

骨梁構造を模した インプラントのレーザー粉末積層造形

概要

複雑な内部形状を有する三次元構造体が容易に造形できるため、レーザー積層造形法によるインプラントの製作が期待される。加えて、積層造形法の特徴を活かして、インプラントの自家骨への早期固定性改善の要望も高い。

インプラントの早期固定性を改善するために、内部に微細な空隙を作り生体組織を侵入させることで内部にも自家骨の形成を促し、早期に生体骨と結合させる方法がある。小スポット径レーザーは、レーザーを微細に集光することで熱影響部、すなわち焼結範囲を微小領域に限定できる。また低出力であるため、焼結部周囲への熱溶解も抑えることができる。このことから、一般的な積層造形に用いられる高出力レーザーよりも微細な形状を造形できる。しかし、焼結した粉末は周りの複数の粉末と結合し一つの塊を形成するが、その塊同士はネック部のみで結合しているため負荷を受けた際にネック部のみに荷重が集中して所望の強度が得られない問題があった。そこで、本研究では小スポット径レーザーを用いて純チタン粉末から造形物を作製し、真空加熱を施すことで塊同士の焼結を促進し、ネック部の強度を高めることで造形物強度を生体骨に近づけることを試みた。

1. 導入

日本は現在、超高齢社会であり骨粗しょう症や骨折の治療に用いられるインプラントが注目されている。

現在インプラントに使用されている材料

生体材料

- 強度が低い
- 自家骨と直接結合する

金属材料

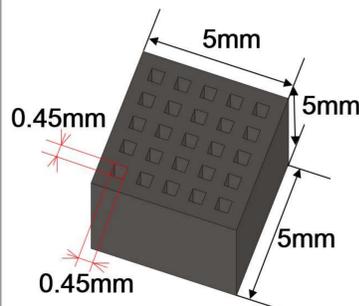
- 強度が高い
- 自家骨と直接結合しない

強度が高く、自家骨と早期固定可能なインプラントの開発が望まれている。

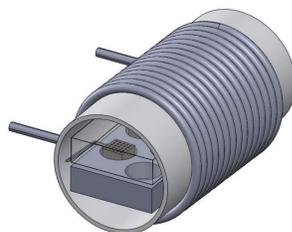
金属材料を用いたインプラント内部に空隙を持たせ強度を自家骨同様まで下げる。また、空隙を持たせることで骨芽細胞が入り込み早期固定性が向上させる。

空隙を持たせた場合の強度が低いため、強度の制御が行えるように加工条件を検討する。

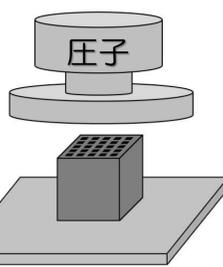
2. 実験手法



最大粒径38 μ mのチタン粉末を50 μ mずつ積層し、小スポット径レーザーを用いて焼結する。この工程を繰り返し積層方向に一辺450 μ mの正方形の貫通孔を等間隔に有する5mm x 5mm x 5mmの立方体を形成する。



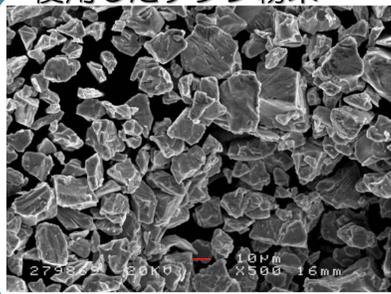
製作した焼結物の強度が低いため真空加熱を施しネック部を強化させ強度を向上させる。



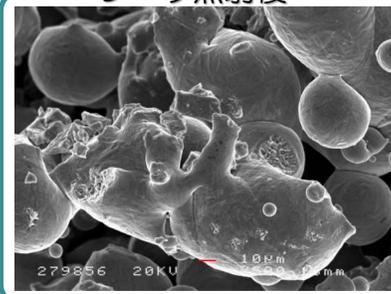
加熱を施した焼結物を圧縮試験し、除荷曲線から0.2%耐力とヤング率を算出する。

3. 実験結果

使用したチタン粉末

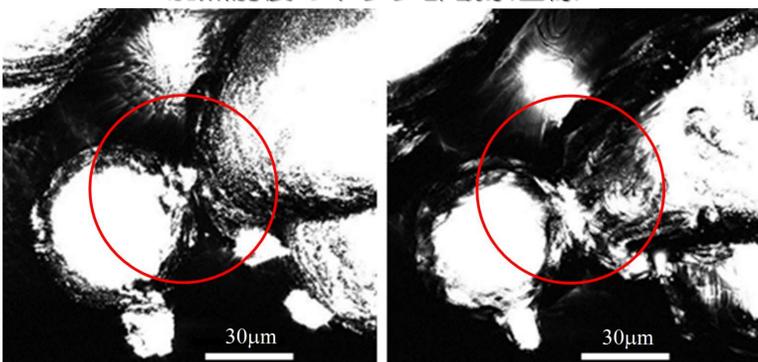


レーザー照射後



チタン粉末にレーザー照射を行うことで数個~数十個の粉末が一つの塊となり塊同士は細いネック部のみで結合する。

加熱前後のネック部観察画像

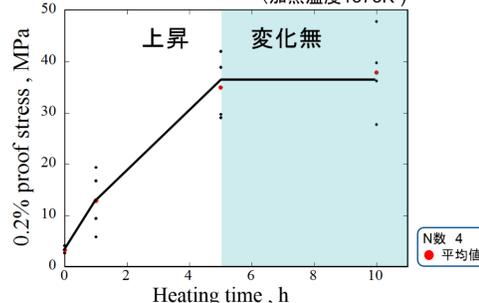


加熱前

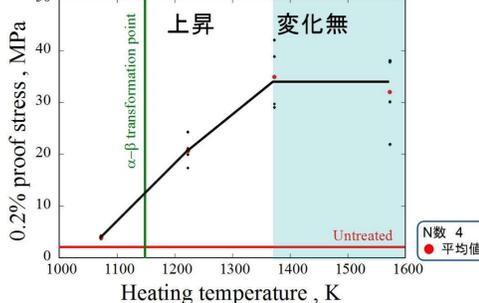
加熱後

製作した焼結物に真空加熱を施すことによってチタン粉末の塊同士の結合部が太く成長した。

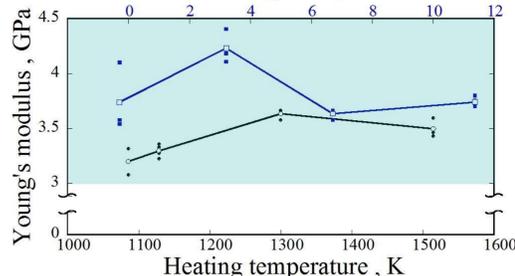
加熱時間による0.2%耐力の変化
(加熱温度1373K)



加熱温度による0.2%耐力の変化
(加熱時間5h)



真空加熱によるヤング率の変化



加熱時間0-5hで焼結物の強度向上が確認された。しかし5-10hでは強度の上昇はわずかなものとなった。また、加熱温度1073Kで5h加熱した場合は非加熱の焼結物と強度に差は見られなかった。1073-1373Kでは強度の向上が確認された。1373-1573Kでは強度の上昇は見られなかった。焼結物のヤング率は加熱時間および加熱温度の変化によらずほぼ3-4.5GPaで一定の値となった。

今回の実験では、0.2%耐力の最大値はおよそ38MPaであり生体骨の100-150MPaに届かなかった。この理由として、粉末の塊同士の結合の度合いがそれぞれ異なるため小さな荷重であっても部分的に塑性変形が発生し、それ以外の結合部の弾性変形と同時に発生しているため明確な弾性域を持たないと考えられる。このことから、粉末の充填率向上および空隙率の減少により更なる強度の向上が期待でき、今後、レーザー照射条件の検討し空隙率を減らすことで機械的特性の向上を目指す。