

無電極ランプにおけるガラス加工技術

Glass-Processing Technology for Electrodeless Lamps

宮先 弘* ・ 吉田 亨** ・ 北口 豊*** ・ 中村 圭佑**
Hiroshi Miyasaki Toru Yoshida Yutaka Kitaguchi Keisuke Nakamura

無電極ランプのガラス加工工程において、ガラス強度向上のための肉厚均一化工法と、ガラス形状のばらつきを抑制するためのリアルタイム加工制御工法を開発した。本開発により、均質で安定した加工精度を達成することで長期信頼性のさらなる向上に貢献できる。また、従来日常的に行われてきたガラス加工技能者の経験に依存した条件管理が不要となり、製造ロス改善などの効果も期待できる。

In the glass processing of electrodeless lamps, a uniform thickness method for increasing the glass strength, and a real-time processing control method for suppressing glass shape variations have been developed. The developed processes contribute to further improvement of long-term reliability by achieving uniform and stable processing accuracy. The new development also replaces the traditional daily process control, which is dependent on the experience of glass blowers, and is expected to further reduce manufacturing losses.

1. ま え が き

地球環境保護が国を挙げての施策として掲げられている近年、照明分野においても長寿命・高効率といった環境配慮型製品に注目が集まっている。このような市場のニーズを受け、当社は推定6万時間の寿命をもつ無電極ランプユニット「エバーライト」を開発した。そのため「エバーライト」には通常のランプ以上の長期信頼性が求められている。とくにガラス加工条件によっては、肉厚の不足や不均一、残留歪の増加などが生じ、その結果、振動などの外乱や経年劣化などが原因と考えられるクラックによる点灯不良などが発生する可能性がある。そのため、ガラス加工には細心の注意を払う必要がある。

従来、加工技能者の経験による日々の条件調整の多いガラス加工において、強度向上のための厚肉・均一化と寸法形状の安定化が可能な無電極ランプのガラス加工技術を開発した。

本稿では、「エバーライト」ガラス加工の重要工程である、キャビティの排気管溶着およびバルブ・キャビティ溶着後のシェーパ加工の詳細について述べる。

2. 「エバーライト」ランプの製造工程

図1に「エバーライト」ランプの製造工程をランプ分断図で示す。

本管および排気管と呼ばれるガラス管を、キャビティーと呼ばれる形状に加工する。次に、調合懸濁化された蛍光体をバルブとキャビティーに塗布し焼成する。蛍光体が焼成されたバルブとキャビティーは溶着とシェーパ加工後に、真空排気およびガス封入されランプとなる。

3. キャビティの排気管溶着

3.1 排気管溶着部の破壊モード

キャビティーを加工する際、溶着条件によっては著しくガラス肉厚が薄くなる部位が排気管溶着部である（図2）。

キャビティーを構成する排気管端部に横方向の力を加えてキャビティーを破壊したときの状態を図3に示す。破壊は排気管溶着部のみで発生しており、他の部位より強度的に劣っていることがわかる。

破壊した部分が、ほかの部分に比べ薄くなっていることがわかる。不均一な肉厚では、外力により応力集中が生じてランプ破損を発生させるおそれがあるため、排気管溶着部の肉厚均一化を図る必要がある。

* 照明事業本部 照明基幹デバイス総合部 Lighting Devices Development & Manufacturing Division, Lighting Manufacturing Business Unit

** 製造システムセンター Manufacturing Systems Center

*** 照明事業本部 照明製造総合部 Lighting Manufacturing Division, Lighting Manufacturing Business Unit

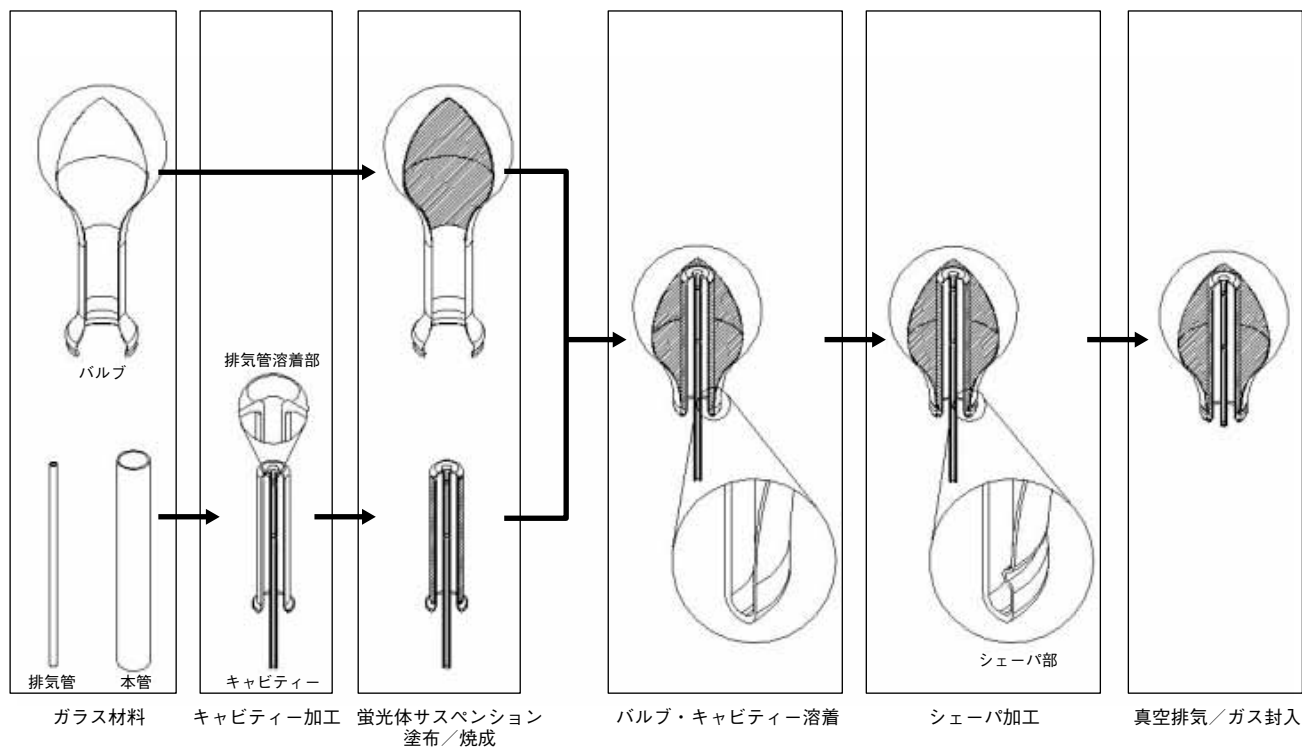


図1 「エバーライト」ランプの製造工程

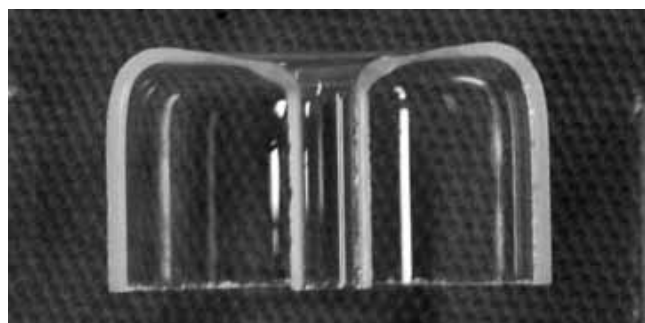


図2 キャビティー溶着部の断面形状

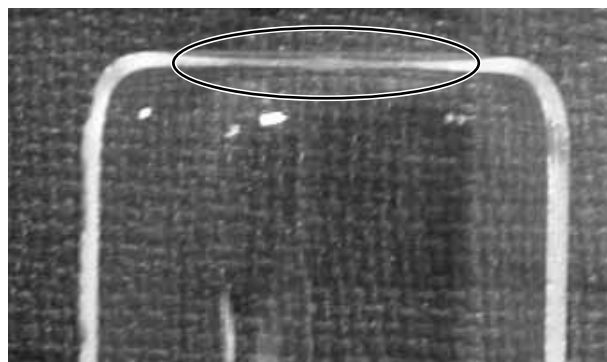


図4 キャビティー本管端部の断面形状

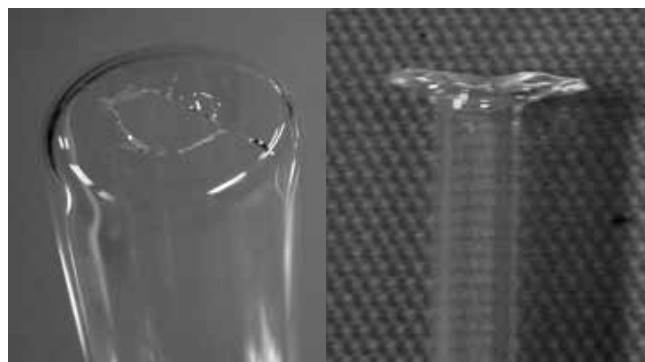


図3 キャビティー破壊状況

3.2 肉厚の均一化

図4にキャビティー本管端部の断面形状を、図5にこの加工概要を示す。燃焼ガス・酸素・空気から成る混合ガスで火炎を発生させるバーナを用いて、ガラス管の中央部を加熱しながら両側を引っ張ることで、図4のようなガラス

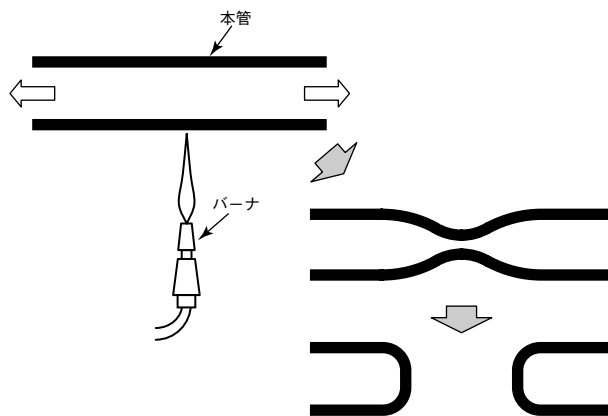


図5 キャビティー本管加工概要

管に加工する。

図6にこの加工に使用する設備を示す。排気管溶着部の

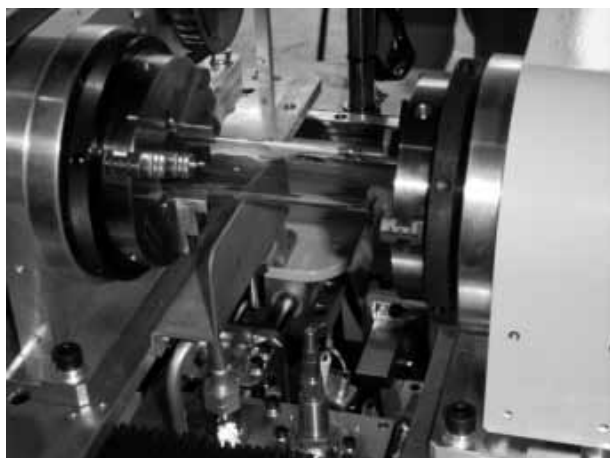


図6 加工設備

肉厚が薄くなる原因は、図4の線で囲んだ部分の肉厚が排気管溶着前にすでに薄くなっているためと推測される。

したがって、排気管溶着部肉厚の均一化を図るためには、本管溶着部位の厚みを増加させることが効果的である。

加工に関するパラメータとしては、本管引張始動タイミング、本管引張速度、バーナ位置、バーナ混合ガスの各成分流量、バーナ火口口径が挙げられる。

これらの各パラメータと肉厚増加との関係を分析した結果、肉厚の均一化は本管引張始動タイミングと本管引張速度が大きく影響していることを見いだした。

バーナで本管を加熱し始めてからの本管引張始動が早いと溶融されているガラスの範囲が狭くなり、キャビティー本管端部の肉厚は薄くなりやすく、本管引張速度が速いと肉厚分布が安定しない。しかし、製造効率化を考えると加工時間は安易に増やせないことから、引張と停止を繰り返すことを考案した。これにより、図7の線で囲んだ部分に示すとおり、加工前の肉厚とほぼ同一かつ均一に成形され、さらに中央に肉溜りをもつ本管を既定の加工時間で製作できた。

図8は加工した本管に排気管を溶着した断面であり、ほぼ均一な肉厚であることがわかる。

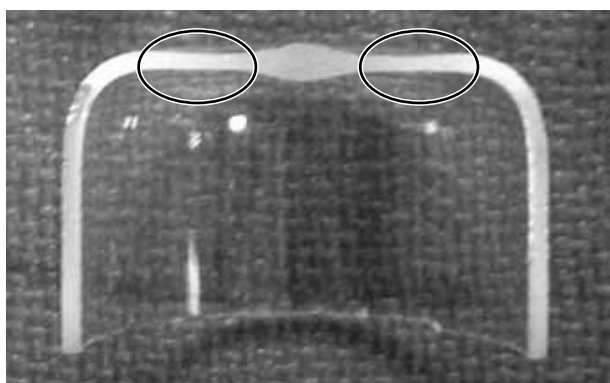


図7 本加工法によるキャビティー本管端部の断面形状

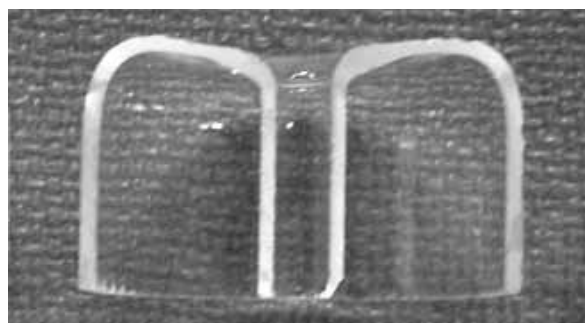


図8 肉厚が均一なキャビティー溶着部の断面形状

3.3 肉厚均一化の効果検証

溶着部の肉厚がほぼ均一化されたキャビティーの強度を、従来加工法のキャビティーと比較したのが図9である。

破壊に至る排気管横方向の力を測定した結果、従来加工品と比べて平均値で約2倍に強度が向上している。

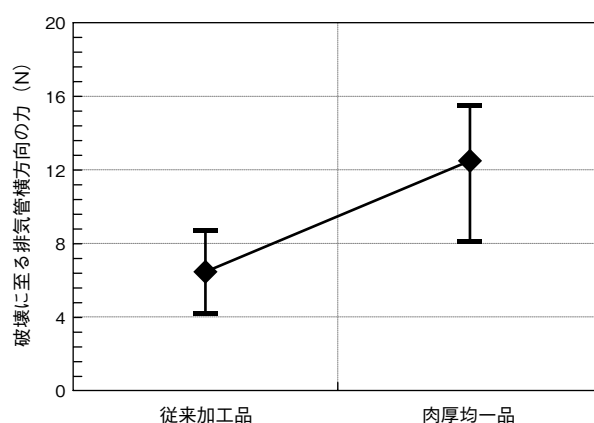


図9 破壊強度の改善効果

4. シェーパ加工

4.1 二重安全構造

シェーパ部は口金と呼ばれる樹脂部品を接着する部位であり、すでにランプ寿命に対して十分な接着信頼性を確保している。さらに、安全性向上のため、図10に示すようにシェーパ部円周における凹部形状と樹脂部品側の落下防止ストッパの組合せで、ランプ落下防止の二重安全（接着＋機械的構造）を実現している。

4.2 加工方法

シェーパ加工には金型を用いる方法などがあるが、型温度・冷却機構・メンテナンス性などの観点から薄型ローラとバルブ内部へのエア加圧による方法を採用している。

図11にシェーパ加工概要を示す。

4.3 成形ばらつきの抑制

薄型ローラによる成形の場合、成形温度による形状ばら

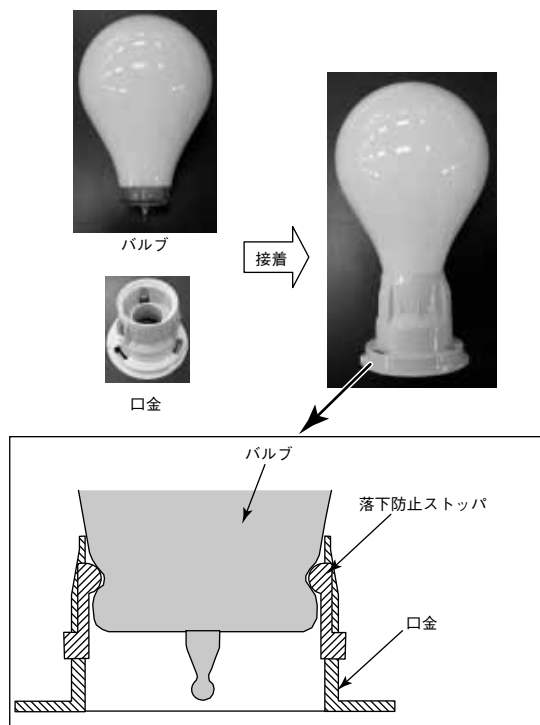


図10 落下防止構造概要

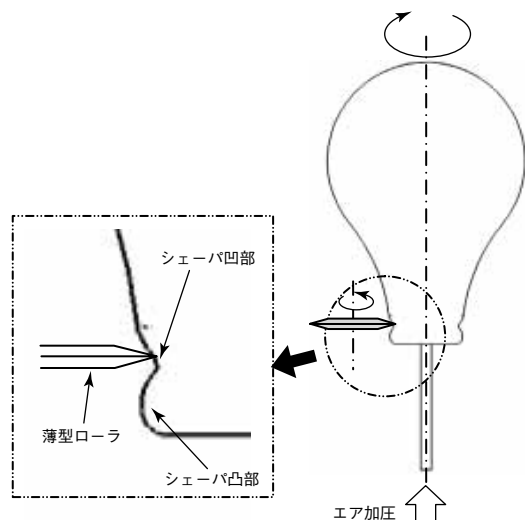


図11 シェーパ加工概要

つきが大きな問題になる。口金との組立精度に影響するシェーパ部形状のばらつきを抑制するためには、キャビティー、バーナ、およびローラの各位置（高さ）関係を一定に保つことが重要である。しかし、ガラス素材の寸法精度管理によるキャビティーの寸法精度確保には限界があるため、これらの位置関係がばらつき、以下の問題を引き起こす。

- (1) シェーパ凹部の傾斜角度のばらつき
- (2) ローラ接触面の微小クラック

(3) シェーパ凹部径のばらつき

これらの問題を解決するために、ローラおよびバーナの位置を固定したうえで、寸法精度の良くないキャビティーの位置決め補正機構を設けている。しかし、シェーパ凸部径のばらつきの低減が重要な課題として残った。

この課題は、キャビティーなどの位置補正では制御することができないため、内部エアの圧力制御と、加圧時間制御により解決することを考案した。その方式は、内部エア加圧中のバルブの形状変化を画像処理でリアルタイムに測定することで加圧時間を割り出し、シェーパ凸部外径寸法のばらつきを抑制するものである。

このときの課題と対策を以下に示す。

(1) 画像処理速度に合わせた加工速度の調整。

対象範囲から処理算出するシェーパ凸部の形状寸法は、画像処理装置の特性上、連続した時系列データではない。そのため、加工速度が極端に速いと処理中に目標寸法を超えてしまうことから、目標加工時間を超えない範囲で加工速度を調整している。

(2) バーナ火炎画像による対象形状の誤認識の防止。

撮像中のバーナ燃焼ガスや酸素量を制御し、形状検知に炎の影響を受けにくくしている（図12）。

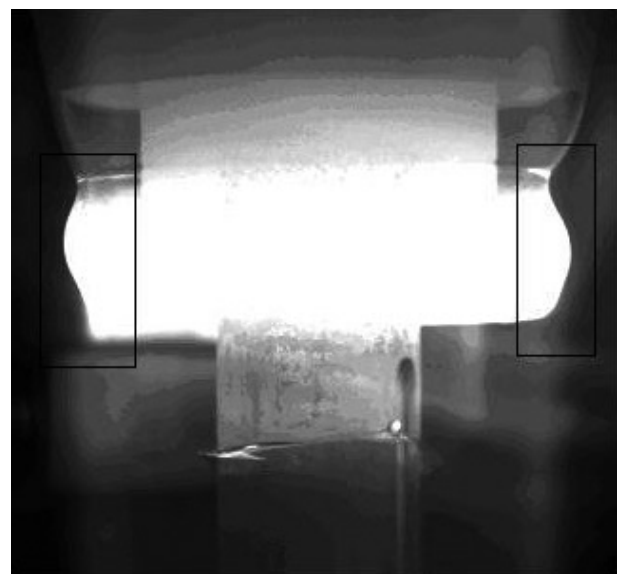


図12 シェーパ加工の画像

(3) 加圧完了後の形状寸法変化への対応。

成形中の熔融ガラスは、熱変化や内部の膨張空気により形状が非常に変化しやすいため、工程における伝導や放射によるガラスの冷却および段階的な加圧力の低減タイミングを設定し形状寸法の変化に対処している。

4.4 画像処理導入効果の検証

図13に画像処理の導入前後におけるシェーパー凸部寸法のばらつきを示す。

画像処理の導入はシェーパー凸部径のばらつきに対して、非常に効果があることがわかる。

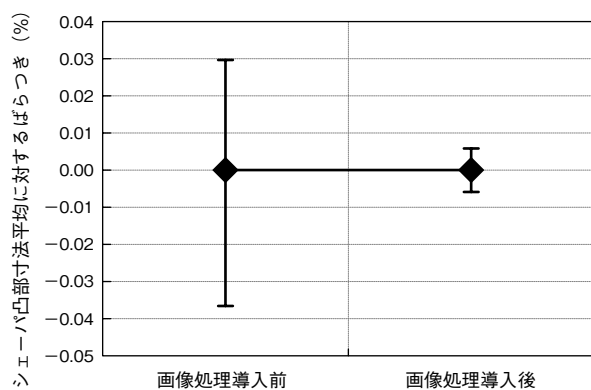


図13 凸部寸法ばらつき

5. あとがき

無電極ランプのガラス加工工程において、ガラス強度向上のための肉厚均一化工法と、ガラス形状のばらつきを抑制するためのリアルタイム加工制御工法を開発した。本開発により、均質で安定した加工精度を達成することで長期信頼性のさらなる向上に貢献できる。また、従来日常的に行われてきたガラス加工技能者の経験に依存した条件管理が不要となり、製造ロス改善などの効果も期待できる。

長寿命などの特徴を有する次世代の光源として期待される無電極ランプは、現在30 Wから240 Wまでの幅広いラインアップを展開しており、これらの技術によってさらに高品質な製品を実現し、エバーライト事業が大きく伸張することを期待されている。

*参考文献

- 1) (社)日本硝子製品工業会編：1993 ガラス製造の現場技術（1993）
- 2) 城戸 大志，平松 宏司，小笠原 宏，山本 正平：高効率低周波無電極ランプ「エバーライト」，松下電工技報，Vol. 53, No. 1, p. 10-15（2005）
- 3) 平松 宏司，増本 進吾，牧村 紳司，山本 正平，熊谷 祐二，松尾 茂樹：高出力無電極蛍光ランプ「エバーライト50®」，松下電工技報，No. 73, p. 83-86（2001）

◆執筆者紹介



宮先 弘

照明基幹デバイス総合部



吉田 亨

製造システムセンター



北口 豊

照明製造総合部



中村 圭佑

製造システムセンター