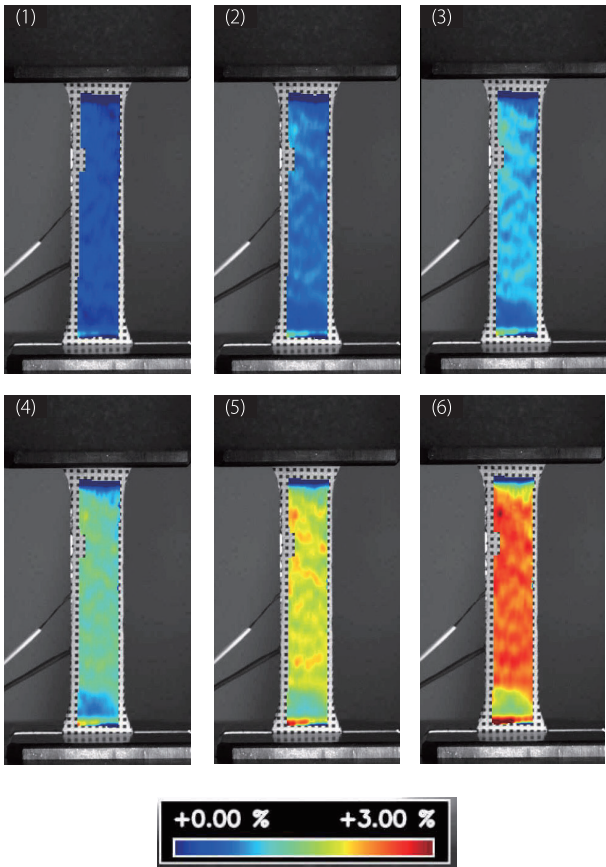


图7 对照试样的拉伸试验中的应变分布

■ 结论

对从径向锻造加工品和对照试样切出的试样，进行了使用 AGX-V 的静态拉伸试验。结果表明，径向锻造加工能够提高金属的弹性模量和拉伸强度。另一方面，从表层开始采样下降深度到 16 mm，径向锻造加工后的金属断裂延伸率都得到了提高，超过 16 mm 深度的区域，径向锻造加工后的金属断裂延伸率没有得到改善。如上所述，可以使用 AGX-V 力学测试来确定金属加工对力学性能的影响范围。

刊登的数据是岛津制作所株式会社及株式会社都筑制作所共同努力取得的成果。

< 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>

岛津应用云



AGX 是岛津制作所株式会社或其相关公司在日本及其他国家 / 地区的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2022 年 10 月