ボール・カップ粘度計 (第一報, カップ形状と粘着時間)

Ball-Cup Viscometer (1st Report, Relationship between Shape of Cup and Adhesion time)

正 村上 好生 (名城大) 正 石原 莊一 (名城大)

〇学 荒川 陽 (名城大)

Yoshio MURAKAMI, Meijo University, Shiogamaguchi 1-501, Tenpaku-ku, Nagoya

Soichi ISIHARA, Meijo University

Akira ARAKAWA, Meijo University Graduate School

Key Words: Viscometer, Ball, Cup, Adhesion Time, Measurement of Viscosity

1. 緒言

エンジンなどの機能品の潤滑は, 性能を維持する為に重要である。自動車においても, エンジン内部の必要部位に潤滑油が供給されていなければならない。例えば, エンジンの潤滑油挙動を調べる際にクランクケースやシリンダ内より潤滑油を採取して, 潤滑油の粘度測定をすることは必要不可欠であるが, 採取できる試料 (潤滑油等) はごく少量である。現在, 多く使用されている粘度計はごく少量の試料での粘度測定は不可能である。そこで, 試料がごく少量 (0.1mL) でも測定可能なボール・カップ粘度計を開発した。この粘度計に使用されるカップの形状は粘度測定精度に大きく影響を及ぼす。そこで, カップ加工条件を種々に変えて製作し, 粘度測定精度を調べた。

2. 構成部位と粘度測定方法

粘度計は Fig.1 に示すようにボールとカップで構成されている。粘度測定に際しカップの中に試料を少量入れ, 上からボールを押し付けてわずかな隙間を維持する。試料がボールとカップの隙間部分と試料溜りを満たした状態でボールを持ち上げると試料の粘性によりカップと一緒に持ち上げられる。その様子を Fig.2(a) に示した。ボールが空中で保持されると, カップは自重によりボールからわずかず離れる。それに従って, 試料溜りから試料が隙間部分に流れ込み, それにつれてボール・カップの環状口面積, 補給量, 隙間の値が増えてカップが急落下し, カップは Fig.2(b) のように接地する。カップを持ち上げてから接地するまでの時間 (粘着時間) は粘度に相関があるとして粘度の値を求める。

Fig. 1 Formation of viscometer

3. カップの製作

3.1 カップ製作方法

カップの製作はプレス方式とし, Fig.3 のように加工された上型 (圧入ボール) を Fig.4 に示したカップ素材に圧入することで行った。圧入ボールには測定に用いるボール (測定用ボール) と同一の鋼球を用い, カップの材質はアルミニウムを使用した。Fig.3 での A 部はボールとカップとの隙間を維持するための座 (支持座) 加工のために設けてある。

(a) Adhering state (b) Landing state

Fig.2 State of ball and cup taking measurements

Fig.3 Press ball

Fig.4 Cup shape before pressing

3.2 プレス加工

カップをプレス加工する際、圧入ボールをカップに押し込む量（圧入寸法）を 7, 8, 9, 10mm とし、Fig.4 の山形座ぐり深さ 6mm 部分のアンビルとの隙間を 1, 2, 3, 4mm に変化させて Fig.5 に示すような 10 種類を製作した。各々のカップ番号は、圧入寸法－アンビル隙間の組み合わせとし、主要寸法は Table 1 に示した。圧入寸法が増すと胴部がバレル状になり、全高は低くなった。

カップ凹面の成形状態は圧入寸法が大きくなると球冠直径（凹面直径）が大きくなり、アンビル隙間が大きいと凹面深さが深くなった。測定用ボールとカップを組み合わせた状態で構成される隙間によって得られる環状口の隙間は凹面直径が大きいほど狭くなり、環状口の面積も小さくなった。このことは、凹面直径が大きい程、測定用ボールが凹面内に沈み込むためである。このことから凹面直径が大きいカップを使用の場合に粘着時間が長くなるのが形状から推測できる。試料の量を 0.1mL とした場合、ボール・カップ隙間容積部分に 0.020～0.025mL、試料溜りに 0.075～0.080mL の試料が充填されることになる。

7-1, 7-2, 7-3, 7-4
8-2, 8-3, 8-4
9-3, 9-4
10-4

Fig.5 Shape of produced cup

Table 1 Size of cups

Cup number	Inside diameter of spherical surface (mm)	Clearance volume (mL)	Volume of storing place of sample (mL)	Size of annular entrance (mm)	Area of annular entrance (mm ²)
7-1	20.3	0.021	0.079	0.039	2.49
7-2	20.4	0.021	0.079	0.039	2.48
7-3	20.0	0.020	0.080	0.040	2.52
7-4	20.1	0.020	0.080	0.040	2.51
8-2	21.0	0.022	0.078	0.037	2.42
8-3	21.8	0.024	0.076	0.033	2.29
8-4	21.2	0.023	0.077	0.036	2.39
9-3	21.6	0.023	0.077	0.034	2.33
9-4	21.5	0.023	0.077	0.035	2.34
10-4	22.4	0.025	0.075	0.031	2.16

Fig.6 Adhesion time

Fig.7 Scattering of adhesion time

4. 粘着時間の測定

ボール・カップ粘度計での測定は粘着時間によって行うので、この時間が安定している必要がある。カップ質量を 17.3g に統一し、動粘度 46mm²/s のタービンオイルを試料として粘着時間測定を行った。測定に際して、測定用ボールは上下に直動するようにスタンドに取り付け、粘度計測定部の全体を 30°C 一定の恒温箱に置いた。試料の量は 0.1mL とし、測定操作は試料を入れ替えずに連続して 10 回行った。粘着時間の測定結果の一例をカップ番号 7-4, 8-4, 9-4, 10-4 について Fig.6 に示した。Fig.7 には粘着時間の平均値に対するばらつきを示した。

5. 結言

カップ形状が異なると粘着時間も異なり、カップの球面直径が大きい（圧入寸法が大きい）場合に粘着時間は長くなった。この原因は Table 1 に示しているように圧入寸法が増すと環状口面積が小さくなり、油溜りから隙間部分に流れ込む速度が遅くなることが原因である。

本実験の結果、粘着時間のばらつきはおよそ±3%以下であることが分かった。これはレッドウッド粘度計とほぼ同一の精度であると言える。ボール・カップ粘度計はごく少量（0.1mL）の試料で粘度の値を安定して求めることができることが分かった。今後、動粘度の異なる試料でも測定して、本粘度計の有用性を明らかにする。