

## 粘度測定装置

技術士（電気電子 総監） 富田 孟

電気設備技術者にとって、粘度測定は一般的には縁遠い分野ですが、私は勤務していた工場において、粘度測定の技術開発に取り組んだ経緯がありました。開発後には特許出願し登録されました。古い技術ですが、今でも役立つ場合があると思うので、以下に粘度測定装置（粘度計）の概要を記述しておきます。

### 1. 細管式粘度測定の原理

流体の粘度を測定する方法には、落球式、回転円筒式および細管式があり、高粘度（柔らかい餅程度）の場合は細管式が適している。細管式は、配管の一部を細くして、そこに粘性流体を流し込み、細管部前後の差圧から粘度を求める。

(参考) Hagen-Poiseuille の法則  $\eta = \pi PR^4 / 8LQ$  (cgs 単位系表記)

$\eta$  : 粘度 P : 細管部の差圧 R : 細管半径 L : 細管長 Q : 流速

R、L、Q が定数の場合は、 $\eta = kP$

<条件> ・温度一定 ・ニュートン流体（剪断速度と剪断応力が正比例）

### 2. 細管式粘度計の問題点

当時も細管式粘度計は計器メーカーから特注で製造販売されていた。その概要は、定量性のあるギヤポンプで被測定流体を細管部に送り、細管部の差圧を差圧伝送器で測って、その結果を粘度換算して指示記録させるものである。用途によっては、充分実用性はあるが、勤務する工場の設備で使用するには、次のような問題点があった。

- ①温度が変わると粘度が変化する。
- ②精度を保てる粘度測定範囲が狭い。

### 3. 開発した粘度計の概要

前記の問題点①②を改善することを目的に開発を行った。

#### (1) 温度対策

細管部と前後の配管を金属容器に収め、容器外部を保温材で包み、容器内に温度制御された熱媒体を循環させて、細管部の温度を一定に維持する。

#### (2) 測定範囲の拡大

測定範囲が狭い理由は、差圧伝送器の精度に起因する。差圧が小さいと誤差が大きくなる。

前記の式から、 $P = 8LQ\eta / \pi R^4$  とすると、差圧 P は流速 Q と粘度  $\eta$  との積に比例するので、粘度が低いときは流速を増やせば、差圧の測定精度は維持できる。（但し、流速変更はニュートン流体のみ適用可能）

このことから、以下のような方式とした。

- ①ギヤポンプを同期モータと VVVF インバータで駆動する。（VVVF : 可変電圧可変周波数）
- ②粘度の高低に合わせて、ギヤポンプの回転数を変更する。当時は回転数を 2 段階に切り替える方式を提案していたが、デジタル演算が容易に実施できる現在においては、細管部の差圧が常に一定になるように、インバータの周波数を制御して、周波数の逆数から粘度を求めるのが適切と考える。

以上