

リニアポリエチレンのチューブラー 2 軸延伸における成形挙動

Processability of Biaxially Oriented Film for Linear Low Density Polyethylenes

(大倉工業株) (正) 阪内邦夫、(学) 上原英幹、
(金沢大工)(正) 山田敏郎、(出光石油化学株)(正) 金井俊孝

This paper deals with the relationships among the process conditions, the physical properties and the processability of the double bubble tubular film of LLDPE. The double bubble tubular method and the laboratory biaxial film stretcher (the tenter method) are studied in order to analyze the biaxially orientation of LLDPE. In this research, the strain rate and stretch stress of the double bubble tubular method is higher than that of tenter method, therefore the double bubble tubular film has good physical properties. But the laboratory biaxial film stretcher shows the same physical property trends as to the relationship between the stretch condition and the physical property of the double bubble tubular stretching process. Therefore laboratory film stretcher is available for the prediction of stretchability and observing trends in the properties occur. Also in the double bubble tubular method, it is found that a sequential biaxial orientation and neck orientation phenomenon of TD. So these two phenomena fairly affect a balance of MD and TD physical properties.

Key words: processability, strain rate, stretch stress, sequential biaxial orientation, neck orientation

1. 緒言

チューブラー法による 2 軸延伸フィルムはテンター 2 軸延伸法よりも経済性に優れており、得られたフィルムはシュリンク特性および物性でも非常に優れているため、2 軸延伸フィルムの製法としては広く一般的に利用されている。

これまでもチューブラー 2 軸延伸法の研究は PVDC、PET、PPS、Ny6、EVOH、PP、PE 等といった様々な樹脂に対しても行われている。¹⁾²⁾³⁾

一般的な包装資材としては成形の容易さとコストパフォーマンスからポリプロピレンの 2 軸延伸フィルムが日用品、食品等に広く利用されている。しかし、近年より優れた包装仕上がり及びフィルム強度が要求されるようになりリニアポリエチレンの 2 軸延伸フィルムの需要が高まってきている。

一般的にはリニアポリエチレン (LLDPE) の 2 軸延伸はポリプロピレンよりも成形領域の狭いことが知られており、成形条件と延伸性、物性との相関関係については詳細な報告がされていない。そこで今回の研究では、LLDPE のチューブラー 2 軸延伸法における成形挙動の解析を報告する。また、実験用 2 軸延伸装置でチューブラー 2 軸延伸法の延伸性、フィルム物性がどの程度予測できるかについても報告する。

2. 実験装置の概略

2-1. チューブラー 2 軸延伸装置

チューブラー 2 軸延伸装置はダブルバブル装置

延伸装置、巻取装置の 3 段階で構成されている。まず、溶融した樹脂は下方向に押し出され、所定の径に膨らませ、外面を冷却水で冷却し、ニップロールでフラットにされる。延伸装置にて再度ガラス転移点よりも高い温度に加熱され 2 軸延伸された後、冷却された空気により冷却される。延伸後のフィルムはニップロールにより再びフラットにされ、両サイドをカットして巻取機にて別々にフィルムとして巻き取られる。本研究では 65mm の押出装置、180mm の円形ダイスを使用した。

延伸装置略図

Figure 1. Schematic drawing of double bubble tubular film blowing apparatus.

2-2. 実験用 2 軸延伸装置 (テンター法)

正方形にカットしたフィルムをクリップで 4 方をチャックし、一定時間加熱した後、同時 2 軸延伸する。延伸終了後冷却エアーでフィルムを冷却し延伸フィルムを採取する。

3. 実験試料

主原料としては LLDPE (密度=0.920g/cm³, MFR=1.0g/10min) を使用し、延伸性を改善するために LLDPE (密度=0.902g/cm³, MFR=1.0g/10min) と LLDPE (密度=0.935g/cm³, MFR=2.3g/10min) をそれぞれ重量で 15% 添加した。なお加工助剤としてエルカ酸アמידを 2000ppm 添加している。

4. 実験方法の概略

Kunio SAKAUCHI*, Hideki UEHARA, Toshiro YAMADA and Toshitaka KANAI
Functional Products Dept.

Plastics Division
OKURA Industrial Co., Ltd.

*1515, Nakatsu-cho, Marugame, Kagawa, JAPAN
763-8508

Tel: 0877-56-1125, Fax: 0877-56-1234

E-mail: k-sakauchi@okr-ind.co.jp

とも言われ Figure 1 に示すように原反製膜装置、

4.1 チューブラー 2 軸延伸装置

バブル張力は延伸ニップロールに取り付けたトルク測定計器から算出した。バブル内圧は延伸中のバブルに圧力測定器を挿入して測定した。

延伸部分の成形挙動解析は延伸前のフィルム表面に格子模様を描き、その格子が延伸された後バブルを停止・冷却し形状を保持した状態で延伸開始点から終了点までのフィルムをサンプリングした。次にその格子サイズを測定し、それより延伸倍率を計算して延伸部分の成形挙動をグラフ化した。また、サンプリングした延伸バブルを再度膨らませて写真撮影しトレースすることで延伸バブル形状の違いを測定した。

4.2 テーブルテンター 2 軸延伸装置

テーブルテンター延伸用フィルムはチューブラー 2 軸延伸装置の原反製膜装置で作成した。サンプル (95mm 角, 300 μ m) をクリップでチャックし、延伸倍率 MD / TD=5 / 5、延伸スピード=30mm/sec、予熱時間=2min の設定で評価用サンプルを作成した。

また、延伸開始から終了までの張力を測定し延伸応力を算出した。

5. 結果および考察

5-1. チューブラー法

延伸温度は延伸バブル安定性と延伸フィルム物性に大きな影響を及ぼす。しかし、チューブラー法は延伸開始から終了までが非等温下での延伸であること、周囲が赤外線ヒーターで囲まれていることもあり延伸条件の目安となるパラメーターとして使用することは非常に難しい。そこで、パラメーターとしては延伸温度と相関性のある延伸トルクを使用した。

実験では延伸温度を変化させ、延伸トルク・バブル内圧(延伸応力)とフィルム物性との相関性の比較、バブル安定性(延伸安定領域)の検証を行った。その結果、延伸応力の増加(延伸温度の低下)に伴いフィルム物性が向上することが明らかとなった。

次にバブルの延伸挙動を把握するため、延伸トルクを変化させ格子模様を描いたバブルサンプルを採取し分析をした。Figure 2 に示されているようにトルク変化により延伸部分の形状が大きく変化しているのが明らかである。また、延伸開始から終了までの格子サイズを測定した結果、トルクが高い方が延伸倍率のバラツキが少ない・歪速度が速い、トルクが低くなればより逐次 2 軸延伸の傾向が現れやすくなることが明確になった。従って、延伸温度をできる限り下げ延伸トルク・バブル内圧を高くしたほうが偏肉の少ない、縦横の物性バランスの良好なフィルムが成形できると言える。

バブルの写真

Torque=58.7Nm Torque=35.5Nm
Figure 2. Photograph of bubble shape

5-2. テンター法

実験用 2 軸延伸装置を使用して延伸温度と延伸応力、延伸フィルムの物性との相関性に関して実験を行った。

その結果、実験用 2 軸延伸装置では延伸応力が 2.5~15MPa の範囲で延伸可能、チューブラー 2 軸延伸装置では 9~18MPa の範囲が延伸安定領域といった比較データが得られた。このデータから判断するとチューブラー法でのバブル不安定性がテンター法よりも成形温度領域を狭くしているということが考えられる。また、最大延伸荷重からチューブラー 2 軸延伸における延伸性安定温度領域・適正延伸温度の予測を行うことができる。さらに、延伸温度とフィルム物性のデータより実験用 2 軸延伸装置でもチューブラー 2 軸延伸と同様な傾向が見られた。

しかし、テンター法では延伸倍率の増加に伴い歪速度が低下、チューブラー法が非等温延伸であるのに対しテンター法では等温延伸等の理由からテンター法では得られるフィルム物性が劣っている。

6. 結言

今回の研究結果により、LLDPE の 2 軸延伸技術に関して以下の知見が得られた。

- ・チューブラー法ではテンター法よりも歪み速度が速い、または延伸応力が高いフィルムを成形することができる。その結果フィルム物性の優れたものが成形できる。
- ・実験用テンター 2 軸延伸装置でチューブラー 2 軸延伸の延伸性およびフィルムの物性のある程度予測することが可能である。
- ・チューブラー形式では延伸温度の上昇に伴い逐次 2 軸延伸、ネック延伸の傾向が大きく現れ MD・TD の物性バランスおよび偏肉が悪化する。また、延伸安定性にも大きく影響している。

参考文献

- 1) S. Rhee and J. L. White Intern Polymer Processing XVI (2001)
- 2) T. Kanai and G. A. Campbell Film Processing 3.1
- 3) M. Takashige and T. Kanai Intern Polymer Processing V (1980)