

グリース EHL 解析 (2) —低速域における厚膜形成メカニズム—

前報 (KYTB 17) では、低速域の EHL におけるグリースの厚膜化の解析に必要なパーミアビリティの計測について報告した。本報では、EHL 解析について報告する。

グリースの非ニュートン粘性は、せん断速度 $\dot{\gamma}$ の上昇に伴って μ_1 から μ_0 へ遷移する Carreau-Yasuda 式

$$\eta_0 = (\mu_1 - \mu_0)[1 + (\lambda\dot{\gamma})^{a_Y}]^{(n-1)/a_Y} + \mu_0 \quad (1)$$

で表し、 μ_1 と増ちよう剤の体積濃度 C の関係としてべき乗の式を仮定する。式中の定数は、レオメータによって得られた測定値に式(1)を当てはめて求めた。

解析では Ertel-Grubin モデルを用いる。グリースの流れを基油と増ちよう剤の二相流と考えると、増ちよう剤の連続の式は、せん断流量を Q_C 、圧力流量を Q_P として

$$[Q_C + Q_P/(1 + R)]C = \text{const.} \quad (2)$$

で与えられる。この式の左辺の大括弧内は増ちよう剤の網目構造の流量を表している。グリースと網目構造の流量の差が Darcy 流量であり、 R は Darcy 流量と網目構造の圧力流量の比として

$$R = (12K/h^2)(\eta/\mu - 1) \quad (3)$$

で表される。式(2)から増ちよう剤の濃度が求められる。

実験はガラスディスクと鋼球の純転がり接触、室温、最大ヘルツ圧 0.51 GPa で行い、光干渉法で中央膜厚を測定した。解析の接触半幅は実験の接触半径と一致させた。

前報で用いた増ちよう剤の濃度、基油の粘度、増ちよう剤の種類を変えたグリースの膜厚をそれぞれ Figs. 1, 2, 3 に示す。同図のシンボルとカーブはそれぞれ測定値と計算値であり、いずれの場合も良好な一致を示している。

速度を低下させていくと、 R が増加するため、網目構造の流量は接触部に近づくにつれて減少し、増ちよう剤の濃度は式(2)に従って上昇する。この結果グリースの見かけ粘度が上昇して厚膜化がもたらされる。増ちよう剤の初期濃度が低いほどパーミアビリティが大きく、濃度の上昇率が高いため、Fig. 1 が示すように初期濃度の影響は小さくなる。基油の粘度の上昇、パーミアビリティの減少は、 R を減少させ、その結果 Figs. 2, 3 が示すように厚膜化の開始速度が低下する。Fig. 3 でグリース C の低速域の膜厚が A_2 より小さいのは高濃度における見かけ粘度が A_2 より低いためである。

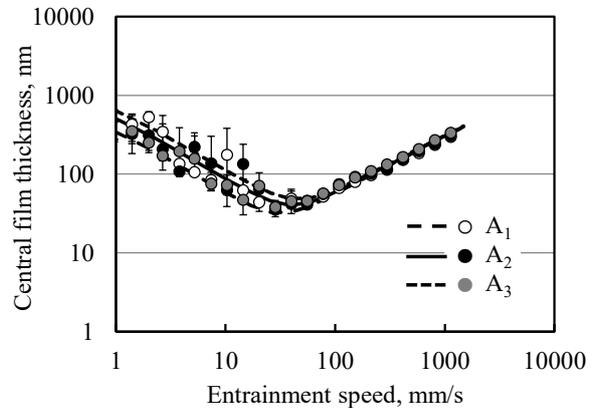


Fig. 1 Film thickness of greases with different thickener concentration; A_1, A_2, A_3

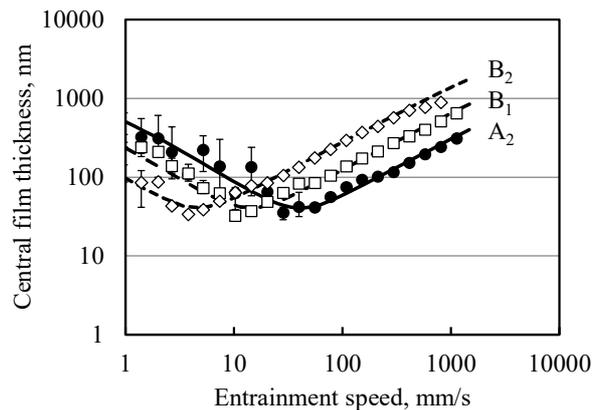


Fig. 2 Film thickness of greases with different base oils; A_2, B_1, B_2

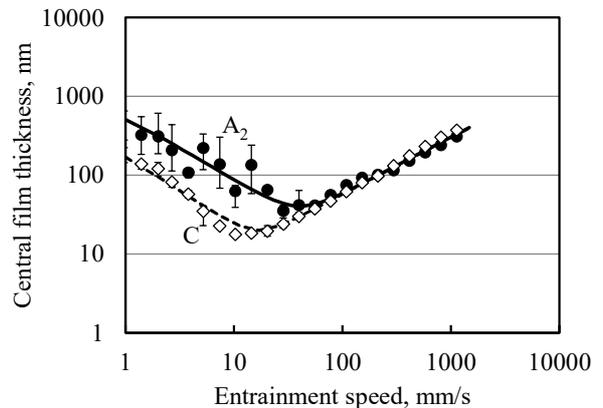


Fig. 3 Film thickness of greases with different thickeners; A_2, C

相馬・野木・董・木村：グリースの組成によるパーミア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.