

# 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	白石 浩一
論文審査 委員氏名	主査 田中貴信 教授  副査 千田 彰 教授 河合達志 教授		
論文題名	レーザー積層造形法を用いた支台装置製作法 の開発		

インターネットの利用による公表用

工業界で生まれた CAD/CAM の技術は、歯科業界においても永い歴史を有する鑄造法に置き換わる、新たな補綴装置の設計、製作システムとして注目され、国内外の多様な企業や大学などで活発な研究開発が行われている。近年、CAD/CAM システムのオープンシステム化が進み、様々な設計ソフトも選択できる様になり、複雑な形態の補綴装置の設計も可能になった。このように設計の幅が広がったことにより、部分床義歯分野への応用の道も開けたものと期待できる。本研究は、CAD/CAM システムの内、レーザー積層造形法（以下、積層法）を用いて支台装置を製作し、その機械的強度ならびに適合精度と維持力を検討することにより、本格的な臨床応用の可能性を検討したものである。

まず実験 1 として、熱処理の影響を、相の同定と元素分析、組織観察、ビッカース硬さ試験、支台装置の寸法変化量の 4 項目から検討している。各実験試料の熱処理温度は、800℃～1,100℃の範囲で、100℃刻みで設定し、熱処理時間はそれぞれ 30 分間ファーネス内に係留後、急冷が条件である。

実験 2 として、積層法にて製作した支台装置の適切なアンダーカット量を、万能材料試験機を用い、片持ち梁試験から模索している。実験試料は、積層法と金パラジウム銀合金（以下、金パラ）・鑄造用 Co-Cr 合金（以下、Co-Cr）の型ごと埋没法で製作したものを採用した。

実験 3 では、支台装置の適合精度を検討している。下顎第一大臼歯を想定した金属原型と片持ち梁試験の実験で求めた各金属のアンダーカット量

を用いて、積層法と鋳造法で支台装置を製作し、鋳造法では、従来から臨床現場で行われてきた金パラの型ごと埋没法、パターンレジンを引き抜き法、ワックス引き抜き法、Co-Crの型ごと埋没法の4法を対象とした。適合精度は、作業用模型と支台装置との間隙量から求め、測定部位は、レスト、ガイドプレーン、鉤腕部、鉤尖部の4ヶ所を選択した。

実験4では、小型卓上試験機を用い、維持力の検討を行ったが、実験試料は、積層法と金パラ・Co-Crの型ごと埋没法で製作した支台装置としている。

これらの実験の結果、以下の所見を得たとしている。

1. 相の同定と元素分析の結果から、1,000℃以上の熱処理では、Co-Cr合金の $\alpha$ 相が同定され、加工性に優れる面心立方格子(fcc)を呈していた。また、800℃以上の熱処理により、表層にCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の化合物ができたため、不動態皮膜形成が行われ、耐食性が向上したと推察している。
2. 組織観察の結果から、1,000℃以上の熱処理で融解痕状の構造(金属同士の接合面)が消失したため、積層法特有のレーザーの融解方向による機械的強度の異方性を解決できる可能性が示唆されている。
3. 積層法では、局部的に金属粉末を融解していくため、凝固収縮と残留応力が生じ、通常造形後に再結晶が必要であるとされている。ビッカース硬さ試験の結果から、900℃では、熱処理によって母相である $\alpha$ 相に第2相である $\epsilon$ 相が析出し、ビッカース硬さが最大値を確認した。一方、1,000℃

以上の熱処理では、 $\alpha$ 相単一の安定相となり、硬さの減少が生じた。したがって、短時間で十分に再結晶させる熱処理温度は、 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上が望ましいとしている。

4. 寸法変化量の検討の結果から、積層法で製作した試料は、造形時の残留応力が内方に向かって働くことが判明し、その影響は鉤尖において顕著であった。しかし、 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上の熱処理により、この残留応力は十分に解放されていた。しかし、過度の熱処理は金属の物理的性質を低下させる恐れがあるため、熱処理温度は $1,000^{\circ}\text{C}$ が最も適していると判定した。

5. 一般的に、金パラを用いたエーカースクラスプの鉤尖部でのアンダーカット量は $0.25\text{mm}$ である。これに基づいて、片持ち梁試験で金パラを $0.25\text{mm}$ 変位させる荷重量を他の試料に加えた時の変位量が、各金属に最適なアンダーカット量と仮定した。その結果、レーザー積層造形法用 Co-Cr 合金を支台装置（エーカースクラスプ）として使用する際のアンダーカット量は $0.14\text{mm}$ が妥当であると判断した。

6. 支台装置の適合精度の結果から、積層法を用いて製作した支台装置の適合精度は、レスト、ガイドプレーン、鉤尖部においては、鋳造法と比較しても同程度であり、問題がないとしている。鉤腕部においては、 $150\ \mu\text{m}$ 程度の間隙が観察されたが、これは鉤尖部がレストやガイドプレーンの方向へ金属収縮を起こしたとの推察である。

7. 維持力測定の結果から、積層法と鋳造法で製作した支台装置の維持力

(論文審査の要旨)

No. 4

(2000字以内のこと)

愛知学院大学

は、いずれも 250gf 程度であり、過去の文献と比較しても同程度の維持力を確認した。

本研究では、レーザー積層造形法を用いて製作された支台装置の各種基礎実験、また臨床的に必要な適合精度と維持力を検討した結果、貴重な所見を提供しており、歯科補綴学、歯科理工学、及び関連諸学科に寄与するところが多い。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。

平成 27 年 1 月 28 日