

理化学ガラス加工技能を補完するメスジョイント製作機の開発

馬場敦
九州大学 理学部

概要

化学分析の分野ではガラスの特徴である化学的安定性や透明性の観点よりガラス機器が広く利用されている。国内外にガラス関連の企業は多数存在しているが、研究者が求める特注品への迅速な対応や補修による研究の中断を防ぐため、内製できる有用性は依然として高い。しかしガラスの手加工は高難易度で習得に時間を要する。また、手加工ではないがガラス加工機も一定量の技能は要求されるため、導入のハードルは高い。更にジョイントやフランジなど特殊加工には別途技能が求められる治工具が必要で、汎用加工機も大幅には加工難易度を低減していない。前述より大学研究におけるガラス加工の分野では、業務の導入時や導入後においても、大きく技能を補完する加工機を開発することは早急の課題である。本報告では筆者が開発したメスジョイント製作機について述べる。

1. 緒言

1.1 九州大学理学部ガラス業務の今昔

本学理学部では、ガラス技術者の定年に伴い、ガラス加工技術が継承されずに10年余りガラス加工業務が途絶えていた経緯がある[1]。しかし、そのような状況にも関わらず本工場のユーザーである研究者からは毎年1、2件ほどガラス加工への相談が来ていた。その都度現状を説明し、依頼を断らなければならなかった状態に対して、心苦しさと共に悔しさも感じていた。この状況をどうにかできないかと考え、まずはガラス加工に対する研究者の要望調査を行った。その結果、年間40件程度の潜在的ニーズが存在することが分かった。依頼数、納期およびコストなどを考慮すると外製先を斡旋するより内製出来るように環境を再構築した方が良いと判断したため、本学理学部でのガラス加工業務の再興を計画した。他大学や民間企業への研究会や講習会に参加し知識や技能の習得に努め、依頼を通してトライアルアンドエラーを重ねることでどうにか業務の再興を実現することが出来た[2][3]。

現状は研究者からの全ての依頼やニーズに対応できているが、潜在ニーズの掘り出しや、より想像的な研究のための複雑な形状や大型機器といった未来ニーズおよび主業務である機械加工業務が疎かにならないための業務効率化を図るためには、ガラス加工業務の更なる技術躍進が求められる。同径・異径管接

合といった単純な軸方向の加工はガラス旋盤を利用することで効率化・低難易度化が可能だが、ジョイントやフランジなど特殊な加工は治工具が必要で別途技能が要求される。

1.2 ガラス加工技能について

熟練技能者は高難易度な加工でも加工機を使用せずに手持ち式の治工具を用いて手加工によるバーナーワークで難なく製作してしまうが、筆者のような金属加工業務とのマルチスキル人材でガラス加工技能に不安を持つ者にはハードルが高い。修理・新規加工用のジョイントも市販されており安価で入手することは可能だが、既にスリ加工が施されており、接続部との距離を短くしたい特注品では、市販品を利用するとスリ部に熱が入ってしまいジョイント部の気密性が担保できなくなる(図1)。更に、3Rの観点では市販の加工用フラスコブランクに直接ジョイント加工を行ったほうが端材も出ずに環境に配慮できる(図2)。

また、高難易度の加工を習得した際は業務の持続のため、今後それらの技能を後任に伝承していく必要がある。しかし今後、人材減少によってマルチ・トリプルタスクが求められることは容易に想像できるため、継続的にガラス加工のような高難易度加工を伝承していくことが厳しくなり、再び伝承不備による技能損失・業務が途絶える可能性が出てくる。

以上により、筆者はガラス加工技術の低難易度化・標準化を目標に挙げ、治工具の整備、業務のからく

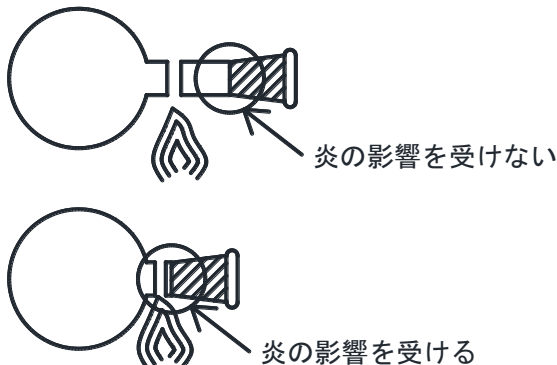


図1. ジョイント部加熱イメージ

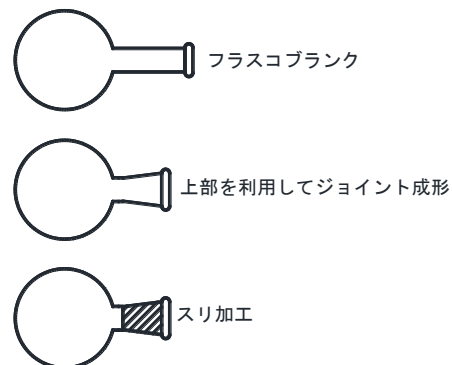


図2. ブランク加工イメージ

り化、機械化、自動化といった流れで継続的に装置開発を進めることにした。今回は既存の治工を応用した「からくり化」によるメスジョイント製作機を開発することとする。

2. メスジョイント製作機的设计

2.1 ジョイント加工について

基本設計の段階で大まかに検討すべき事項は成型方式と型の材質がある。

ガラス加工は手加工によるバーナーワークと加工機を用いた機械設計がある。更に型による成型方式もブロー成型、プレス成型など加工法は多岐に渡る。今回はメスジョイントの製作のため「型」を用いたプレス成型を行う。

メスジョイントの加工イメージを図3に示す。ガラスを加熱し熔融状態にした後、型を用いて成形する。ガラスのプレス成型加工も図3の通り上・下・包括など方式が複数考えられるため、作業環境や加工機の構造など加工現場の特性を考慮し検討する必要がある。

2.2 材質の選定

型の材質は一般的にはグラファイト（カーボン）と金属（主にステンレス）が考えられる。また、成型方式は、滑り型と回転型がある。方式のイメージを図4に、特徴は表1に示す。

滑り型を採用できるグラファイトは構造を単純にでき、型自体の加工も容易だが、サイズ違いの型の付け替えがし辛くそれぞれのサイズに合わせて治工を制作する必要がある、装置の流用性が低くなる。さらに旋盤やフライス盤など機械加工にてグラファイトを加工すると、旋盤のすき間や摺動部にカーボン粉が入り込むため工作機械に悪影響を及ぼす可能性がある。加工時に養生する、専用の防塵カバーを製作

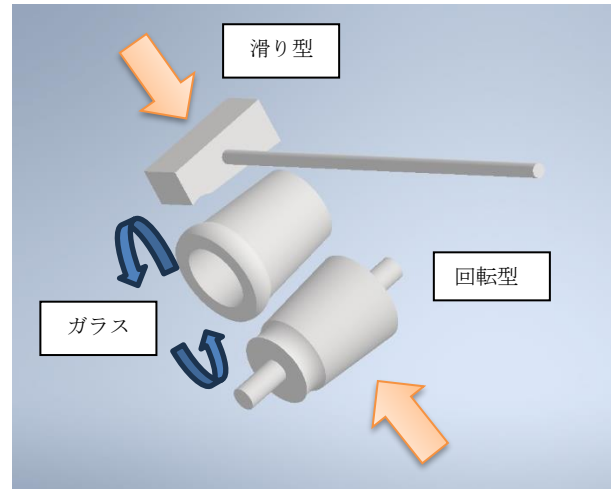


図4. 加工方式イメージ

表1. 加工方式の特徴

	回転型	滑り型
材質	ステンレス	グラファイト
構造	複雑	単純
加工性	難削材につき難	容易
流用性	◎	○
工作機械への影響	特になし	カーボン粉が入り込む
設計時間	作り込みが必要	単純
加工難易度	切削、溶接加工の必要性・難	容易
サイズ	コンパクトにし易い	道具が増える

するなど対応策は考えられるが加工工数が増え今後多数製作することを考えると効率的ではない。

金属製だと回転機構を採用できるが、回転機構だと構造が複雑になり設計にやや時間を取られる。さらに複雑さのため、溶接加工が必要になってくる可能性がある。また、グラファイトと比較して難削材に分類されるステンレスは切削加工が難しいが、回転部の型を簡単に交換でき、装置の流用性を高くすることができるため、コンパクトに制作することが出来る。

以上の点と筆者の金属加工技術を考慮した結果、材質はステンレス製の加工方式を採用することにした。

2.2 成型方式の選定

メスジョイントの成形は外径内径加工を行う必要がある。外径内径加工機構を一体化させた構造を採用すると形状がコンパクトになり、操作性と効率性が向上すると予想される、構造が複雑になり設計段階での作り込みに時間がかかる。よって、実験的取り組みでもある今回は外形加工と内径加工の機構は別構造として設計および加工時間の短縮化を図る。

外形加工では上抑え、下抑えおよび包括構造が考えられる。装置の拡張性や製作時の煩雑さを回避す

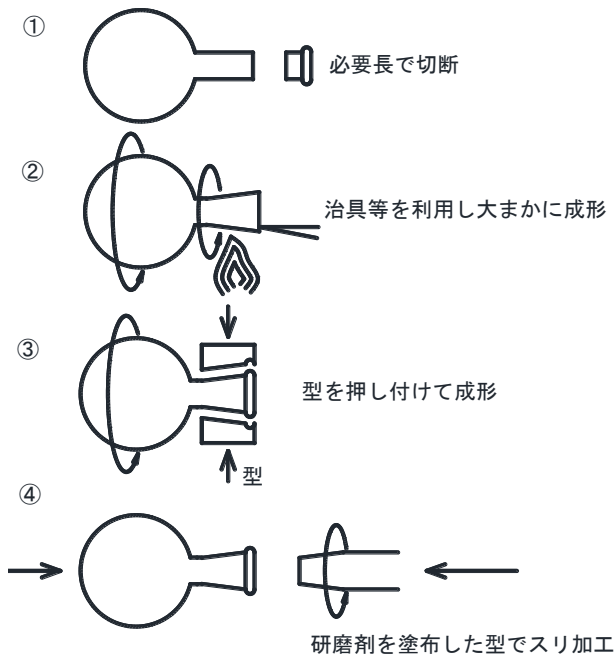


図3. ジョイント加工イメージ

るために回転機構を採用した型部分は開放型にしておきたいため、下抑え構造を採用した(図5)。

3. 製作したジョイント製作機の使用法

製作したジョイント製作機の使用イメージを図6に示す。ストッパーを設け移動量を機械的に制御することで暗黙知に頼る部分を減らしている。内径加工用治具は右側のチャックに固定して使用する構造にした。操作性は良好で加工に関して特に問題はなかった。成果物の外観も良好であった。

4. 考察

今までは段バシと呼ばれる加工治具を用いて加工していたが、ねじりや肉厚の偏りが生じ、中々良好な加工ができなかった。今回開発したメスジョイント製作機では、段バシを使いこなせない筆者のような技能未成熟者でも良好な製品を製作することができた。生産ラインを構築しやすい大規模工場や豊富な技術者を有する職場ではこのようなからくり機構を導入する必要性は低い。小規模工場での業務効率化、ガラス業務の新規導入および伝承不備による技能損失においては効果が高いと考えられる。

しかし、更なる効果を得るためには外径内径加工一体型、バーナーの固定、バーナー炎の数値的制御、最適火炎を実現できるバーナーの導入・開発、フットバルブによる足でのガス圧の調整および足での外形加工操作など様々な改良が求められる。更にメスジョイントも規格は複数種類存在する上にオスジョイント、ボールジョイントおよびNW系のフランジなどまだまだ低難易度化が必要な形状は多い。

5. 結言

加工方式および回転部の構造を分析し、筆者の加工環境における最適構造を検討した。

オールステンレス製、下抑え構造、潤滑油不要な外形加工が実現できた。また、卓越した加工技術を保有していない加工未成熟者の筆者でも一定水準の品質を担保したメスジョイントを製作することが出来た。

各職場での最適加工方式は異なるが、筆者と近い作業環境でガラス業務や加工機を導入しやすくするには、本製作機の更なる簡素化、低コスト化、高効率化および拡張性について研究開発を進める必要がある。

参考文献

- [1] 馬場 敦、“ガラス工作への挑戦”、KEK Proceeding(Web)、2016-1号、P20-22.(2016)
- [2] 馬場 敦、“九州大学理学研究院附属工場ガラス加工室の現状”、第10回ガラス工作技術シンポジウム報告集、P44-45、(2018)
- [3] 馬場 敦、“ガラス加工業務と属人化～今後の技術職員の在り方を模索する～”、実験実習技術研究会2023広島大学、(2023)

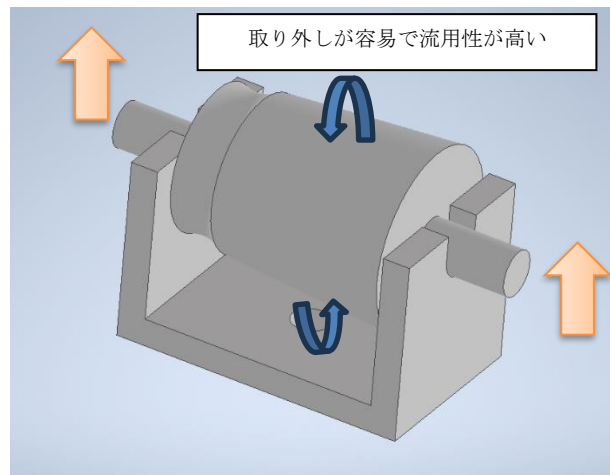


図5. 型構造イメージ

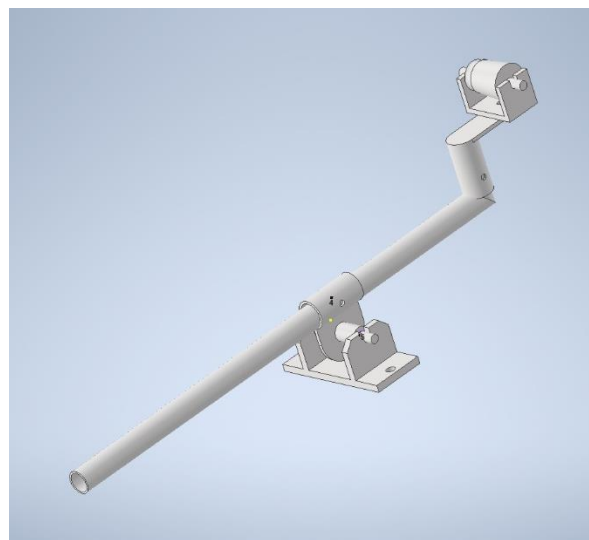


図6. メスジョイント製作機