

令和 5 年 10 月 17 日現在

機関番号： 11301
研究種目： 奨励研究
研究期間： 2022 ~ 2022
課題番号： 22H04204
研究課題名 耐圧性能の明確化による安全性と製造コストを両立したガラスセルの製作

研究代表者

加藤 拓也 (Kato, Takuya)

東北大学・多元物質科学研究所・技術一般職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：本研究ではガラスセルの製作にあたり、新たに設計段階でCAE（コンピューターによる工学支援システム）による強度計算を取り入れ、ガラスの厚さや溶着箇所形状などの製作条件を系統的に変化させ、応力シミュレーションを行った。応力の分布や発生する応力の値など、シミュレーションの結果をもとに試作品を製作し、水圧テストポンプによる破壊テストで耐圧性能を明確にすることで、安全性や製作コストが適切な製作条件を導いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究におけるガラスセルの耐圧性能の明確化は、実験での安全性を向上させ、適切な製作条件を導く事を可能とした。これにより実験中の思わぬ怪我や事故の抑制を図るとともに、これまで研究や製作を進めるうえで大きな負担となっていた、材料費や製作時間などの製作コストも軽減させ、研究活動をより活発化し、新たな技術の発展に繋がることが期待され、社会的にも学術的にも意義があることと考える。

研究分野： ガラス加工

キーワード： ガラス加工 ガラスセル

1. 研究の目的

本研究はガラスセルの製作において、CAEによる応力シミュレーションならびに製品の破壊テストから適切な製作条件と耐圧性能を明確にし、安全性と製作コストを両立した実験に最適なガラスセルの設計・製作を目的とする。

ガラスセルの製作方法としては一般的にガラス管と板ガラス、もしくは板ガラス同士を溶着、接着して製作するが、削り出しの一体物や溶融して成形を行うガラス製品よりも強度が劣る。さらにそれらは耐圧性能が明確で無いために、使用方法や洗浄方法を誤ると簡単に破損し、思わぬ怪我や事故に繋がる恐れがある。また製作する上でも安全を考慮すると過剰な強度を持たせて製作する必要がある、より高価な材料や多くの時間を消費し効率的でない。特に石英ガラスセルの材料となる透明石英板は高価なばかりでなく、サイズによっては入手が難しいため研究や製作を進めるうえで大きな負担となる。このことから実験における安全性の向上と設計・製作を効率化するためにも、製作したガラスセルの耐圧性能を明確にする必要性が極めて高い。

2. 研究成果

ガラスセルの製作にあたり、新たにCAEによる応力シミュレーションを導入した。設計段階からガラス板の厚さ、溶着箇所形状などの条件を変化させシミュレーションすることで、発生する応力とその分布を解析し、得られた条件のもとガラスセルを試作した。試作品は水圧テストポンプにてガラスセル内部を加圧する破壊テストを行い、破損発生箇所や破損した圧力の数値などのデータから、適切な材料および溶着箇所の形状といった製作条件やガラスセルの耐圧性能を明確にするものである。

- ・解析ソフト：Autodesk「Fusion360」
- ・ガラス材料：透明石英板および透明石英管
- ・テストポンプ：キョーワ T-50K-P

密度	g/cm ³	2.2
ヤング率	GPa	72
ポアソン比		0.17
引張強度	MPa	48

表1 石英ガラスの材料特性

ガラス板を6面に貼り合わせた角形、ガラス管の両端2面にガラス板を貼り合わせた円筒型の2種類のガラスセルを設計し、内部に1MPaの圧力をかける応力シミュレーションを行った。なおシミュレーションでは表1の材料特性を反映させた。シミュレーションの結果、角形、円筒型どちらにおいても溶着箇所である角部分(図1赤丸部分)に応力が集中し、発生する応力の値は、角形は円筒型のおよそ3倍程度の値となった。さらに溶着箇所の形状として、直角形状よりもRを付けた形状の方が(図2下)が破損しにくい事が判明した。

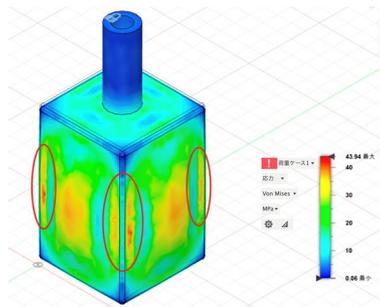


図1 応力シミュレーション

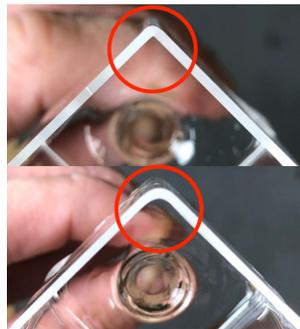


図2 溶着箇所の形状

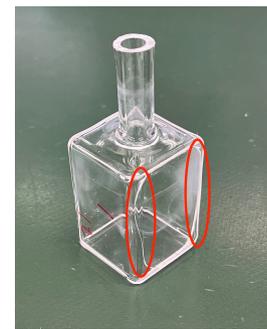


図3 試作品の破壊テスト

シミュレーションの結果を踏まえ、1,1.5,2mm厚の石英ガラス板および管を使用し、溶着箇所の形状としてそれぞれ0,1,2mmのRを付けたガラスセルを製作した。それらを水圧テストポンプにて破損するまで加圧した結果、ほとんどのガラスセルにおいてシミュレーションの通り、溶着箇所である角部分からの破損を確認した(図3)。また溶着箇所内側のRが大きいかほど耐圧性能が高いことも確認した。一方でガラス溶着面の前処理や洗浄が不十分であると溶着の際に気泡が発生することがある。そうしたガラスセルは今回の研究で導いた適切な製作条件を満たした場合でも、耐圧性能が大幅に低下することが判明した。円筒型においては用意したテストポンプの測定可能範囲である、2.5MPaを超えた圧力をかけても破損することはなかった。材料のコストや入手のし易さの面からも、実験での使用条件を満たしていれば、円筒型ガラスセルの使用が安全かつ効率的と考える。

今後の展望として、今回試作したガラスセルには数に限りがあり、破壊テストで得られたデータも限定的であったため、今後さらに実験回数を増やして多くのデータを得ることで、より正確な耐圧性能と適切な製作条件を求めていきたい。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------