

真空環境への樹脂の適用について

山口大学 栗巢 普揮

○相談内容

・そもそも樹脂は真空環境下で劣化するものでしょうか？

(酸化のリスクがないので劣化懸念は低い？)

※劣化する場合は、メカニズムもご教授いただけると大変参考になります

回答: 真空環境下で樹脂は劣化しないものと考えられる。

樹脂の劣化原因には、熱・光・有機溶剤・応力・水・金属が挙げられる。このうち水が真空環境と関係する。

水の劣化は、加水分解により発現する。真空環境下は乾燥状態となることから、加水分解は発現しないと考えられる。

ただし、樹脂の中には、乾燥により劣化するものがあるかもしれないので、使用時にメーカーに問い合わせてください。

参考: <https://iremono.sanplatec.co.jp/report/653/>

http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/sangaku_polymer/pdf/B/B-07.pdf

・真空環境下で使用するのに適した樹脂材料はありますか？

回答: 一般に樹脂を10 Pa以上の中真空から大気圧(10⁵ Pa)に近い低真空環境下で使用することは可能。

一方、樹脂を10⁻³ Paの高真空環境下で使用することは困難。

高真空で樹脂を使用するには、材料選択して試行することが必要。

内部部品: 気体・液体(水)が溶解しにくい材料(≡気体・液体が透過し難い材料)を選択。

高真空で使用できる樹脂: ポリイミド、フッ素ゴムは低ガス放出。⇒次のスライドを参照。

四フッ化エチレン樹脂(テフロン)もギリギリ使用できる？

配管部品: テフロンチューブ やナイロンチューブを試行してみてください。

参考 樹脂の気体透過係数: <http://www.soarnol.com/jpn/solution/pdf/beginner05.pdf>

<https://www.toishi.info/sozai/plastic/touka.html>

樹脂からのガス放出について - 吸水率との関係⇒吸水率の低い材料がガス放出も少ない。

<http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/people/ikuji/edu/vac/chap5/outgas.html>

チャンバ材料: 一般に、ステンレス鋼またはアルミニウム合金で製作される。

低真空: アクリル樹脂が使用されている。(例: 真空デシケーター)

高真空: 製作例は無いと考えられる。ただし、炭素繊維強化樹脂(FRP)を真空構造材料に適用することが試みられている。

参考 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvsj1958/43/5/43_5_595/_pdf (到達圧力は0.1 Paオーダーの中真空)

[付録] 有機材料の真空部材としての利用と注意点

山口大学の真空講座のテキストより

有機物の利用

高弾性・低摩擦係数, 電気絶縁性・加工性が良いことから,
真空封止のためのOリング, 配管(ゴムホース), 軸受, 摺動部品, 絶縁用スペーサーなどに
用いられている.

利用の注意点

① ガス放出:

一般に吸水性が高く, ガス透過性も高いので,
ガス放出速度は初期(数時間)で $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$,
50時間後でも $10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下にならないので,
超高真空への利用は不向きである.

例外としてフッ素ゴム(バイトン), ポリイミドはガス放出速度が真空ベーキングにより
 $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下となるので使用できる。(大気放置による吸水には注意)

② 耐熱性

一般に有機物は耐熱性が悪く, その許容温度は, $100 \sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度である.
例外として, 四フッ化エチレン樹脂(テフロン)と $200 \text{ }^\circ\text{C}$, ポリイミドは $260 \text{ }^\circ\text{C}$ の耐熱性がある.