

グリース EHL 解析 (1) —遠心離油試験によるグリースのパーマビリティの計測—

グリースで潤滑した転がり接触では、低速域において基油で潤滑した場合よりはるかに厚い潤滑膜が形成されるという特異な現象、厚膜化が認められている。これまでの研究によって、入口領域において基油が絞り出されて増ちょう剤の濃度が上昇し、それとせん断速度の低下が相まってグリースの見かけ粘度が上昇し、膜厚が増加するということがわかってきた。この現象は EHL (弾性流体潤滑) 下で生じているが、その解析には増ちょう剤の網目構造中の基油の透過しやすさを示すパーマビリティが必要である。そこで、Table 1 に示す各種のグリースのパーマビリティを求めた。

増ちょう剤の網目構造を透過する基油の流れに Darcy 則を適用すると、基油の流速 u は、パーマビリティを K 、圧力勾配を $\Delta P/L$ 、基油の粘度を μ_0 として

$$u = (K/\mu_0)(\Delta P/L) \quad (1)$$

によって与えられる。パーマビリティと増ちょう剤の質量濃度 f の関係として、修正を加えた Kozeny-Garman の式

$$K = \delta(1-f)^3/f^m \quad (2)$$

を仮定する。パーマビリティは増ちょう剤の濃度の上昇に伴って低下する。 δ と m は、増ちょう剤の形状によって決まる定数とし、遠心分離機による離油度の測定結果に、式(1)で表される基油の流速から求められる離油度の計算結果を当てはめて求めた。ここで、式(1)の圧力勾配は、グリース中の基油が受ける遠心力による圧力勾配から毛細管力による圧力勾配を差し引いて求められる。

グリース A₂、C の結果をそれぞれ Figs. 1, 2 に示す。増ちょう剤の濃度の上昇に伴って毛細管力は増加し、遠心力と毛細管力が釣り合うと離油度は一定になる。また、他のグリースをグリース A₂ と比較すると、増ちょう剤の濃度と基油の粘度が高いほど離油度が低いという結果が得られた。これらの計算結果と測定結果はよく一致しており、パーマビリティは式(2)によって十分な精度で表されることがわかる。求めた各グリースの初期状態のパーマビリティを Table 1 に示した。

相馬・野木・董・木村：グリースの組成によるパーマビリティの変化および低速 EHL 厚膜への影響，トライボロジスト，68, 3 (2023) 185.

Table 1 Sample greases

Sample grease	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	C
Thickener type	Li(12OH)St					LiSt
Initial concentration of thickener f , mass%	6.0	9.5	12.5	9.5		17.0
Base oil type	PAO					
Base oil viscosity μ_0 @25°C, mPa·s	50			144	440	50
Worked penetration	356	302	261	268	256	294
Permeability K at initial concentration, 10^{-14} m ²	9.5	2.2	0.88	2.2		0.41

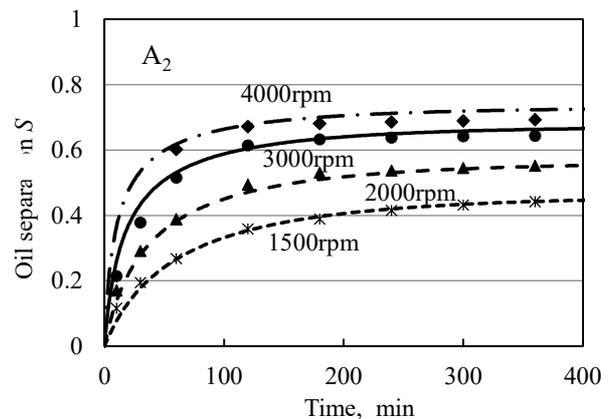


Fig. 1 Oil separation of grease A₂ under different rotational speeds

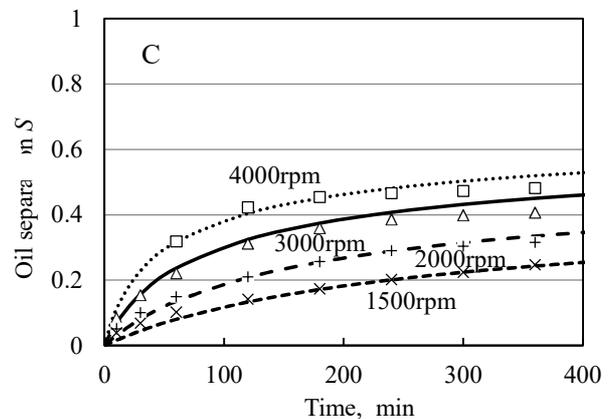


Fig. 2 Oil separation of grease C under different rotational speeds