

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 90 [8], 275-281 (2017)

キャピラリ破断方式伸長ひずみ型レオメータの伸長粘度測定原理と応用

小坂 耕平*†

*サーモフィッシャーサイエンティフィック(株) 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3-9 (〒221-0022)

† Corresponding Author, E-mail: Kohei.kosaka@thermofisher.com

(2017年6月14日受付, 2017年7月7日受理)

要 旨

液体の粘度測定はせん断ひずみによる測定が主流である。しかし、流動時の物体の変形はせん断だけでなく伸長によっても定義される。そのため、粘度測定の際は、流動性評価の対象となる現象に伸長変形がともなうのであれば、伸長ひずみによりその粘性抵抗を調べる必要がある。

本稿では、伸長とせん断、それぞれの変形の定義と関連性の解説をもとに、Capillary Breakup方式による伸長ひずみ型レオメータ Thermo Scientific™ HAAKE™ CaBER™ 1の測定原理とその応用について解説する。

キーワード：伸長粘度，せん断粘度

1. 諸 言

測定と解析が比較的簡単に実現可能な変形形態に、伸長とせん断がある。伸長とせん断、与える変形によって材料の応答性は異なる。しかし、粘度測定対象の流体が、実際の用途にともなう流動でどのような変形が発生しているかに関係なく、せん断方式の粘度測定のみが行われている実態がある。流体のレオロジー測定のもっぱらの従事者は、伸長変形についての定義、または概念についてもなじみがないという場面も散見される。

市販されている伸長ひずみ型のレオメータに、Capillary Breakup方式による Thermo Scientific™ HAAKE™ CaBER™ 1がある。流体の伸長流動時の粘弾性特性により、材料の特徴づけが可能な多目的型レオメータである。

本稿では、伸長とせん断による変形の定義から、その違いと関係性について解説する。そして、伸長変形がともなう流動下で使用される、いくつかの試料を用いた伸長粘度測定と評価事例を紹介し解説する。

2. 応力とひずみ

2.1 変形の分類

ここでは、変形を「伸長」と「せん断」に分類し、それぞれの定義と関係性について解説する。

2.2 伸長

Fig. 1のように、初期長さ l_0 、初期直径 D_0 、断面積 A の丸棒



〔氏名〕 小坂 こうへい
〔現職〕 サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)ケミカルアナリシス事業本部 MCアプリケーション・スペシャリスト
〔経歴〕 国内の表・界面物性測定器メーカーに勤務したのち、測定機器製造の個人開業を経て現職。(大) 首都大学東京、産業技術大学院大学産業技術研究科修士課程修了。

に引っ張り荷重 F が作用する場合の伸長応力 σ は、

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

で定義される。

引っ張り荷重 F が作用したときの丸棒の伸びを1とすると、ひずみ ε を縦ひずみと呼び、

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

となる。ひずみの次元は、長さ単位の伸びを元の長さで割っているため無次元である。数字のみであらわす場合と100を乗じて%によってあらわす場合がある。

荷重 F が作用したときの応力 σ とひずみ ε は、弾性領域においては比例関係(フックの法則)にある。

$$\sigma = E\varepsilon \dots\dots\dots(2.3)$$

ここで E は縦弾性係数(ヤング率)である。

また、荷重 F が作用したときの荷重方向の伸びの直角方向は断面が収縮するため、荷重方向の伸びにともない初期直径 D_0 が D に縮む。この場合のひずみ ε' を横ひずみと呼び、

$$\varepsilon' = \frac{D_0 - D}{D_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

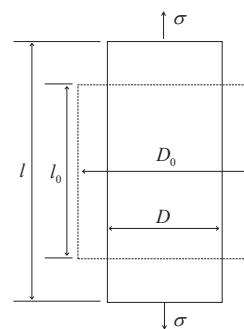


Fig. 1 Extensional strain and compressive strain simultaneously arisen in extensional deformation.