

論文審査の要旨および担当者

愛知学院大学

報告番号	① 乙	第 号	論文提出者名	永井 秀典
論文審査 委員氏名	主査 武部 純 教授 副査 河合達志 教授 福田 理 教授			
論文題名	三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメン ト最適構造の検討			

インターネットの利用による公表用

歯科用磁性アタッチメントの吸引力は、吸着面の面積と磁束密度が大きく関係し、特に、磁束密度の影響を強く受ける。そのため、歯科用磁性アタッチメント内の磁気回路を見直すことで、より効率的に吸引力を上昇させることが期待できる。本研究は、歯科用磁性アタッチメントの内部構造を変化させ、磁気回路の違いが吸引力に及ぼす影響について三次元有限要素法を用いて解析を行い、現在臨床応用されている歯科用磁性アタッチメント最適構造の検討を行ったものである。

解析モデルは歯科用磁性アタッチメント (GIGUSS D600、ジーシー) を参考に構築した。磁石は、Ne-Fe-B、ヨークおよびキーパーは、SUS XM27 とし、それぞれの磁気特性を算出した。

まず、ディスクヨーク中心部、キーパー吸着面中心部、ディスクヨーク中心部およびキーパー吸着面中心部両方に、それぞれ非磁性体を設定し、最適構造の模索を行っている。次に、その最適モデルでの磁石構造体のキーパーに対する垂直、水平的変位が吸引力に及ぼす影響について非磁性体を設定していない基本モデルと比較、検討を行っている。

これらの解析より、以下の結果を得たとしている。

ディスクヨーク中心部のみでは、吸引力は最大約 560gf を示し、約 103% に上昇した。キーパー吸着面中心部のみでは、吸引力は最大約 582gf を示し、約 107% に上昇した。ディスクヨーク中心部およびキーパー吸着面中心部両方では、吸引力は最大約 598gf を示し、約 110% に上昇した。吸引力に

及ぼす非磁性体の深さの影響は、少ないことが確認された。磁束密度に関しては、どれも非磁性体の半径が大きくなると上昇し、一定値を超えると過飽和状態になることが確認された。

垂直、水平的変位では、基本モデル、最適モデルともに変位量が増加するとともに、大幅な吸引力の減少が確認された。また、垂直的変位が 0.06 mm までは最適モデルの方が吸引力は大きく、0.06 mm 以上になるとほぼ同等程度であるのが確認された。一方、水平的変位が 0.4 mm までは最適モデルの方が吸引力は大きく、水平的変位が 0.5 mm 以上になると最適モデルの方が吸引力は小さくなることが確認された。磁束密度に関しては、基本モデル、最適モデルともに垂直、水平的変位の増加に伴い磁束密度の減少が確認された。加えて、水平的変位量の増加とともに、漏洩磁場の増加が確認された。

これらの解析の結果より、以下の所見を得たとしている。

磁石の吸引力は下記の式で示される。

$$F = (1/2 \mu_0) \cdot S \cdot B^2$$

{F: 吸引力、 μ_0 : 真空の透磁率、S: 吸着面の面積、B: 磁束密度}

磁束密度は飽和磁束密度に達すると上昇しなくなる。さらに、過飽和状態となると磁気抵抗が上昇し、結果的に磁束密度が減少していくことになる。そのため、吸引力を上昇させるためには、吸着面の面積と磁束密度の適切なバランスが重要であると考えられる。また、カップヨーク型はキー

パー中心部における磁束密度の集中が少ないという特徴があり、磁石から出た磁束は非磁性体にも流れてしまう。その結果、ディスクヨーク中心部よりキーパー吸着面中心部に非磁性体を設定した場合において、効率的に磁束密度を上昇させることが出来たと考えられる。

磁石が生み出す吸引力を実測、観察することは容易ではない。これらを検証する方法として有限要素法は、複雑な境界値問題に対する理論解析値を与えることを可能にしている。また、解析モデル構築時にアスペクト比の悪い要素が含まれると、計算精度を落とす原因となる。そのため、アスペクト比に留意して要素分割を行い、その上で最適化を行っている。このことから、本研究において有限要素法を用いた解析は有用であると考えられる。

今回の解析では、磁性ステンレス鋼である SUS XM27 の磁気特性の実測を行い、実測不可能なところに関しては、近似式より B-H 曲線を算出している。磁石に関する磁気特性は、未だ不明な点が多く、今後更に詳細な検討が必要であると考えられる。

最適モデルにおける磁石構造体の垂直的変位は、0.06mmまでは磁気回路の違いによる影響を受け、0.06mm以上では磁気回路の違いによる影響よりもエアーギャップによる影響を強く受けたと考えられる。また、水平的変位では、0.5mm以上ではディスクヨーク中心部とキーパー吸着面中心部に設定した非磁性体両方によって最適モデルの吸着面積が減少するため、

(論文審査の要旨)

No.4.....

(2000字以内のこと)

愛知学院大学

最適モデルの方が吸引力の値が小さくなったと考えられる。

本研究では、三次元有限要素法を用いて歯科用磁性アタッチメント内部に非磁性材料を設定し最適構造を模索した結果、磁気回路を変更させることにより吸引力の上昇が確認され、新しい歯科用磁性アタッチメント開発の可能性が示唆された結果となり、貴重な知見を提供しており、歯科補綴学、及び関連諸学科に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。