

真空シール面粗さとO-Ring潰れ量による真空リークの関係について

Relationship between vacuum seal surface roughness and vacuum leak due to O-Ring crushing amount

専攻科 創造工学科 機械系コース 泉 榛太

概要や目的

真空容器を製作する際の真空シールについて、切削加工面粗さとO-Ringの押さえ代に影響する真空容器内の真空度の変化を評価試験しO-Ringと真空について理解を深める。

This project focuses on vacuum seals when manufacturing vacuum containers. We tested and evaluated changes in the vacuum vessel that affect the roughness of the machine surface and the allowance of the O-Ring. The purpose of this experiment is to deepen our understanding of the vacuum and its O-Ring.

1. はじめに

デジタル機器に内蔵される半導体を製造するには、真空技術が必要不可欠である。

そこで、これまで学んだ知識や技術を活かし、真空装置を自ら設計し、真空リークに関わる評価試験を行った。

2. 研究内容

実験用真空装置(アルミ製)を設計・製作し、シール面粗さとO-Ringの潰れ量について以下の組み合わせにて試験を行った。

・リッド部の真空シール面粗さ3パターン

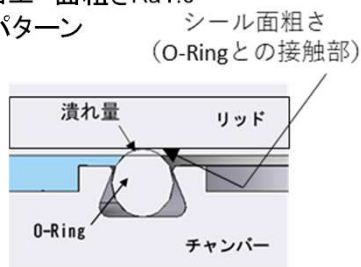
- 1, 材料素材表面
- 2, エンドミル切削加工面 面粗さRa6.3
- 3, 引き目仕上げ加工 面粗さRa1.6

・O-Ringの潰れ量5パターン

- 1, 1%
- 2, 3%
- 3, 5%
- 4, 10%
- 5, 15%

試験条件

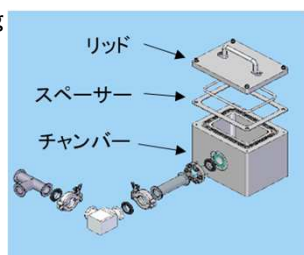
- ・5分間真空引き
- ・測定開始真空度は10Pa以下
- ・ヘリウムを吹きかけ、Heリークディテクターを使用しリーク量を測定



3. 取組状況

課題に対する取り組みとして真空チャンバーの構想設計(チャンバー、リッド、スペーサー)及び各部品の詳細設計を3DCAD(Solid Edge)を使用して実施。組立図や部品図、部品リストなどを作成し、設計を完了させる。

製作された部品を入手後、組み上げを行い、真空装置を完成させた。この真空装置を用いてシール面粗さとO-Ringの潰れ量による真空リークの評価試験を実施した。



4. 成果

3DCADを使用し、構想設計を行った。たわみ計算、強度計算などを行い、真空チャンバーをはじめ7つの部品を設計・製作した。

加工された部品を組み立てし、真空装置を完成させた。この装置を用いて、15パターンの評価試験を行った結果は以下の通りとなる。

真空シール面粗さについては、どのパターンでもリーク量は少なく、大きな変化は見られなかったが、O-Ring潰れ量については、潰れ量に比例して真空度が高まる結果が得られた。

面粗度	O-Ringの潰れ量	測定前圧力 (Pa)	測定時Heリークディテクター値 (Pa・mL/s)	測定時Heリークディテクター値 (Pa・mL/s)	機能している
材料素 材表面	1%		真空引き不可		×
	3%		真空引き不可		×
	5%	5.6×10^{-2}	8.5×10^{-11}	1.0×10^{-10}	○
	10%	4.5×10^{-2}	6.5×10^{-11}	6.5×10^{-11}	○
	15%	3.2×10^{-2}	1.7×10^{-11}	1.7×10^{-11}	○
エンド ミル加 工	1%		真空引き不可		×
	3%		真空引き不可		×
	5%	4.2×10^{-2}	2.1×10^{-11}	1.3×10^{-10}	○
	10%	4.4×10^{-2}	6.1×10^{-11}	6.1×10^{-11}	○
	15%	4.3×10^{-2}	6.1×10^{-11}	6.1×10^{-11}	○
Ra6.3	1%		真空引き不可		×
	3%		真空引き不可		×
	5%	4.2×10^{-2}	3.8×10^{-11}	1.3×10^{-10}	○
	10%	3.6×10^{-2}	3.6×10^{-11}	8.2×10^{-11}	○
	15%	3.6×10^{-2}	2.9×10^{-11}	2.9×10^{-11}	○
引き目 仕上げ	1%		真空引き不可		×
	3%		真空引き不可		×
	5%	4.2×10^{-2}	3.8×10^{-11}	1.3×10^{-10}	○
	10%	3.6×10^{-2}	3.6×10^{-11}	8.2×10^{-11}	○
	15%	3.6×10^{-2}	2.9×10^{-11}	2.9×10^{-11}	○



5. 考察

真空シール面の粗さによる変化が見られなかった原因は、材料表面が予想より精度が良く、またチャンバー容積が小さく真空にし易かった為と考えられるが、O-Ringの潰れ量と真空度には相関性があることが証明された。

その他にも、同じ時間真空引きを行っても、面粗さが良いと到達真空度はよくなる傾向にあると考えられる。

6. おわりに

研究にあたり、多くの方々にご協力をいただきありがとうございました。今回の研究では、いつも触れることのないO-Ringやチャンバー構造を理解することが出来、良い経験となりました。また設計も1から製品作りを行い様々な知識を得ることができました。これからも努力を重ね即戦力となれる人材になりたいと考えています。