

フッ素樹脂を貼り付けた摺動面のグリース潤滑に関する研究

千葉工業大学 ○柳本哲志, 千葉工業大学 ◎大関浩, 千葉工業大学 糸川七海, 千葉工業大学 谷口優樹

要旨

工作機械の摺動面の潤滑には大量の潤滑油が使われており、使用量の削減が求められている。そこでグリースを代替品として用いることが提案されているが、十分な研究が行われていない。本研究では摺動面におけるグリース潤滑に関する基礎研究として、グリース潤滑を行った摺動面で連続摺動させた場合の摺動抵抗の変化を測定するとともに、摺動面の粗さ曲線から摩耗状態を測定することにより、摺動抵抗と摩耗の傾向について考察した。

1. 緒言

工作機械は高精度な加工を行うために、工具やテーブルの移動を正確な直線運動とする目的で X 軸, Y 軸, Z 軸の 3 軸方向の案内面を有している。案内面の構造は転がり案内とすべり案内の 2 種類が存在し、工作機械のすべり案内面のようにすべりながら動く面のことを摺動面という。摺動面ではスティックスリップやロストモーションといった運動性能にかかわる問題が加工精度に影響を及ぼすため、大量の潤滑油が使用される。この使用された潤滑油の多くは使い捨てであるため、購入及び廃棄に大きなコストがかかり、また環境への影響も懸念される。そこで、摺動面の潤滑を潤滑油からグリースに置き換えることが提案されている。潤滑油をグリースに置き換えると、増ちょう剤による粘性によりグリースが摺動面に付着し、1 回の供給で長時間の潤滑が可能になり、潤滑剤の使用量の削減が期待できるが、摺動面用潤滑油と比較するとグリースは拡散性に劣る、摺動抵抗が大きいなどの問題がある。また、摺動面の油潤滑に関しては様々な研究が行われているが、グリース潤滑に関しては十分な研究が行われていない。

本研究は、摺動面におけるグリース潤滑の潤滑特性を明らかにし、油潤滑を行った摺動面の結果と比較することで、グリース潤滑が実際の機械で使用可能か評価することを目的としている。本報告では摺動面におけるグリース潤滑に関する基礎研究として、グリース潤滑を行った摺動面で連続摺動させた場合の摺動抵抗の変化を測定するとともに、表面粗さ測定機を用いて、摺動面の粗さ曲線から摩耗状態を測定することにより、摺動抵抗と摩耗の傾向について考察した。なお、本稿の内容のうち、登壇者は試験の実施および試験結果の解析の部分を担当した。

2. 試験装置及び試験方法

試験装置の概略図を図 1 に示す。本装置は実機の工作機械のすべり案内面を模して作られている。摺動用鋼板にフッ素樹脂を貼り付けた摺動ブロックをエアシリンダにより押し付け、摺動ブロックを左右に動かした際に発生する摺動抵抗を摺動用鋼板に取り付けたロードセルで測定する。摺動ブロックは 50×50×10mm のアルミブロックにエポキシ系接着剤を使用してフッ素樹脂を貼り付け、ブロック中央部にグリース供給穴と油溝を加工したものである。また、摺動部にはきさげの代わりに三次元加工機により表面パターンを加工した。加工した表面パターンは表面パターン深さ 0.02~0.05mm、当たり面積 30%、60% の計 2 種類である。加工した油溝形状を図 2 に、実物の摺動ブロックと表面パターンの CAD 図面を図 3 に示す。

試験条件を表 1 に示す。本条件は実機の工作機械を想定し決定した。また、本試験で使用したグリースはリューベ株式会社 LHL X100、潤滑油は株式会社 MORESCO NEOVAC MR-200 である。

表 1 のような条件で摺動試験を行い、その摺動抵抗を摺動用鋼板に取り付けたロードセルにより 0.002 秒間隔で測定、記録する。摺動試験後、摺動ブロックの摺動面の任意の 42 か所を表面粗さ測定機（株式会社ミットヨ SV-600 (JIS B0601:2001 仕様)）を用いて測定する。表面粗さの測定条件を表 2 に示す。

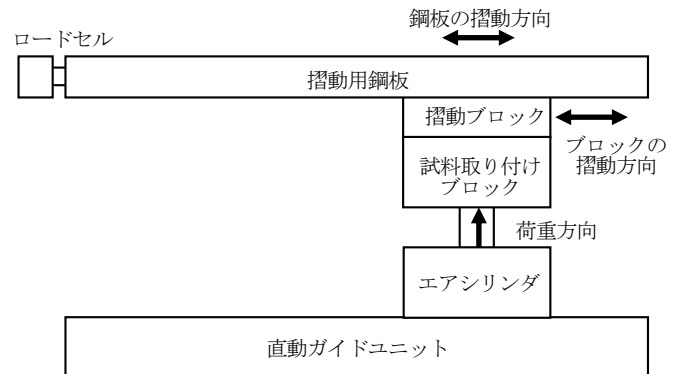


図 1 試験装置概観

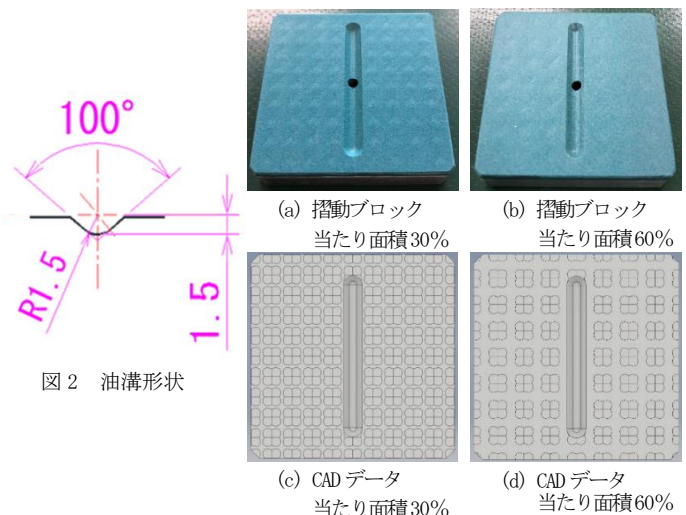


図 2 油溝形状

図 3 摺動ブロックの形状

表 1 試験条件

ストローク距離 (mm)	250
ストローク速度 (mm/s)	180
ストローク停止時間 (ms)	300
ストローク回数 (回)	50
押し付け荷重 (N)	126
表面パターン深さ (mm)	0.02~0.05
当たり面積 (%)	30 / 60
潤滑剤供給量 (mL)	0.2

表 2 測定条件

評価曲線種別	R_J01
評価長さ	40
測定ピッチ	10
測定速度	2.0

この試験と測定を当たり面積の異なる 2 種類のブロックを用いて、グリース潤滑と油潤滑の 2 種類の潤滑方法で行う。この 4 条件の各条件で計 10 セット、累積 500 ストローク分の試験と測定を行った。

3. 試験結果

図4に動摩擦係数について箱ひげ図でまとめる。ここでまとめた動摩擦係数は各セットの10~50ストロークの動摩擦係数である。各条件の平均値、中央値を見ると、動摩擦係数の値が大きい順にグリース潤滑/当たり面積30%>グリース潤滑/当たり面積60%>油潤滑/当たり面積60%>油潤滑/当たり面積30%となった。

ストローク中に動摩擦力は絶えず変化する。このストローク中の動摩擦力の変化量を箱ひげ図でまとめたものを図5に示す。1ストローク中に行きと戻りがあるため、ここでまとめた動摩擦力の変化量は行きと戻りの半ストロークごとに値を算出した。各条件の平均値、中央値を見ると、動摩擦力の変化量の値が大きい順にグリース潤滑/当たり面積30%>油潤滑/当たり面積60%>グリース潤滑/当たり面積60%>油潤滑/当たり面積30%となった。

図6に算術平均粗さRaについてまとめる。ここでまとめた算術平均粗さRaは測定した42個のデータを平均し、面全体での算術平均粗さとして算出した値である。図6からわかるように、油潤滑ではストローク回数が増えてもRaの値がほぼ一定になり、グリース潤滑ではストローク回数が増えるごとにRaの値が小さくなっていく。

4. 考 察

動摩擦係数の平均値、中央値は、グリース潤滑の方が油潤滑よりも大きくなった。これは3つの要因が考えられる。第1は粘度の差である。潤滑油はグリースよりも粘度が低く、せん断応力が小さくなり、摺動抵抗が小さくなると考えられる。第2は拡散性の差である。潤滑油は流動性が高いため油膜の再形成がされやすいが、グリースは増ちょう剤からしみ出した基油により潤滑されるため、油膜の再形成がされにくいと考えられる。これにより潤滑状態に差が生じ、摺動抵抗に差が出たと考えられる。第3は表面パターンによる油溝効果の差である。グリースは塑性流体であるため摺動面では流動し、表面パターンに流れ込むが、表面パターン底部では流動せず付着し、排出されにくいのではないかと考える。これにより油膜形成にかかわる油量が油潤滑と比べて少なくなり、潤滑状態に差が生じたのではないかと考えられる。

動摩擦力の変化量の平均値、中央値は、当たり面積30%で比較すると、グリース潤滑の方が油潤滑よりも大きくなった。これはグリースの揺変性が要因であると考えられる。この性質があると、一定のせん断力が加わっている場合でも、粘度が時間とともに変化する。そのため、グリース潤滑の方が動摩擦力の変化量が大きくなったと考えられる。

また、動摩擦力の変化量は当たり面積で比較すると、グリース潤滑と油潤滑で異なる傾向になった。油潤滑では当たり面積30%が当たり面積60%よりも動摩擦力の変化量の平均値、中央値が小さくなる。これは、当たり面積30%の方が表面パターンの数が多いため、保持できる潤滑油が多い、また接触面積が小さいため、接触部の油膜形成面積が少ないことから油膜形成がされやすく、油膜厚さが安定しやすいためであると考えられる。グリース潤滑では当たり面積30%が当たり面積60%よりも動摩擦力の変化量の平均値、中央値が大きくなる。これは摺動面上の油量の変化の差が要因であると考えられる。グリースは上記のように表面パターンから排出されにくいと考え、摺動始めはあまり排出されず、摺動中に徐々に排出されると考えられる。表面パターンが多い当たり面積30%の方がグリース排出量が多く、油膜厚さの変化量が大きくなり、動摩擦力の変化量が大きくなったと考えられる。

ストローク回数が増えると、油潤滑はRaの値がほぼ変わらず、グリース潤滑はRaの値が小さくなった。この結果より、次の3つのことが考えられる。第1は油潤滑のほうがグリース潤滑よりも摩耗が少ないことである。これは上記のように潤滑油の方が油膜

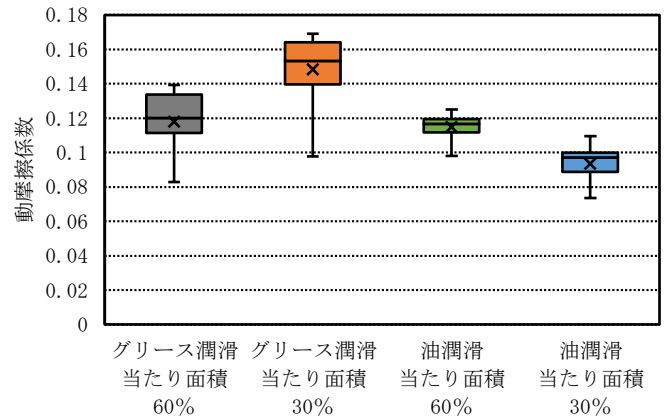


図4 動摩擦係数の比較

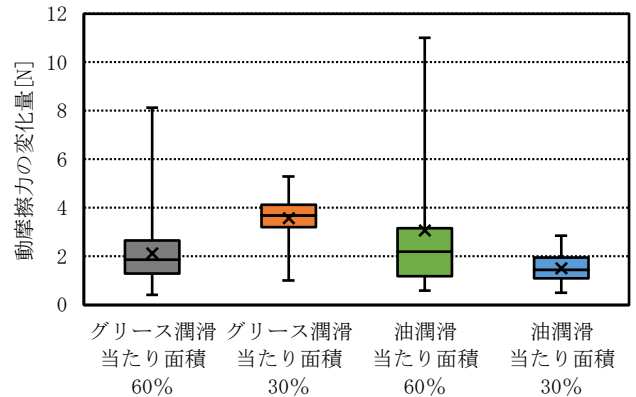


図5 動摩擦係数の変化の比較

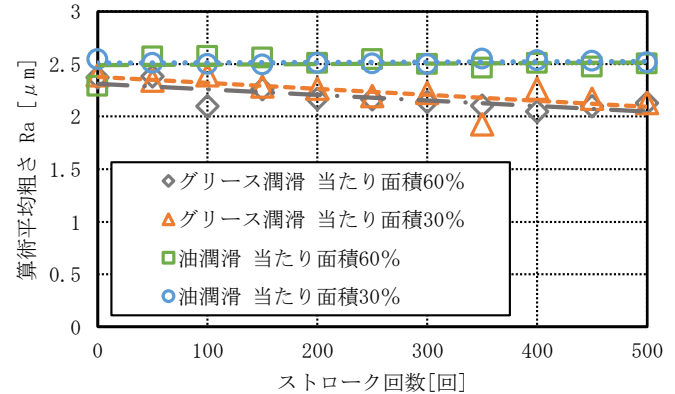


図6 算術平均粗さRaの変化

の再形成に優れ、潤滑状態が良好なためであると考えられる。第2は油潤滑はグリース潤滑より油膜厚さが厚いことが考えられる。これは上記のように、潤滑油とグリースの流動性の差により、油膜形成にかかわる油量に差が生じたためであると考えられる。また、油膜厚さに差があるならばグリース潤滑にもRaの値が一定になる値が存在すると考えられる。

5. 結 言

本試験の結果から、摺動面のグリース潤滑と油潤滑における摺動抵抗や摩耗の傾向について考察した。

また、本試験の結果からはグリース潤滑の油潤滑に対する優位性を見出すことはできなかった。だが、摺動面のグリース潤滑に関するデータは少なく、不明点が多いため、さらなるデータの蓄積が必要であると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたりリユーベ株式会社、オザック精工株式会社より多大なるご支援をいただいた。感謝申し上げます。