

特点描述

- ◆ 使用轴向力扭转复合试验机，可以同时向试样施加轴向和扭转方向的负载。
- ◆ 可以进行空心轴的静态扭转试验。
- ◆ 可以进行空心轴的扭转疲劳试验。

■ 引言

近年来，为了减少温室效应气体排放，减少碳排放趋势不断加快。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。由于空心轴用于电机轴、曲柄等，经常承受扭转负载，因此除了简单的拉伸和压缩外，扭转疲劳试验也是重要的评估方式。

在之前的报告²⁾⁻⁴⁾中，为了评估径向锻造加工中力学特性的变化，从实际产品上切下试样并进行了多方面的评估。结果表明，其在径向锻造加工领域表现出优异的特性。本次，对径向锻造加工品、锻造品、切削品这3种实际产品（空心轴形状）进行了扭转疲劳试验，评估了疲劳特性。

■ 试样的信息

试样的照片如图1所示。试样经过了花键加工。此外，从花键部分的前端到中央部分进行了中空加工。试样分为径向锻造加工品（RF）、锻造品（F）和切削品（N）3种。试样信息如表1所示。

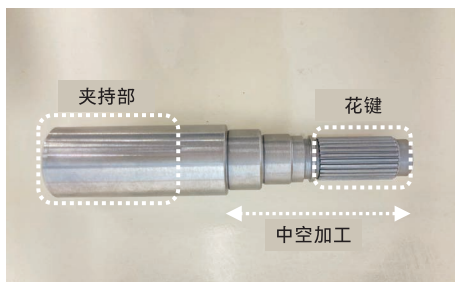


图1 试样的照片

表1 试样信息

试样形状	: 实际产品（空心轴：参见图1）
试样种类	: 径向锻造加工品（RF） 锻造品（F） 切削品（N）

■ 分析仪器

在扭转试验中，使用了轴向力扭转复合试验机 EHF-EV/TV。装置配置和试验情形分别如表2和图2所示。试样的圆棒状部分（图1左侧）直接用液压夹头式圆棒夹具夹持。另一方面，使用花键嵌合夹具固定花键侧。花键嵌合夹具具有与花键部的凹凸形状相匹配的凹槽，通过插入试样的花键部，可以在扭转方向上固定。图3所示为花键嵌合夹具。本试验机不仅可以控制扭转，还可以同时控制轴向力，本次轴向力方向通过位置保持控制进行了试验。

表2 静态试验条件

试验装置	: 岛津轴向力扭转复合试验机 EHF-EV100kN/TV1 KN·m
夹具	: 液压夹头式圆棒夹具 花键嵌合夹具（制作：都筑制作所）
软件	: Windows® 软件 for 4830

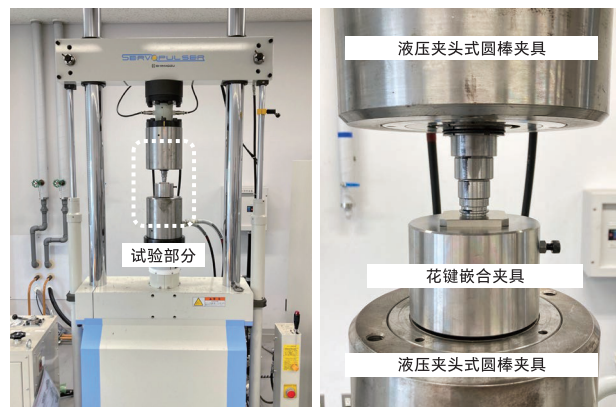


图2 试验情形（左：整个试验机，右：试样部分）



图3 花键嵌合夹具

■ 静态扭转试验

为了确定扭转疲劳试验的扭矩水平，首先进行了静态扭转试验。表3所示为静态扭转试验的试验条件。图4所示为扭矩-角度线图的一个示例。径向锻造加工品(RF)和锻造品(F)的扭矩-角度线图的趋势相似，但切削品(N)的最大扭矩和屈服点扭矩等比径向锻造加工品(RF)和锻造品(F)小，趋势有所不同。表4所示为静态扭转试验的结果。基于这些结果，将扭转疲劳试验的扭矩条件设置为每个屈服点扭矩的大约85%、75%、65%和55%。

表3 静态扭转试验条件

控制 TD	: 角度
试验速度	: 10°/min
试验数	: n = 2

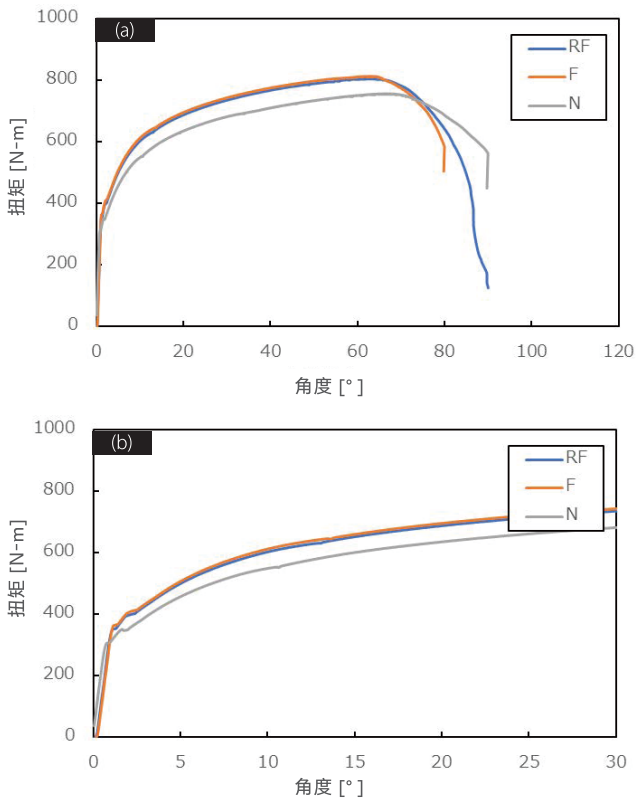


图4 扭矩-角度线图的一个示例
(a) 整个试验 (b) 试验初期

表4 静态扭转试验的结果

试样种类	最大扭矩 [N·m]	屈服点扭矩 [N·m]
RF	802.5	352.5
F	801.5	362.5
N	751.5	310

■ 扭转疲劳试验

表5所示为扭转疲劳试验的条件。负载循环的上限为1,000,000次，即使没有断裂，达到1,000,000次后停止了试验。图5所示为S-N线图。径向锻造加工品(RF)及锻造品(F)的200N·m在1,000,000次时未断裂。从图5可以看出，锻造品(F)和切削品(N)的疲劳强度几乎相同。关于径向锻造加工品(RF)，扭矩270N·m以上时的疲劳强度比锻造品(F)和切削品(N)优异，但扭矩230N·m以下时的疲劳强度从S-N线图上来看几乎相同。

表5 扭转疲劳试验条件

控制 TD	: 扭矩
频率 [Hz]	: 8
最大负载扭矩 [N·m]	: 300、270、230、200 (RF、F) 290、265、230、200 (N)
试验数	: n=2 (最大负载扭矩 200 N·m 为 n=1)
应力比	: -1
最大循环	: 1,000,000 次

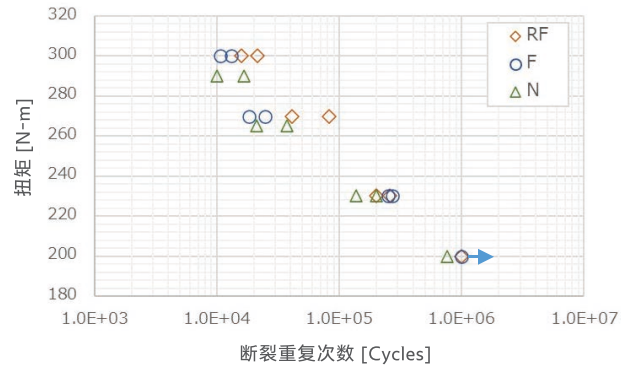


图5 S-N线图

■ 结论

使用轴向扭转复合试验机，对经径向锻造加工、锻造和切削的轴进行了静态扭转试验及扭转疲劳试验。结果发现，径向锻造加工品和锻造品的最大扭矩和屈服扭矩比切削品有所提高，此外，扭转疲劳试验结果表明，径向锻造加工品与锻造品具有同等以上的耐久性。

< 参考文献 >

- 1) 株式会社都筑制作所、轴的介绍 <https://www.tsuzuki-mfg.co.jp/solution/2020/01/post-12.php>
- 2) 基于 EPMA 的元素分布像分析 [AN 01-00513-JP](#)
- 3) 硬度分布与元素分布之间的相关性确认 [AN 01-00445-JP](#)
- 4) 径向锻造加工对静态拉伸特性的影响 [AN 01-00440-JP](#)

岛津应用云



Servopulser 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。
Windows 是美国 Microsoft Corporation 在美国和其他国家 / 地区的注册商标或商标。



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: 2023年10月