

石英ガラス製円筒炉心管内のテーパ管溶着加工

明都 茂、門脇 英樹

筑波大学研究基盤総合センター技術室（工作部門）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

理化学ガラス加工において、トラップ管の様な二重管を製作する際、内側のガラス管が動かないように保持具を使い仮固定し溶着加工する。工作部門ガラス工作室にも、何種類かの保持具が用意されている。しかし、それらはストレートガラス管用で、テーパ状（円錐）のガラス管は構造上固定できない。今回、製作手順のみを工夫して現有するストレートガラス管用保持具を使用し、テーパガラス管の溶着加工を試みた。

キーワード：ガラス加工、二重管、保持具

1. はじめに

本学研究基盤総合センター工作部門ガラス工作室に依頼されるガラス機器・装置類は、多種・多様な形状、寸法、更に単品の工作依頼品が多い。その中にはガラス管が二重構造になったトラップ管、冷却管、恒温ジャケット付き反応管、デューワー瓶等の製作依頼もある。それらの多くは外側ガラス管、内側ガラス管ともにストレートで長く、簡単な構造の保持具で製作が可能であった。

今回、石英ガラス製円筒炉心管内にテーパ状で短い石英ガラス管（以下、ノズルという）を溶着加工する工作依頼があった（図 1）。現有のストレートガラス管用保持具を使用することにより、容易に短時間で製作ができたので製作法を報告する。

2. 仮固定法の検討

2.1 保持具の検討

ガラス二重管を製作する際、外側ガラス管と内側ガラス管を何らかの方法で仮固定する必要がある。通常、双方の隙間の間隔により段ボールや金属の薄板、または肉厚パイプ状の保持具を挿入し仮固定する。工作部門ガラス工作室には、何種類かの保持具が用意されている。ストレートガラス管用保持具の構造は単純で金属の丸棒をくり抜いた肉厚パイプ状である（図 2）。



図 2. 保持具

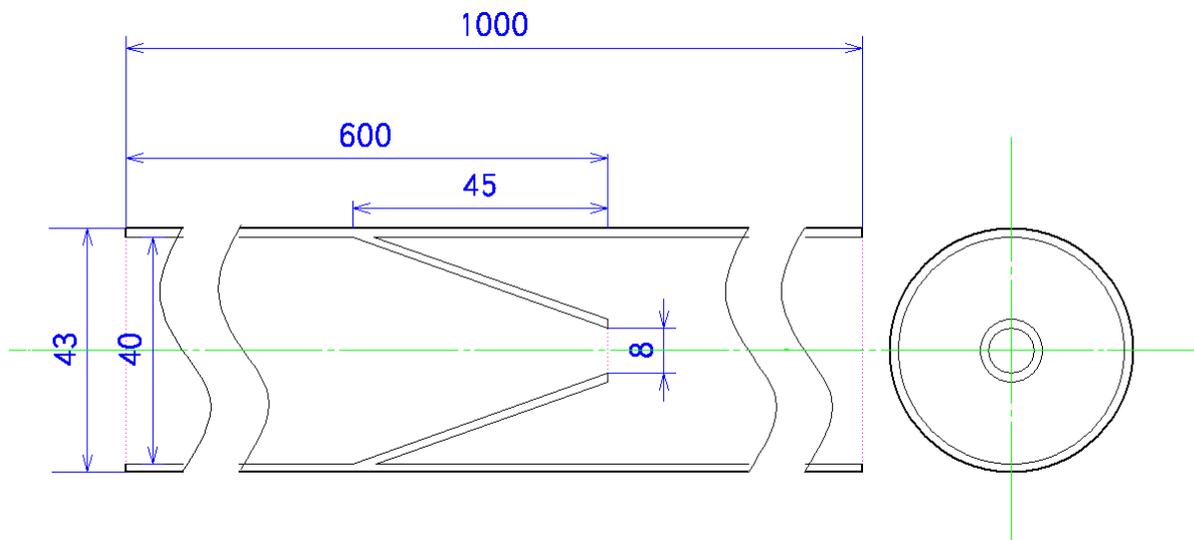


図 1. 石英ガラス製円筒炉心管（単位：mm）

材質は軽量化を図るためにアルミ材を使用している。保持具の外径、内径寸法は、ガラス管の寸法誤差を考慮し、余裕を持たせてある。保持具外径は、およそ、外ガラス管内径 -3 mm 、保持具内径は、内ガラス管外径 $+3\text{ mm}$ で製作してある。

外側ガラス管と内側ガラス管の隙間に挿入し、それぞれを固定する。そのままでは隙間が残るので、充填用にコピー用紙等をロール状に巻いて調整する。保持具を使用した二重管製作の一例としてトラップ管の製作時の保持具の使用例を図3に示す。

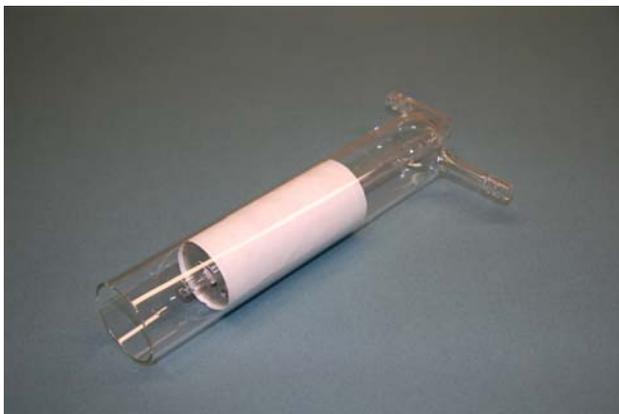


図3. トラップ管の製作時の保持具の使用例

外側ガラス管と内側ガラス管が、ストレートで長い場合は、保持具図2を使用し簡単に製作が可能である。

しかし、今回報告する石英ガラス製円筒炉心管は、外径 $\phi 43\text{ mm}$ 、内径 $\phi 40\text{ mm}$ 、全長 1000 mm の石英ガラス管内の中央付近に、テーパの形状でしかも短い石英ガラス管を溶着しなければならない(図4)。

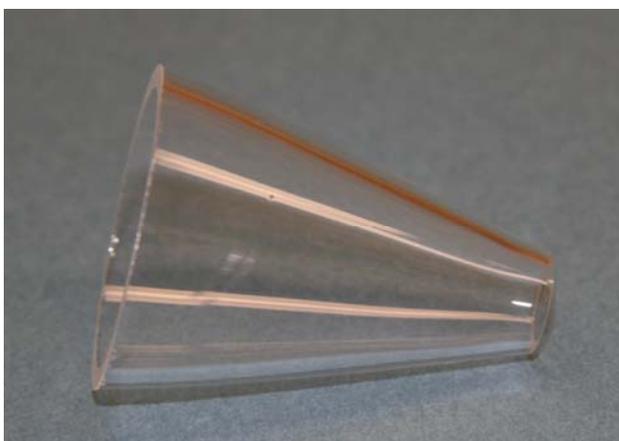


図4. ノズル(全長 45 mm)

過去の製作手順では、ノズルを指定の寸法で完成させてから、保持具を使い指定の場所に仮固定し溶着加工することとなる。現有のストレートガラス管用保持具では、テーパ形状のノズルを保持することは不可能である。そのためには専用の保持具が必要になるが、いくつかの困難な理由が以下に挙げられる。

- ①形状が円錐形、溶着場所が深部なので保持具の構造が複雑になり設計、製作が困難。
- ②今まで何度か依頼があったが、その都度ノズルの寸法が違うため保持具を毎回新規に設計製作すると効率が悪い。

③石英ガラスは熱の不導体であるが、加工温度が 1700°C 以上と著しく高い。ノズルが短いため溶着時のバーナー熱による保持具の焼き付き、それによる炉心管内への金属不純物混入の恐れがある。

以上のためノズル専用の保持具を設計製作することは不向きと考え断念した。

2.2 加工手順の検討

今までの製作法や加工手順を様々な角度から見直した結果、ノズル製作の手順を変更することにより、ストレートガラス管用保持具の使用が可能となった。

ノズルの材料となる石英ガラス管はノズルの大口径側と小口径側に合わせた2種類を使用する。ノズルの製作はガラス旋盤で双方を接続し、その後、指定のノズル寸法に成形加工する。出来上がったテーパ部分をノズルとして利用する。当初はノズル大口径側と小口径側を切断して、完成したノズル図4を溶着加工することを考えていたので専用の保持具が必要であった。今回は、ノズル大口径側のみを炉心管の内径に合わせて切断機でカットし、小口径側(ノズル先端)は残しておくことにした。この形状で現有のストレートガラス管用保持具の使用が可能となる。また、ガラス管の切断方法にヤスリで $2\sim 3\text{ mm}$ のキズを付け、キズを中心にして左右 50 mm 程度の場所を持ち、引き離すように切断する方法がある(図5)。外径 15 mm 程度までのガラス管なら軸に対して直角に切断することが可能である。小口径側の石英ガラス管の切断は、予めヤスリでキズを付けておき溶着後この方法で切断することにした。

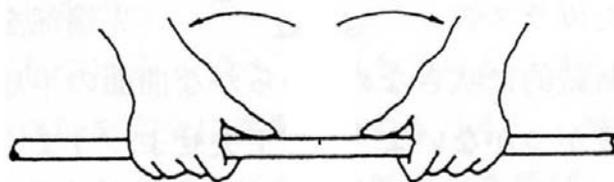


図5. ガラス管の切断、引き切る方法

3. テーパー管の溶着加工

3.1 ノズルの製作

炉心管本体は外径 $\phi 43\text{ mm}$ 、内径 $\phi 40\text{ mm}$ 、長さ 1000 mm の透明石英ガラス管で依頼者からの支給品である。ノズルの材料となる石英ガラス管は外径 $\phi 40\text{ mm}$

(内径 $\phi 37\text{ mm}$)と外径 $\phi 10\text{ mm}$ (内径 $\phi 8\text{ mm}$)の2本を工作部門で用意した。それぞれの石英ガラス管はノズルの大口径側と小口径側に合わせ、ノズルを製作しやすいサイズである。

ノズルの製作はガラス旋盤で双方を同心円の異径管状に接続する。その後、段差を利用してテーパ形状に成形加工し指定のノズル寸法に仕上げる。保持用に使用する外径 $\phi 10\text{ mm}$ の石英ガラス管の長さは 550 mm 、外径 $\phi 40$ の石英ガラス管の長さは 200 mm とした(図6)。出来上がったテーパ部分をノズル

として利用するため切断機で加工をする。ノズル大口径側で図6 A部分を切断機でカットする。炉心管本体の内径がφ40 mmあるので、切断後の外径はφ39.5 mmとした。ノズル先端部分（内径φ8 mm）は溶着加工後に切断するため図6のB部にヤスリでキズを付けておく（図7）。

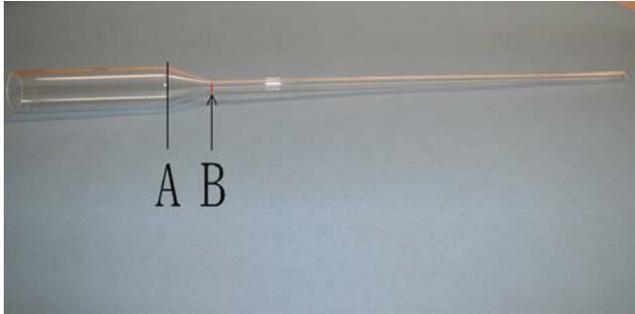


図6. ノズル成形加工

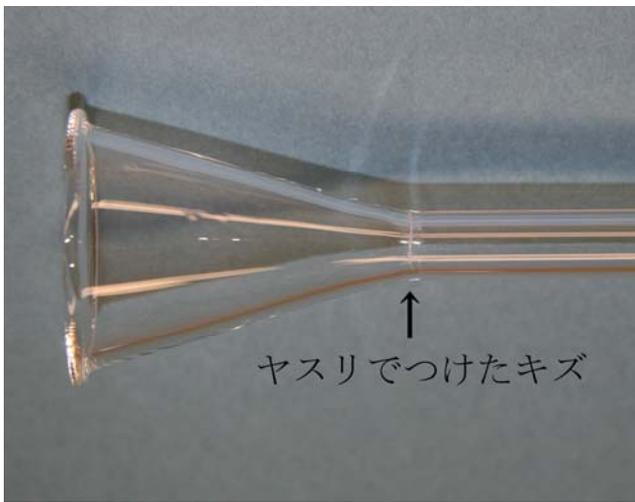


図7. 切断加工後、ヤスリでキズつけ

3.2 ノズルの仮固定

今回使用したストレートガラス管用保持具は外径φ37 mm、内径φ13 mm、全長100 mmの物を使用した。このアルミ製の保持具は20年程前に工作部門機械工作室で製作した物である。始めに保持具のφ13 mmの通し穴にノズルの長い管部分を通し固定する。双方の隙間が3 mm程あるので、φ10 mmの石英ガラス管に

紙をロール状に巻いて調整し挿入する（図8）。

次に、保持具にノズルを固定した物を炉心管本体に挿入する。保持具と炉心管本体にも3 mm程の隙間があるので、今度は保持具に紙をロール状に巻いて調整する。紙の巻き加減は、溶着後に保持具を取り外すので、立てた状態で軽く叩いて保持具が動く程度にする。炉心管本体内径と溶着されるノズルには0.5 mmの余裕しかないので、強く当たらないように注意しながら所定の溶着位置まで移動する。溶着後、ノズルから保持用の石英ガラス管を引き切るための持ち手として、炉心管端面からは150 mm程露出している。（図9-1, 2, 3）

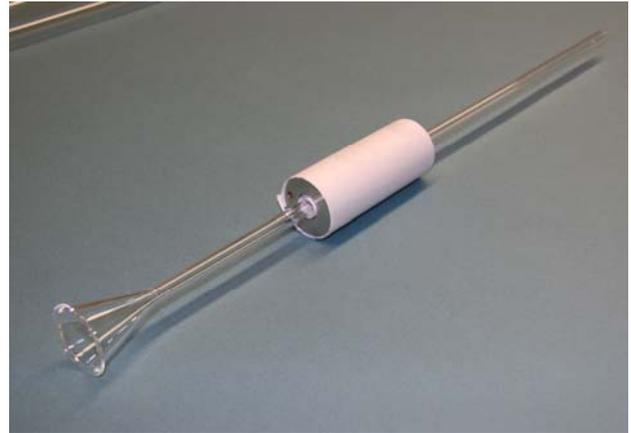


図8. 保持具に固定されたノズル



図9-1. ノズルの仮固定



図9-2. 仮固定部拡大写真

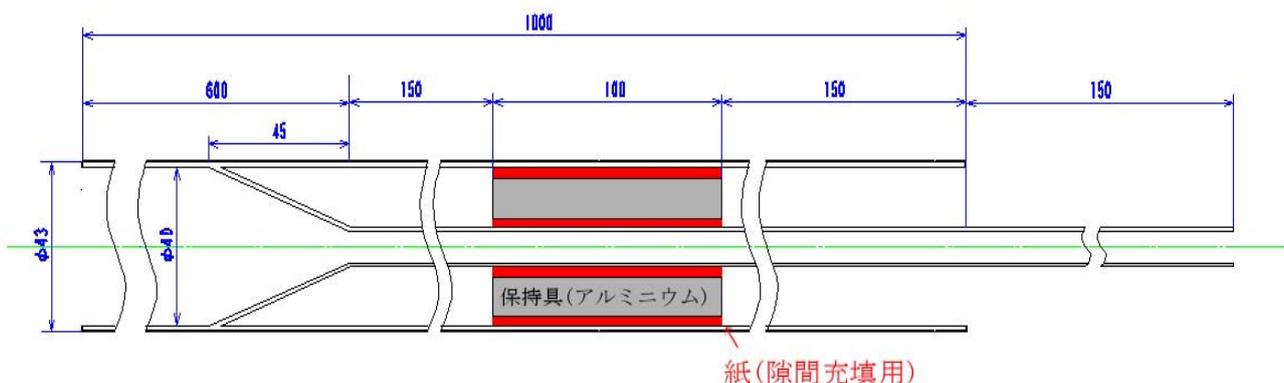


図9-3. ノズルの保持具固定概略図（単位：mm）

3.3 ノズルの溶着加工

ノズルの溶着に使用したガラス加工旋盤は、日善製作所製 DE-12 (チャック間最大距離 1500 mm、チャック能力 $\phi 320$ mm $\sim\phi 8$ mm、主軸貫通穴 $\phi 120$ mm、主軸回転数、無段 0 \sim 120 rpm) を使用した。ノズルを仮固定した炉心管をガラス加工旋盤にセットし毎分約 30 回転のスピードで回転させる。ガラス加工用ガスバーナーで炉心管の外側からノズルの大口径側を加熱することにより、炉心管が軟化し内側に萎みノズルと接触し溶着される。

バーナーを使つての溶着にかかる時間は 3 分程度である (図 10)。

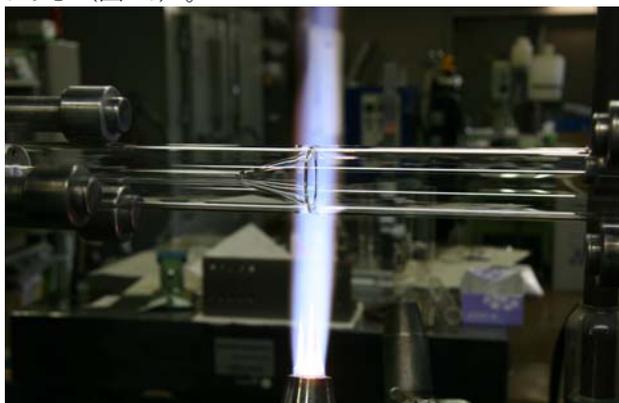


図 10. ノズルの溶着加工

3.4 保持具の取り外し

保持具の取り外しは、炉心管が冷えたらガラス加工旋盤から外し、炉心管の保持具が入っている方を下にして手で持ち、軽く叩きながら少しずつ移動させ取り外す (図 11)。



図 11. 保持具取り外し後

3.5 ノズル先端の切断

ノズル先端から繋がっていた保持用の石英ガラス管の切断は、予めノズルに付けたヤスリキズを上にして左手は本体の中心付近を右手は炉心管本体から、150 mm突き出ている部分を持って左右に引き離すように切断する。

この切断方法はガラスの耐圧力は非常に強く、反面、張力は耐圧力の 1/10 程度と弱い特性を利用した方法である。ヤスリキズに引く力が集中し中心軸に対して直角に切断される。理化学ガラス加工においては、日常的に行う切断作業である。

今回考案した製作方法により、完成までの作業時間は 1 時間 30 分程度であった。(図 12-1, 2)

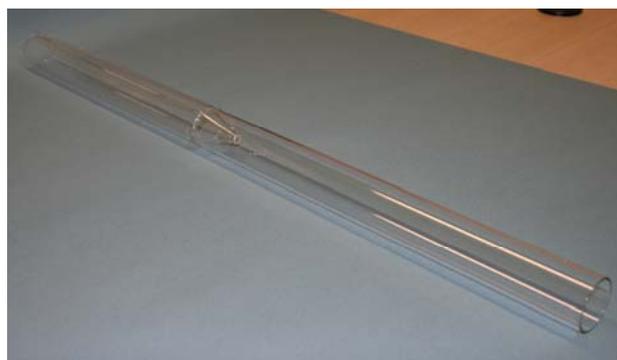


図 12-1. ノズル先端切断後の完成品 (全体)

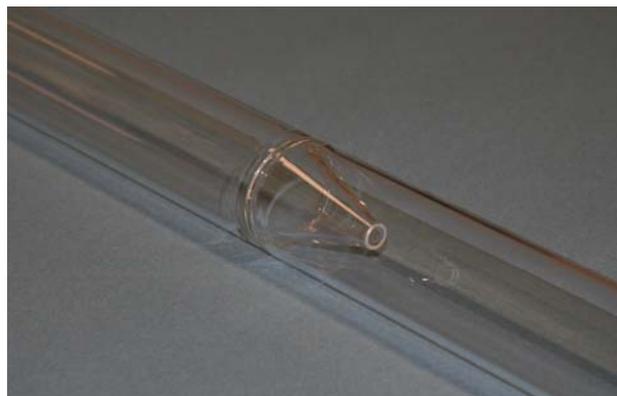


図 12-2. ノズル先端切断後の完成品 (ノズル部)

考察

現有のストレート管用保持具を使用することにより、専用の保持具を設計製作することなく、容易に短時間で製作ができた。依頼者にも短時間で引き渡しができ、保持具の費用も発生しないため安価であった。

同様の依頼が何件もあり、ノズルの長さ、角度、先端穴径が違っていたが、保持用の石英ガラス管サイズを $\phi 10$ mm 管にすることにより、全て同じストレート管用保持具が使用可能であった。

石英ガラス管の加工温度は 1700 $^{\circ}$ C 以上と高温であるが、溶着加工部より仮固定部分が離れているので、熱による保持具からの金属焼き付きによる不純物の付着の心配も無くなった。

ガラス工作室への依頼は、全学からあり内容も多種多様である。また、依頼件数も年間 400 件程度と多く、2 名で担当しているので、効率よく作業する必要がある。また、実験中の器具の破損による緊急の修理製作もあり、ひとつの物に多くの時間をかけられない状態である。

以上の点を考えると、現有の保持具を使用し様々なノズル形状に対応した今回考案した製作方法は有効な手段であった。

謝辞

本報告書作成にあたり、研究基盤総合センター工作部門長喜多英治教授、本学京藤康正准教授に感謝致します。度々保持具等の製作を担当して下さる工作部門機械工作室技術専門職員の中村三郎氏、同吉住昭治氏に感謝致します。

Welding processing of the taper pipe into the reactor core pipe made from silica glass

Shigeru Aketsu, Hideki Kadowaki

Engineering Workshop, Technical Service Office of Research Facility Center for Science and Technology,
University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

When fabricating scientific glassware with dual tubes such as trap tubes, fusing is done while temporarily immobilizing with a holder so that the inside glass does not move. Holders of various types are available in the glass workshop of the industrial arts department. However, they are for straight glass tube, and cannot be used to immobilize tapered (conical) glass tubes due to their structure.

In this case, an attempt was made to fuse tapered glass tubes by using the currently available holders for straight glass, and modifying only the fabrication procedure.

Keywords: fabricating scientific glassware; dual tubes; holder