

チェーン部品のグリース潤滑面におけるディンプルの影響

The effect of dimples on the grease lubrication surface of chain parts

新潟大学大学院 *椿昂大, 新潟大学 月山 陽介

Kodai Tsubaki*, Yosuke Tsukiyama*

*Niigata University

1. 緒言

チェーンは動力伝達用機械要素として、その高い動力伝達効率と耐久性から広く使用されている。チェーンで起こる代表的な故障の原因として、チェーン部品間で起こる摩擦現象がある。それは、屈曲時に張力を受けながら「ピン」と「ブッシュ」が相対すべりをし、駆動に伴ってこれを繰り返すことで互いの表面が摩耗していくというものである。図1に概略図を示す。これによりピン-ブッシュ間に隙間ができる、チェーン全体が「伸びる」ことで、チェーンのかみ合わせが悪化する。これが原因でチェーンのがたつきを引き起こし、最終的にはチェーンが破損してしまう。このピン-ブッシュ間の摩擦現象を抑制するために、接触面へのグリース塗布が行われる。グリースは保持性が高く、油浴できないチェーン部品の摩擦抑制ができる。このようにグリースの摩擦性能はチェーンの故障予防、ひいては高寿命化に直結するため、更なる性能向上が期待される。その方法の1つとして表面処理加工が挙げられる。グリース塗布表面に表面処理加工を行うことで、グリース潤滑の補助をし、より効果的な摩擦抑制が期待できる。しかし、表面処理加工のチェーン部品に関する研究例は少なく、チェーン部品のグリース潤滑面に対して有意性があるか検討する必要がある。そこで、表面処理加工の中でも、機械部品における潤滑剤性能の向上例が多いディンプル加工に着目した。本研究では、ディンプル加工がチェーン部品のグリース潤滑面に及ぼす影響の調査を行った。

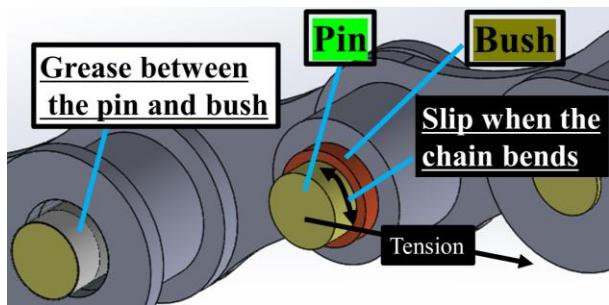


Fig.1 Schematic diagram of chain pin and bush

2. 実験内容

ピンとブッシュの摩擦挙動を再現するためには、相対すべりを小型部品特有の短い区間で繰り返す必要がある。そこで、実験装置は微小往復しゅう動試験機を用いる。この試験機は最小 0.3° までの往復しゅう動を制御でき、かつ現在位置の摩擦係数を出力することができるため、短いしゅう動の摩擦挙動を詳細に評価できるという特徴を持つ。図2に実験装置の概略図を示す。試験機は駆動側と固定側に分かれ、駆動側はメガトルクモータと3点試験片、固定側はディスク試験片、オイルカップ、ジンバル機構、トルクセンサで構成されている。図3に試験片の画像を示す。上側試験片に3点突起試験片、下側試験片にディスク試験片を用いた。3点突起試験片は、突起部分全体に研磨のみを行ったディンプル無(As polished)と、突起部分全体にディンプル加工を施したディンプル有(Dimple textured)を用意した。図4にディンプル加工を施した表面を示す。ディスク試験片にはグリースを塗布し、三点試験片と接触させ、往復しゅう動をさせる。図5にグリース塗布後のディスク試験片を示す。試験条件は、往復動作を約 $0.94\text{M}/\text{min}$ で約 $900\mu\text{m}$ (5°) を1往復、垂直荷重は約 46N 、サイクル数 $4000\sim6000$ サイクルにて試験を行った。ディンプル加工を行うレーザはYAGレーザマーカーを用いた。レーザ条件はレーザ電流 10A 、周波数 1kHz 、マーキングスピード $100\text{mm}/\text{s}$ 、ピッチ間隔 0.1mm で照射を行った。グリースは産業用のチェーン用グリースを用いた。

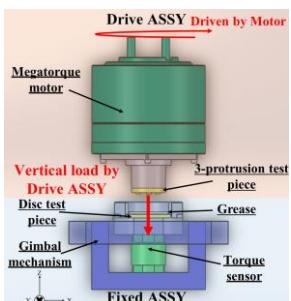


Fig.2 Test equipment

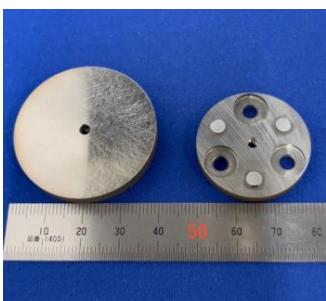


Fig.3 Test specimen

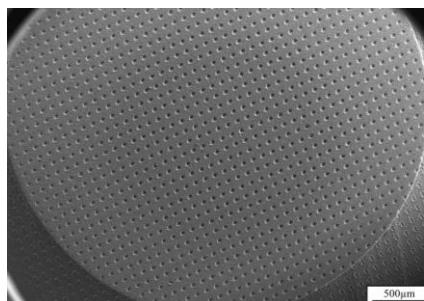


Fig.4 Dimple textured surface



Fig.5 Greased disc

3. 実験結果

3.1 摩擦係数推移

図6にサイクル全体を通じての摩擦係数のグラフを示す。ディンプルの有無に関わらずしゅう動開始後に摩擦係数が増加し、その後サイクルの増加に伴い摩擦係数が低減していく。全体的にみてディンプル有の摩擦係数の方が低く、サイクル終盤である6000サイクルではディンプル無では約0.14なのに対して、ディンプル有では約0.11と

20%程度摩擦係数が低かった。また、ディンプル有では2000サイクル強で摩擦係数が安定したが、ディンプル無では摩擦係数の十分な安定が見られなかった。ここから、ディンプル無ではなじみが完了しなかったのに対し、ディンプル有は早期になじみが完了していたことがわかる。また、この試験でディンプル有はなじみが完了した為、よりサイクル数の多い実機での使用においても今回のディンプルの形状・配置で十分な可能性がある。

図7にサイクルごとの往路における距離に対する摩擦係数のグラフを示す。このグラフは縦軸に摩擦係数、横軸に移動距離を示している。ディンプルの有無に関わらずサイクルの増加に伴って①静止摩擦係数(動き始めの摩擦係数)と動摩擦係数が同程度→②動摩擦係数が減少→③静止摩擦係数が減少という挙動で摩擦係数の低減をしていった。ディンプル無では②から③に移行する過程で動摩擦係数の増減がみられたが、ディンプル有では①～③の挙動をほぼ単調でしていった。これは、ディンプルが摩耗粉を捕集したことにより、摩耗粉の介在による表面の悪化が抑えられたためと考えられる。

3.2 SEMによる表面観察

図8にしゅう動試験後の3点突起試験片のSEM画像を示す。ディンプル無では激しい摩耗痕が数多く存在したのに対して、ディンプル有では激しい摩耗痕は少なかった。また、ディンプル内には摩耗粉の堆積が見られた。ここから、ディンプルが摩耗粉の捕集をしていること、ディンプル有の方が穏やかな摩擦形態でしゅう動をしていることが確認できる。

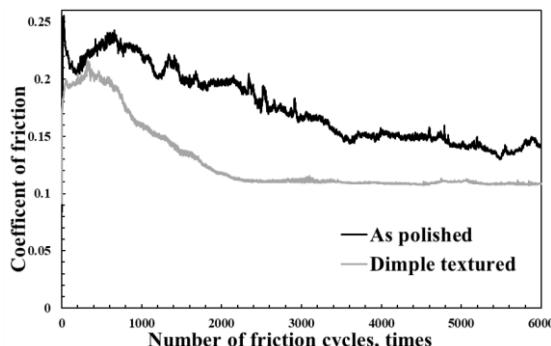


Fig.6 Coefficient of friction throughout the cycle

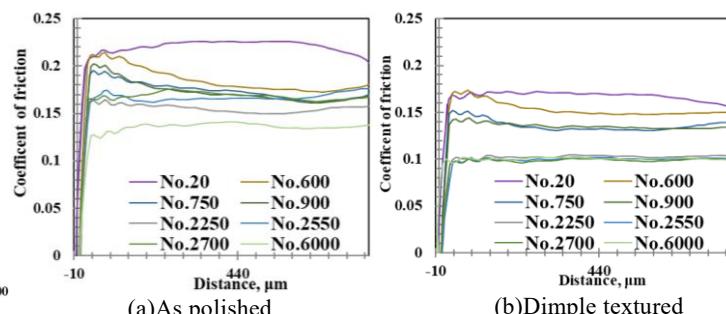


Fig.7 Coefficient of friction for each cycle

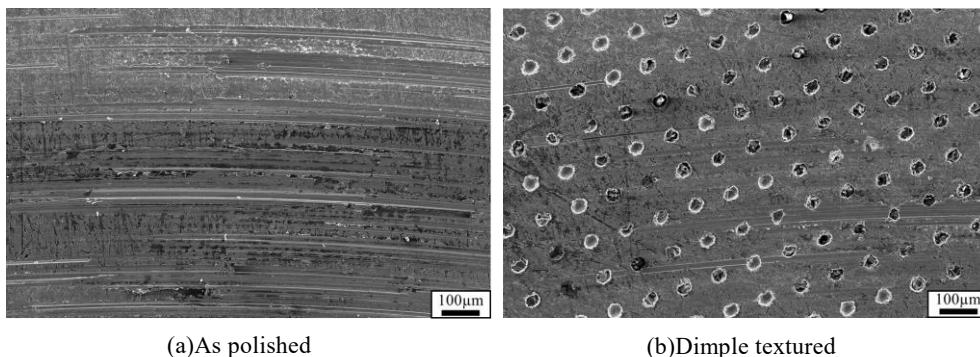


Fig.8 SEM picture of 3-protrusion test piece

4. 考察

今回の試験によってディンプル加工を施すことで、グリース潤滑面でのピンとブッシュの摩擦挙動において早期になじみを完了できることが分かった。この要因として、ディンプルが摩耗粉を捕集することによって、摩耗粉による表面の悪化を抑制できたことが考えられる。これらを通して、チェーン部品であるピンにディンプル加工を施すことで、より安定かつ穏やかな摩擦形態を引き起こし、更なるチェーンの長寿命化を実現できる可能性が高いと考察できる。しかし、今回は6000サイクルまでしか試験を行えていないため、実機を考慮した際にはより試験のサイクル数を増やして検討を行う必要がある。

5. 結言

微小往復しゅう動試験機を用いて、チェーン部品であるピンとブッシュの摩擦を再現し、グリース潤滑面でのディンプルの影響を調査した結果、以下の結言が得られた。

- 1) ディンプル有は早期になじみの完了がみられた。
- 2) その要因としてディンプルの摩耗粉捕集による表面の悪化の抑制が考えられる。
- 3) チェーン部品のグリース潤滑面において、ディンプル加工はチェーンの長寿命化に効果的な可能性が高い。

文献

- 1) 中込昌孝:ローラチェーンの安全設計, 株式会社養賢堂 (1989) 97-102.