

人工心臓装着支援デバイスの研究開発

Research and development of mechanical heart installation support device

07T1108G 丸岡 寛明

指導教官:増澤 徹

1. 緒言

我々は、低エネルギーの熱・振動・圧力を複合して生体組織に与えることで、低損傷で高強度を実現する新しい生体組織接合技術の開発を行っている⁽¹⁾。金属である人工心臓の脱血管と心臓の接合に本技術を応用することを目指し、金属と血管の接合強度に及ぼす接合温度、金属表面粗さ、振動有無を検討した。また人工心臓装着支援デバイスの圧力機構の開発を行った。

2. 方法

〔圧力機構設計〕人工心臓装着支援デバイスの概要を図 1 に、具体的な圧力機構を図 2 に示す。図 1 のように心臓左心室に挿入された脱血管に対し、径方向周から圧力、振動を与え、脱血管自体を発熱させることで熱を与える。図 2 のベルトで心筋に圧力を加える。デバイス全体のずれ防止として、径方向周りに設置した吸盤に負圧を与え、デバイスと心臓を相対的に固定する。

〔接合実験装置概要〕図 3 に接合実験装置の概略図を示す。本接合装置は、熱と圧力、振動を試料に同時に印加可能な構造である。リニアスライダに取り付けたヒータを上下運動させることで、試料に上側から垂直に圧力と熱を与える。ヒータ先端形状を 1 mm×4 mm の長方形とした。図 3(a)の両側加熱接合システムは上下にヒータを設置して、上下から試料に熱と圧力を与える構造とした。図 3(b)の振動印加接合システムは上側にヒータ、下側に振動子を設置し、試料の上側から熱と圧力、下側から熱、振動を与える構造とした。振動によって振動子先端が発熱するため、下側からも熱が与えられる。温度計測は、K 型熱電対で行った。

〔接合実験〕生体試料はブタ大動脈とし、形状は 8 mm×20 mm の短冊形で厚さ 0.3 mm～0.7 mm とした。金属試料は厚さ 20 μm の SUS304 とし、形状は 8 mm×20 mm の短冊形とした。基本金属試料の表面粗さは Ra0.06 μm であり、サンドブラストを用いて表面粗さを Ra0.25 μm-2.30 μm に加工したものも用意した。接合実験は血管内膜を金属表面に向けて接合した。ヒータ先端温度と接合温度は PID 制御器を用いて制御した。全ての接合実験は圧力 2.5 MPa、接合時間 120 秒の一定とした。振動印加の条件は、振動周波数 11.84 kHz、振動振幅 15 μm とした。以下の実験を行い、各パラメータと接合強度の関係を調べた。

- (1)接合温度変化実験 両側加熱接合システムを用いて、接合温度を 120 °C-140 °C に変化させた。
- (2)振動印加実験 振動印加接合システムと両側加熱接合システムを用いて、振動有無の比較を行った。
- (3)金属表面粗さ変化実験 振動印加接合システムを用いて、金属表面粗さを変化させた。

接合強度は、専用の引張試験機を用いて測定した。引張方向はせん断方向とし、引張速度 4 mm/min とした。

3. 結果

図 4 に製作したデバイス圧力機構を示す。図 5 に接合温度と接合強度の関係を示す。接合強度は接合温度に比例する傾向が見られた。図 6 に振動と接合強度の関係を示す。振動印加の接合結果は振動無印加のものと比較し、高い平均接合強度を示した。図 7 に金属表面粗さと接合強度の関係を示す。金属表面を Ra0.8 μm 以上に粗く加工することで接合強度が向上した。

4. 結言

複合低エネルギーによる金属と生体組織の接合において、接合温度が高いほど接合強度が向上することが分かった。振動、表面粗さを印加することで、接合強度がさらに大きくなることがわかった。

5. 参考文献

- (1)A Katoh, T Masuzawa, K Ozeki, A Kishida, T Kimura, and T Higami; "Development of tissue adhesion method using integrated low-level energies", Medical Engineering & Physics, Vol.32, Issue.4 pp.304-311(2010)

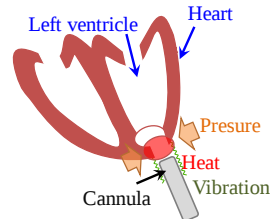


Fig. 1 Summary of device

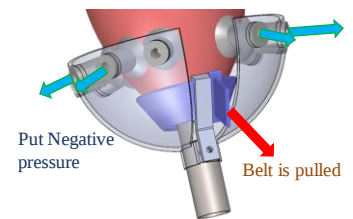
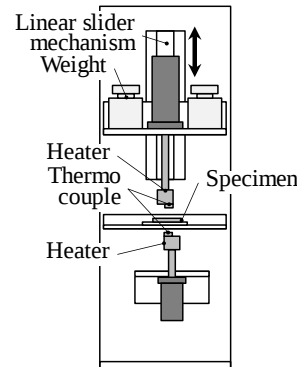
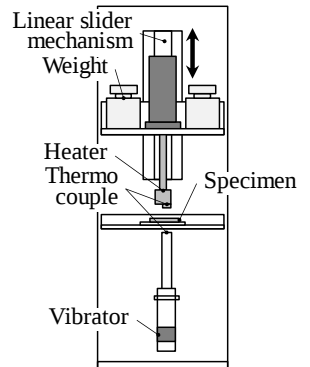


Fig. 2 Pressure system



(a) two side heating



(b) vibration

Fig.3 adhesion device for experiment



Fig. 4 Experimental device pressure mechanism externals chart

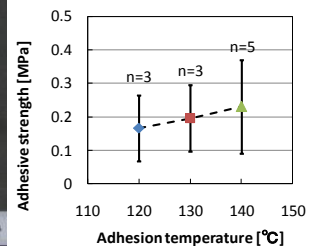


Fig. 5 Relationship between Adhesive strength and adhesion temperature

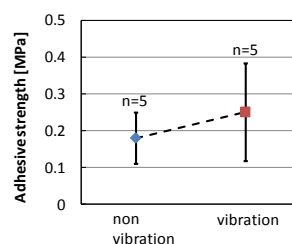


Fig. 6 Relationship between Adhesive strength and added vibration

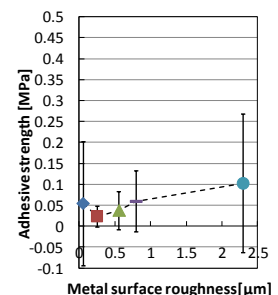


Fig.7 Relationship between Adhesive strength and surface roughness