

往復動環境における複合テクスチャの摩耗特性

Wear properties of bimodal textured surface subjected to reciprocal motion

名城大(学) *飯野 智 (正) 宇佐美 初彦 大同工業(株) (正) 関 秀明 (非) 中川 広基 (非) 山口 真平

Satoshi Iino* Hatsuhiro Usami* Hideaki Seki** Hiroki Nakagawa** and Shinpei Yamaguchi**

*Meijo University, **Daido Kogyo, Co., Ltd.

1. はじめに

ゼンマイばねの振動減衰機構を応用した自動車エンジンタイミングチェーンテンショナ（機械式テンショナ）は、従来の油圧機構のテンショナに比して構造が簡単で部品点数も少ないことが特徴である。加えて、温度変化に伴う動作油の粘性変化の影響を受けないので、エンジンの起動停止が頻繁に繰り返され動作温度変化の大きいハイブリッド用エンジン用デバイスとして有効といえる。

機械式テンショナの性能はゼンマイばね間の摩擦力に依存する。このばね間は比較的短い工程を十分な潤滑油が供給されない環境で駆動される。加えて、長手方向の接触応力は、接触位置のみならず運転環境によって大きく変化するが、ばね間の摩擦力は広範囲な摺動条件で長期間に渡り安定することが求められる。

既報¹⁾において、機械式テンショナ表面に凸形状テクスチャを付与することで摩擦力の変動と摩耗の大幅な抑制を確認した。また、凹形状テクスチャ（ディンプル）では、寿命に至る際の摩擦力急増が抑制されることも明らかとなった。凸形状および凹形状テクスチャでそれぞれ発現する摩耗粉排出と油剤貯蔵源としての効果²⁾は、いずれも機械式テンショナの性能向上に有効であり、両者を組み合わせることさらなる特性改善と信頼性向上が期待できる。

本報告では、凸形状と凹形状テクスチャの機能を併せ持つ表面形状創成を目的として、電解研磨とショットピーニングの複合処理をばね表面に適用した機械式テンショナの特性を評価し、その信頼性向上を検討すると共に安定化機構を考察した。

2. 実験方法

2.1 テクスチャ創成手法

供試材は板厚 0.5 mm×幅 10 mm×長さ 400 mm の板バネ SK85-CSP 材（硬さ 420 HV、板幅方向表面粗さ 0.12 μm Ra）である。この一面を UV 樹脂でマスキングした後に塩化第 2 鉄水溶液を電解質とした電解研磨によってテクスチャを付与した。この後に粒径 50 μm のガラスビーズ（硬さ 550 HV）によるショットピーニング処理を施した。Figure 1 は処理面の光学顕微鏡像と断面プロファイルである。電解研磨によって形成される凸部は直径 1.0 mm 高さ 20 μm であり、面積率 65% で千鳥配置されている。ショットピーニング処理後には凹部（電解研磨部）の黒色の変色層は除去され、凸部の圧延時の加工条痕は残存している。

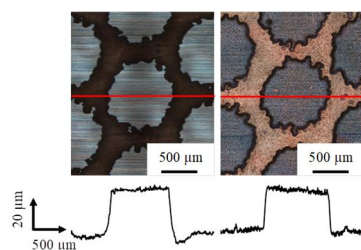


Fig.1 Micro scope image and surface profile of spring surface

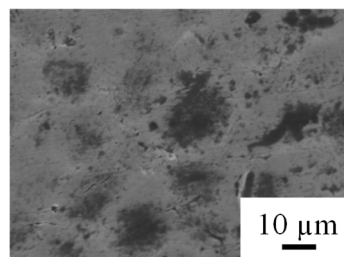


Fig.2 SEM image of shot peened surface

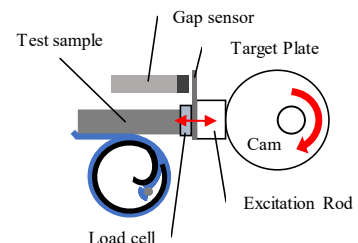


Fig.3 Schematic of testing apparatus

ショットピーニング処理した凸部の SEM 像が Fig. 2 である。直径 10 μm 程度のディンプルが全体に形成されている。共焦点型レーザー顕微鏡観察によりディンプル深さは 2 μm 程度、凸部周囲は面取りされることを確認した。ショットピーニング処理によって凸部の微小硬さは 700 HMV 程度に、圧縮残留応力も 600 MPa 程度に増加した。電解研磨後に凸形状テクスチャと対峙する面にショットピーニング処理を施した板バネ(Sample A)、凸形状テクスチャ上にショットピーニング処理を施した板バネ(Sample B)を作製し実験に供した。

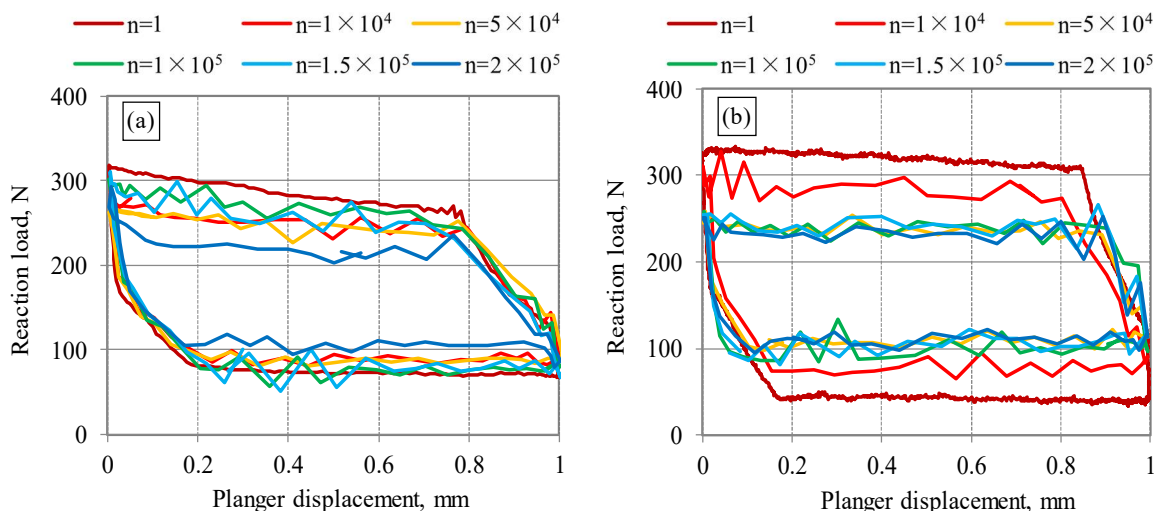
2.2 実験方法

機械式テンショナ評価装置の模式図が Fig. 3 である。カムによって加振ロッドを水平方向に加振させる機構であり、板厚 2 mm のバックアップスプリング上に巻き付けられた板バネは、試験機に加振ロッドによるプランジャの押込み

時の最大荷重が 300 N となる位置に治具を介して設置される。板バネは設置前に自動車用エンジン油（粘度指数 0W-8，動粘度 45 cSt@25℃）に 10 分浸漬し，その後 10 分間中釣りにして油を切った状態とした。プランジャの反力は加振ロッドとプランジャの間に設置したひずみゲージ式のロードセルを用い，プランジャの加振方向の位相は，ロードセル後方に設けたターゲット板部を測定点として渦電流式変位センサ(ギャップセンサ)を用いて測定した。試験は，テンショナを加振ロッドでプランジャを振幅 0.5 mm，周波数 100 Hz で強制加振させた。なお，試験中には給油はしない条件である。

3. 実験結果

テンショナの反力特性が Fig.4 である。同図(a)と(b)はそれぞれ Sample A, Sample B の結果に対応する。Sample A の場合，拡張時反力（100N 付近）は実験開始直後（ $n=1$ ）から徐々に増加し，縮径時反力は $n=1 \sim 1.5 \times 10^5$ 回までに緩やかに減少する。一方，Sample B の反力特性は $n=1$ の時点で反力設定値（ $>300\text{N}$ ， $<100\text{N}$ ）を超え繰り返し数の増加に伴い急速に減少し， $n=5 \times 10^4$ 回の時点で 250N（縮径時），100N（拡張時）に達するが，その後の反力には大きな変化は見られず安定した。試験は $n=1 \times 10^6$ 回で Sample B の反力特性に大きな変化が見られたため終了した。



Shot peening was applied to mating fast surface (a, sample A), and convex textured surface (b, Sample B)

Fig. 4 Reaction load-displacement curves as a function of number of cycles

$n=1 \times 10^6$ 回後の板バネ摩耗面の光学顕微鏡像が Fig. 5 である。Sample A では凸部には圧入された摩耗粉が見られ，その大きさは小さく凝着部の幅は 10 μm 程度である。また，相手面上のディンプルは消失し条痕が形成されており，黒く変色しているが大きな摩耗粉の圧入は確認されない。これに対して Sample B の場合，表面は赤褐色に変色しており，金属光沢を有する大きな摩耗粉が圧入されている。このような金属光沢部の形成が凝着部の成長に由来し，Sample B では摩耗粉が排出され難いことが推定される。

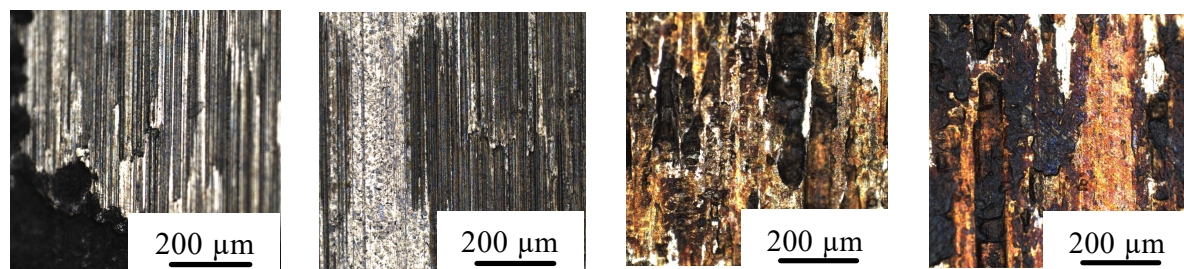


Fig. 5 Optical microscope image of worn surface

4. まとめ

自動車エンジン用機械式テンショナの性能向上を目的として，電解研磨によって形成された凸構造とショットピーニングによって付与される微細凹構造の複合テクスチャ面の特性を評価した結果，複合テクスチャ面（sample B）では摩耗粉の排出促進によって凝着成長が抑制されること，反力特性も比較的安定することを確認した。

文献

- 1) 山口・関・大坂・宇佐美：自動車エンジン用チェーンテンショナへの凸型テクスチャ適用可能性，日本機械学会 第 21 回機素潤滑設計部門講演会予稿集，(2022)，2B12
- 2) H. Seki et al.: Applicability of Convex and Concave Shaped Surface Texturing to Improve Damping Performance of Mechanical Tensioner for Timing Chain of Internal Combustion Engine, Tribology online, 19(2024) to be published.