ミ ッ チ ェ ル 粘 度 計 の 改 良 *

石 原 荘 一 **, 村 上 好 生 **, 田 村 淑 ***

蜂 谷 千 寿 子 †, 富 塚 清 ††

Improvement of Michell Workshop Viscometer

by Soichi ISHIHARA, Yoshio MURAKAMI, Toshi TAMURA,
Chizuko HACHIYA, and Kiyoshi TOMIZUKA

The Michell viscometer is mainly composed of the cup and the ball. The viscosity is indicated by the time, during which the ball adheres to the cup against the gravity, after the space between them has been filled by oil sample and the ball has been pressed against the cup firmly. Although the mechanism of this viscometer is very simple and the viscosity can be measured by only several drops of the sample, it has not been used widely. The authors have improved this viscometer in several points and developed a constant temperature box for it. As a result of them, the reliability of the measurement has become higher and the operation of the viscometer easier. For example, we can know numerically the relation between the distance covered and the kinematic viscosity of automotive engine oil without any difficulties.

Key Words: Tribology, Lubrication, Measurement, Viscometer, Lubricating Oil, Internal-Combustion Engine

1. ま え が き

粘度計の種類はその原理からみて、細管式、落球式、回転式、振動式などに分類できるほどいろいろある。潤滑油をはじめ石油類の粘度は、多くの場合、細管式で、すなわち JIS に動粘度試験方法⁽¹⁾が制定されているので、それに従って測定するか、慣用的にレッドウッド粘度計またはセイボルト粘度計によって測定されている。

いずれの方法で測定するにしても、試料が 100 cc とか、少ない場合でも約 50 cc は必要で、操作や清掃のための注意事項がたくさん決められており、かつ粘度が温度の影響を受けやすいので、実質、恒温室を必要とし、「粘度測定はやっかいである」の感じがする。こういう状況であるのに、数十年前にミッチェルによって試料が数滴でよく、操作や清掃が簡単な粘度計が開発されたが、あまり知られていない。

これが普及しなかった理由は、実際使用してみると同一試料においても操作の際の手加減によって測定結果がばらつき、彼は「工場用」と名付けているが、そういう見方をしても「信頼性の面で不安がぬぐいきれなかった」といえる。そこで、ミッチェルの粘度計をだれがしても同じように操作できるように改良し、かつこれ専用の恒温箱を開発した。つまり、本研究において、ミッチェルが期待した「工場用粘度計」を、彼の作品を参考にして安心して実用し得るまでに完成させた。

2. ミッチェル粘度計の紹介

ミッチェル粘度計は図 1 のようで、主要部分が鉄製カップおよび鋼球の 2 部品から成り立っている。カップの内面には図 2 のように、カップと球とを合わせたときに、両者の間に一定厚みのすきまができるように、突起が 3 箇所に付いている。

測定手順は表 1 のとおりである。2 面間に試料を入れて、一定の力でそれを引き離すと、2 面間の間隔が広くなるとともに、試料がまわりから中心に向かって流れる。この流速が 2 面間の離れる速度を決め、結局、試料の粘性が 2 面の粘着時間を決める。

* 昭和 60 年 3 月 31 日、第 62 期通常総会講演会において講演、原稿受付 昭和 59 年 10 月 8 日。

** 正員、名城大学理工学部 (〒468 名古屋市天白区天白町八事裏山 69)。

*** (株)ノース (〒650 神戸市中央区明石町 32)。

† 北九州保育専門学校 (〒800-03 福岡県京都郡荏田町上片島 1575)。

†† 正員、東京大学工学部 (〒113 東京都文京区本郷 7-3-1)。

3. 粘度計の改良

(1) カップと球との位置を図3のように上下逆にした。これによって逆転操作が解消し、ハンドルを操作前からスタンドに保持させることができるようになった。また、球の落下を、球が試料でぬれているため、球がころがってその付近を汚したり、球に傷が付いたりしないようにビロードや脱脂綿などで受けなければならなかったが、それが解消した。更に、この解消によって、粘着時間測定用タイマが設置しやすくなった。

(2) カップのまわりの溝を図4のように大きくし、比較的多量の試料を入れられるようにした。これによって、試料が中心に向かって流れる際の、流れを維持するための補充が十分になった。もし補充が利かない場合には、両面相互のぬれ面積が徐々に縮小し、縮小そのものは粘着時間が短縮される原因となり、同時にぬれ面積の縮小を表面張力が阻止しようとし、これが粘着時間を長引かせる原因となる。なお、従来形のままで仮に溝を大きくしても、逆転操作によって試料が溝から飛び出す恐れがある。

(3) 粘着時間が極端に短くても長くても測定精度が悪くなる。従来形の場合には試料が定まると、粘着

時間は突起の高さ、すなわち2面間の最初の距離のみで決まるが、改良形の場合にはカップの重量によっても決まる。そこで、突起の高さは一定とし、粘度測定範囲への対応はカップ重量の大小によることとした。つまり、実際にはカップの高さのみを変えて3種類製作した。

(4) 従来形の場合、カップのくぼみは旋削およびすり合わせによって製作され、突起はめっきによって製作されているらしい。しかし、めっきによって盛り上げる場合、その高さを測定し難いこともあって、製作の都度、同一にすることがむずかしい。そこで、粘度計としての鋼球をもう一つ用意し、この球面上の3箇所に平面によるすり取りを施し、これをプレス製の型とした。プレスで押した場合、このすり取り部分が図4の支持台を作ることになる。

(5) 従来形はカップまたは球が磁化したとき、それが粘着時間に影響する。そこで、カップを黄銅製とし、その心配をなくした。なお、黄銅はアルミニウムや銅などよりもプレスしやすかった。

(6) 従来形の場合には永年の使用過程において、突起が実用に差しつかえるほど摩耗していても気づかずにいる恐れがある。そこで、くぼみ面全体を薄くめっきし、支持台のめっきが摩耗し、地金としての黄銅が

表 1 従来形の使い方

1. The cup is set with its depression upward and some drops of sample oil is given then to it.
2. The ball is set onto the cup and pressed against it with appropriate force.
3. The whole viscometer is turned rapidly upside down and the handle is held in the manner shown in Fig.1.
4. The duration of adhesion between the ball and the cup is measured.

図 1 ミッCHEル粘度計

図 2 カップの形状 (1)

図 3 改良形ミッCHEル粘度計

図 4 カップの形状 (2)

見えたとき、「寿命がきた」と判断することにした。

4. 恒温箱の開発

この粘度計専用の恒温箱を数種類製作したが、図5のような構成がいちばんよかった。図5において、粘度計は図3と同じで、ヒータ、ファン、サーモスタットは箱内均一温度および温度調整のために付けられ、腕カバーは箱内へ手を入れたとき、そこから空気が出入りしないために付けられている。

カップと球との押し付けは装置の自重を利用し、球の引き上げは手で行う。カップの粘着時間は、図6のようなスイッチがカップの下方に設置されていて、自動的にタイマが働いて測定される。箱内の温度がいたるところ所定の温度になるには、図7に示された実験結果より、少なくとも60 min 必要である。すなわち、この箱を利用する場合は60 min 以上前から電源スイッチを入れておかなければならない。

図5 恒温箱の略図

図7 恒温箱内各部温度測定結果

5. 粘度計の検定

測定開始前にカップと球との間に試料が満たされ、かつカップまわりの溝に最小必要量以上の試料が入っていないなければならない。そこで、自動車用ギヤオイルとスピンドル油とを数種類調合し、それぞれの粘度についての最小必要量を調べた。図8はそのうちの2種類について示しているが、他のいずれの場合も同じようであった。最小必要量はこれらの測定結果から、十分な余裕をみて、1回当たり0.1 ccとした。

カップ重量と粘着時間との関係は図9のとおりであり、粘着時間とレッドウッド秒との関係は図10のとおりである。なお、動粘度とレッドウッド秒との関係はJIS⁽¹⁾に詳しく掲載されている。

6. 粘度計の実用例

この粘度計の実用例の一つとして、自動車用エンジ

図6 スイッチ

図8 試料体積と粘着時間との関係

図9 カップ重量と粘着時間との関係

図10 粘着時間とレッドウッド秒との関係

図11 自動車用エンジンオイルの走行距離に対する動粘度測定

ンオイルの走行距離に対する動粘度を測定した。図11はその結果である。車は新車(SAE粘度7.5W-30)で使用開始600 kmより測定を始めた。2080 kmおよび4136 kmで2回オイル交換をした。試料はオイルレベルゲージ穴より細管を入れてオイル留めの底に軽く当たるまでいれて採集した。

7. あとがき

自動車のエンジンオイルは、一例として、新車から走行距離1400 kmあたりまで動粘度が急速に下がり、あとはほぼ横ばいとなる。オイル交換後は最初のときほど動粘度が下がらない。このような結果を数値の裏付けをもって得るには「この粘度計は試料が少量でよく、かつ携帯、操作、清掃管理が便利である」こと

が役立った。

機械に使用されつつある潤滑油の劣化判定は、自動車にみられるように、多くの場合、目測か推定によっている。この粘度計は安く簡単に製作でき、測定結果がこういったことに対して十分信頼し得る。今後、これが普及し、こうした判定や、2種混合液体の濃度判定、その他いろいろにもっと粘度が利用されることを期待する。

この研究はそもそものミッCHEル粘度計を東京大学名誉教授の曾田範宗先生がお貸しくださったことから始まった。先生に感謝の意を表する。

文 献

- (1) JIS K 2283-1983, (昭58), 日本規格協会。