

機械式テンショナの性能向上に関する摺動面硬度差の影響

Effect of hardness difference on reliability of mechanical tensioner system

○正 関秀明(大同工業(株)／名城大院)\*\*\*\*, 正 宇佐美初彦(名城大)\*\*, 学 飯野智(名城大院)\*\*\*

Hideaki Seki\*\*\*\*, Hatsuhiro Usami\*\*, Satoshi Iino \*\*\*

\*Daido Kogyo, Co. Ltd, \*\*Meijo University, \*\*\*Graduate student of Meijo University

1. はじめに

エンジンタイミングチェーンテンショナ（以下、テンショナ）は、チェーンの張力を維持しながら振動を抑制することで、バルブタイミングの正確な位相制御を担い、燃料消費を含めたエンジン性能に大きく影響する。これまで、テンショナには油圧減衰機構を応用したデバイス（油圧テンショナ）が適用されてきたが、油温変化に伴う特性変化が懸念されてきた。

近年、摩擦減衰を応用したテンショナ（以下、機械式テンショナ）が提案されており、機構の簡素化や省スペース化にも寄与するデバイスとして実用化に期待がかかる。この機械式テンショナの性能を支配するのは、減衰力を担うゼンマイばね間の摩擦挙動であり、比較的短い往復工程を不均一な応力状態の下、乏しい潤滑油供給環境の下で長期間安定した摩擦特性の維持が要求される。

これまで、ゼンマイばねの片面に配列した突起群から構成されるテクスチャを付与し、摩耗粉の排出を促進することで、その成長を抑制し摩擦特性が長期間にわたり安定することが明らかにされている<sup>1)</sup>。機械式テンショナのさらなる性能向上は、テクスチャ形状の適正化のみならず、摺動面間に硬度差を付与することで相互移着に起因する摩耗粉を含めた凝着部の成長抑制効果の寄与が期待される<sup>2)</sup>。しかし、板厚 1mm 以下の板バネの両面に硬度差を付与できる手法は限定されるのが実状である。

本研究では、機械式テンショナの摺動部に適用するために、レーザー熱処理（レーザーアニール）処理<sup>3)</sup>を施した板バネ材の摩耗特性を、実環境を模擬した試験装置で評価した。板ばね表面の摩耗粉の硬さ測定の結果から、硬度差による摩耗粉の排除機構を考察した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 材料および処理方法

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 μmRa）である。この供試材の一面に、自動彫刻機を用いた切削加工により凸型のテクスチャを付与した。その形状は面積率 65%で直径 1.0 mm、高さ 20 μm の円形突起を千鳥配置したものである。Figure 1 は、テクスチャリング後の光学顕微鏡像と相手面の光学顕微鏡像および粗さである。テクスチャは直径 1mm、高さ 20μm の円形突起が千鳥配置された形状であり、突起部の面積率は 60%である。このテクスチャと対向する面（裏面）は CO<sub>2</sub> レーザーを 21W で照射することで急加熱し急冷する（レーザーアニール、以下 LA）ことで硬質化させた。なお、LA 処理による表面の変色や粗さの変化は確認できなかった。Table 1 は、テクスチャリング及び LA 前後の微小硬さ測定と残留応力測定の結果を示す。切削加工ではテクスチャの円形突起端部、LA 処理では処理部全面でわずかながら硬度が上昇した。

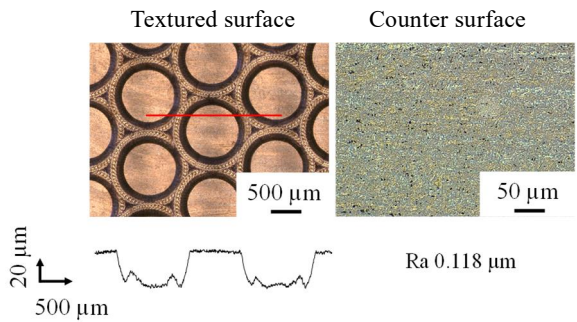


Fig. 1 Schematic of testing apparatus

Table 1 Dynamic hardness measurement results

Position		Hardness (HV)		Processing
		Before processing	After processing	
Textured surface	Convex center	434	442	Micro milling
	Convex edge		559	
Counter surface		440	546	Annealing CO <sub>2</sub> Laser

2.2 テンショナ試験機を用いた摩耗試験

機械式テンショナの特性は、専用の評価装置で評価した。Figure 2 は評価装置の模式図で、カム機構を用いて加振ロッドを水平方向に往復運動させる構造である。板バネは、厚さ 2 mm のバックアップスプリングの上に巻き付けられ、加振ロッドによるプランジャの押し込み動作時に最大荷重 300 N となる位置に、専用の治具を介して固定した。

試験開始前には、板バネを粘度指数 0W-8、動粘度 45 cSt@25℃の自動車用エンジンオイルに 10 分間浸漬し、その後吊るして余分な油を取り除いた状態で設置した。

試験中の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ロードセルを用いて測定し、加振方向の動的挙動は、ロードセル後方に設けたターゲット板部を測定点とし、渦電流式変位センサ（ギャップセンサ）を用いて連続的に記録した。稼働条件は振幅 0.5 mm、周波数 100 Hz の強制加振である。なお、試験中は潤滑油は供給されない。

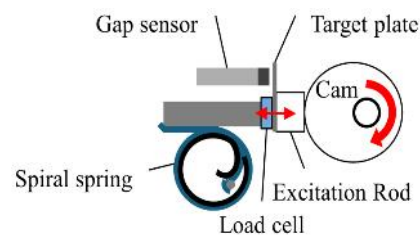


Fig. 2 Schematic of testing apparatus

### 3. 実験結果

LA 未処理試料と処理試料による反力変化特性が Fig. 3 である。未処理試料では、試験開始時に縮径時反力は 230N 程度に低下し、 $n=6 \times 10^5$  回までは安定した特性が維持された。この反力の低下は接触面のなじみに起因すると推定される。その後、反力試験回数の増加に伴い増加し不安定化する。一方、平坦面を LA 処理によって硬質化させた場合、実験開始直後に反力の減少傾向はみられるもののその後の変動は小さく安定し、増加もみられない。

実験後の摩耗面の光学顕微鏡像が Fig. 4 である。LA 未処理面では摩耗が激しくテクスチャ面も明瞭ではない。対向面には突起群との接触に対応した損傷が発生している。両面ともに酸化層と金属光沢層が混在している。これに比して LA 処理では、両面共に損傷は大幅に抑制されている。LA 処理された対向面では、突起との接触に対応する面が僅かに変色しているのみである。以上のように、平坦面側に LA 処理を施すことで摩耗を大幅に抑制し、反力特性も安定化することがわかった。

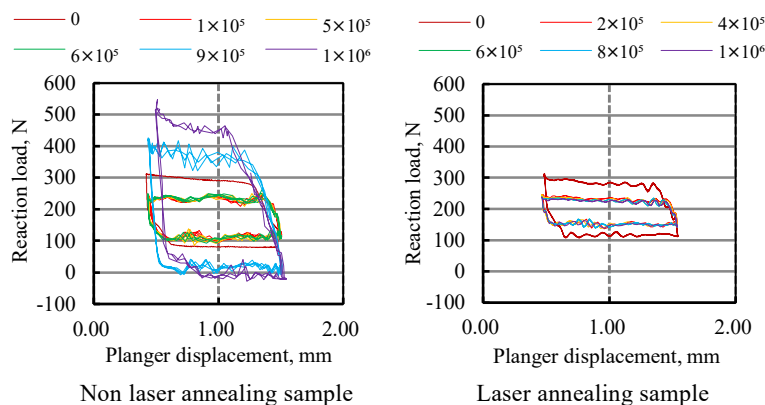


Fig.3 Reaction load-displacement curves as a function of number of cycles.

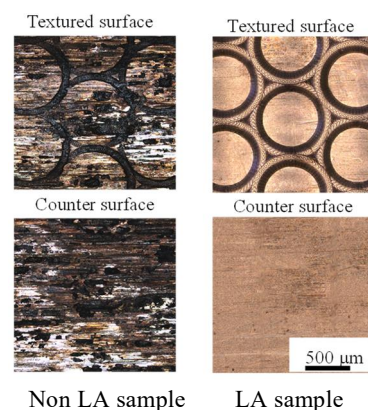


Fig. 4 Optical microscope image of worn

試験後の板バネから酢酸メチル板を用いて摩耗粉を採取し微小硬さを測定した。Figure 5 は、採取した摩耗粉の光学顕微鏡像である。LA 未処理試料から採取した摩耗粉は非テクスチャ面の条痕に圧入されており、その硬さは 560HM 程度であった。一方、LA 処理試料から回収した摩耗粉の硬さは 408HM であったことから、LA 未処理試料の摩耗粉は僅かではあるが硬質化している。これは LA 処理試料は非テクスチャ面の硬さがテクスチャ面よりも固く、脱落した摩耗粉の圧入防ぐことが示唆された。また、凸部周囲で摩耗粉が脱落初期に掻き落とされたことで凝着成長を抑制し、接触面の損傷が軽減され反力特性を安定させたと推定される。

### 4. おわりに

本研究では、機械式テンショナの信頼性向上を目的とし、板バネ材の表面硬度をレーザー熱処理で調整した際の摩耗特性を評価した。摺動面間に硬度差を持たせることで、突起部周囲で相手面に凝着した摩耗粉が掻き落とされ、凝着摩耗の進行を抑制する可能性が示唆された。

### 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) 飯野・宇佐美・関, "凸構造テクスチャが付与されたゼンマイばねテンショナの減衰特性に及ぼす加工履歴の影響", トライボロジー会議 2024 秋 名護 予稿, B47(2024).
- 3) 及川昌志: 高出力 CO2 レーザーによる鋼の大表面熱処理技術の開発, 精密工学会誌, 63, 8 (1997) 1138-1142

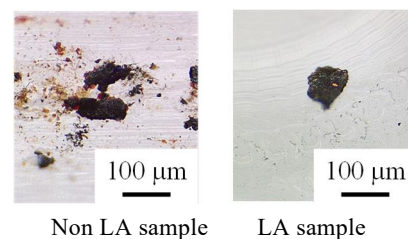


Fig. 5 Optical microscope image of wear debris