

ガラスリボンの技術と特徴

中島 外博 (なかじま・そとひろ)

日本電気硝子㈱
電子部品事業部 第二開発部

はじめに

どこまでも薄く、曲げて割れないしなやかなガラス……、日本電気硝子は、硬くて脆いガラスのイメージを覆す超薄板ガラスの開発に取り組んできたが、この度、リボン形状で、これまでは達成できなかった厚さ4~50 μm の極薄ガラス“Glass-ribbon”の開発・製造に成功した。ガラスは本来、耐熱性、ガスバリア性、電気絶縁性、平滑性、光透過性、化学的安定性などの優れた特性を持っているが、Glass-ribbonは薄く成形することで、フレキシビリティや加工性の良さが加わった。また、ポビンに巻きつけて収納可能で取り扱い性にも優れている。すでに一部の研究機関で微小化学分析システムのマイクロチップ部材として採用が始まっている。電子・光通信デバイスやディスプレイをはじめ、医療、光学、照明など幅広い分野への応用が期待できる。

本稿ではこのGlass-ribbonについて紹介する。

1. “Glass-ribbon”の概要

写真1にGlass-ribbonの外観写真を示す。樹脂フィルムのようにしなやかで写真のように巻いたりしても破損することはない。ガラス表面は無研磨にも関わらず非常に平滑で、特筆すべき点

は、Glass-ribbonの側面(両端)も表面同様に平滑になっていることである。

Glass-ribbonは延伸成形技術を用いて製造されており、製品の幅そのままにリボン成形され、両側面は切断や研磨等の加工を施しているのではなく、熱成形中に同時に両側面を加工(ファイアポリッシュ)しているため、滑らかであり曲げや捻りに非常に強い。

また、肉厚のばらつきがほとんどないことも特長である。写真2に幅20mm、肉厚10 μm のガラスリボンの断面の顕微鏡写真と肉厚の測定結果を示す。幅方向の肉厚ばらつきはリボンの平均肉厚10 μm に対して0.3 μm であった。

Glass-ribbonは、最薄4 μm 、最大幅20mm、

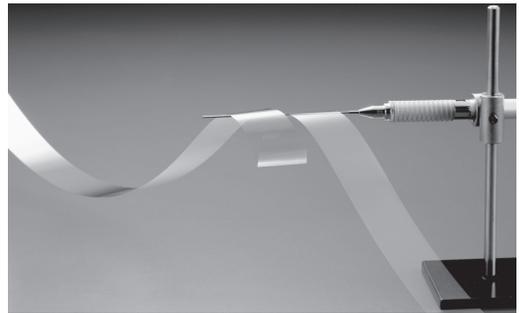


写真1 Glass-Ribbon 外観写真

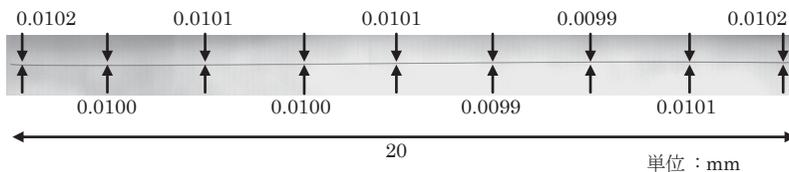


写真2 Glass-ribbon 断面写真と肉厚測定結果

最長 100 m まで製造可能である。

2. “Glass-ribbon” の特長

Glass-ribbon の表面はファイアポリッシュされた無研磨面であり、キズがなく非常に平滑である。通常、研磨ガラスの表面には多数の微細なキズが存在するが、無研磨ガラスにはキズが見られない (AFM による観察)。

第 1 図に、代表的な組成の Glass-ribbon における、曲げ半径に対する発生応力のグラフを示す。ガラスを曲げたときに発生する引っ張り応力によって破損してしまう最小曲げ半径の値、そのときの破壊応力値は、ガラス表面および端面の状態によって大きく異なる。たとえば表面が滑らかであっても、側面が切断等の機械加工面であった場合の破壊応力値は、概ね 50MPa 程度とされる¹⁾。一方、表面が平滑でかつ側面が滑らかに丸みを帯びている Glass-ribbon の場合、破壊応力値は飛躍的に向上する。たとえば肉厚 5 μm の Glass-ribbon の最小曲げ半径は実測値で 0.5mm であった。すなわち破壊応力値としては 400MPa に相当する。

Glass-ribbon は延伸成形技術を用いて製造される。言い換えれば、延伸成形可能な材質のガラスであれば Glass-ribbon として製造可能である。Glass-ribbon はいろいろなガラスで製造対応できる適応範囲の広さも大きな特長の一つである。例えば他材料と接合する場合、膨張係数を $40 \sim 100 \times 10^{-7} / K$ の範囲で合わせることができる。

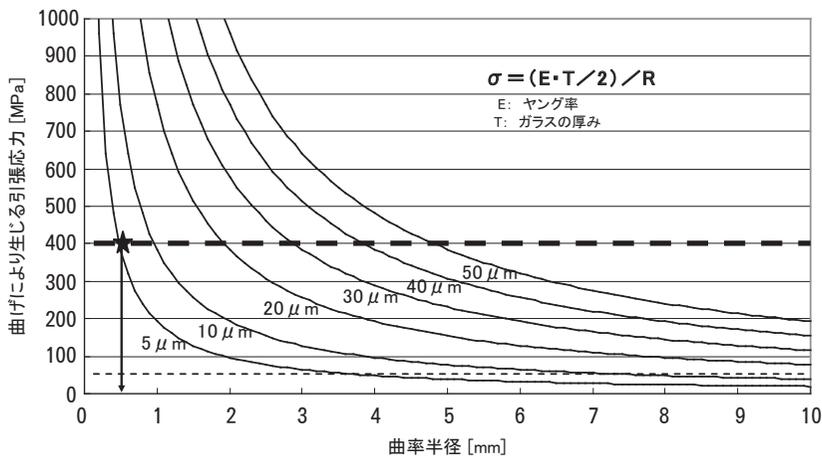
また、ガラスの軟化点や誘電率を目的に合わせることも可能である。

また、Glass-ribbon は、同じようなしなやかさの樹脂フィルムや樹脂テープにはない、ガラス本来の持つ、優れた耐熱性、ガスバリア性、電気絶縁性、平滑性、光透過性、化学的安定性を持つため、さらに適応範囲は広がる。ガスバリア性については、酸素透過度、水蒸気透過度どちらにおいても、一般的な樹脂フィルムに比べ、測定検出下限未満の高い気密性を有する [API-MS 法による等圧測定、於：(株)住化分析センター)]。

3. 新しい可能性

当社において、Glass-ribbon は提案型の商品として開発された。したがって、制限なく用途開発されることにより、新しい可能性が見出されることを期待している。

一部の研究機関では、微小化学分析システムのマイクロチップ部材として採用が始まっている。微小化学分析システムは、細胞や分子構造などの分析や実験を 1 枚のマイクロチップ上に集積化した次世代の分析システムで、マイクロチップの微小流路 (マイクロチャネル) の溶液を送液制御するためのストップバルブに Glass-ribbon が使用され、本ケースは世界初となる。Glass-ribbon が樹脂と比べて優れた耐久性を持ち、極薄な形状や精密な寸法精度を有することから、マイクロチップ上のストップバルブ用途に適した材料として高く評価された。今回採用された Glass-ribbon は



第 1 図 Glass-ribbon の曲率半径と発生応力の関係

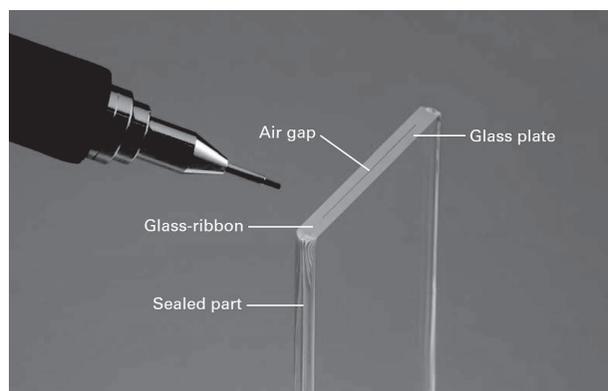


写真3

薄さ $6\ \mu\text{m}$ で曲げに対する耐久性が非常に高い。

Glass-ribbon を用いたアプリケーションの一例としてマイクロプレパラートを紹介する (写真3)。マイクロプレパラートは、2枚の板ガラスの2辺にガラスリボンを挟み込み、レーザー照射で接合したものである。ガラスリボンの厚さがマイクロプレパラートのギャップとなる。写真3のマイクロプレパラートでは Glass-ribbon の厚みは $20\ \mu\text{m}$ であり、ギャップも同じく $20\ \mu\text{m}$ である。マイクロプレパラートのギャップには、毛細管現象により液体を浸透させることができる。Glass-ribbon によって作製されたギャップは、微小かつ寸法精度が高いため、例えば血液または体液などの検体を分析する際、検体の観察領域外への移動を好適に制限することができる。

また、Glass-ribbon は、厳しい寸法精度が要求される、非常に狭い空間での、基板、スペーサー、隔壁等への応用も期待できる。長いリボン状であることを活かした用途も数多くあると思わ

れる。いろいろなサイズにジャストマッチで対応できるので、捨てる場所がなく、またボビン巻きであるため、客先でのロール to ロールの生産工程に対応して、効率化に役立つエコロジカルな材料であるともいえる。

おわりに

本稿では、薄くしなやかで、かつ強いガラスの新素材“Glass-ribbon”について紹介した。Glass-ribbon は提案型商品として新しい可能性を秘めた新素材として開発された。今後もより薄くより幅広い Glass-ribbon の製造開発を続けるとともに、新たな付加価値付与の研究開発も行い、さらに新しい用途展開を図りたい。

参考文献

- 1) 藤原克利： ニューガラス，社団法人ニューガラスフォーラム Vol. 24, No.2, p.90-92 (2009).