

**University of Mosul**

**College of Dentistry**



**The Role of Internal Architecture in The Fabrication of  
3D-Printed Cobalt Chromium Denture Framework**

**A Dissertation Submitted**

**By**

**Abdullah Jasim Mohammed**

**To**

**The Council of The College of Dentistry**

**University of Mosul**

**As a partial fulfillment of requirements for the degree of  
philosophy doctorate**

**in**

**DENTAL SCIENCES**

**Supervised by**

**Assistant Professor**

**Dr. Ahmed Asim Al-Ali**

**2024 A.D.**

**1445 A.H.**

---

---

## Abstract

**Aims:** The study aimed to modify the internal topology of the three dimensionally printed samples by integrating three types of geometries (sphere-based, ellipse-based, and diamond-based hollow structures) and to evaluate the role of these hollow structures in weight reduction. And their role in improving the mechanical properties of the 3D printed Co-Cr material. **Materials and Methods:** 390 samples were fabricated using the direct metal laser sintering (DMLS) additive manufacturing technique. The samples were divided according to their design into 195 bar samples (31mm length, 3mm width, 1mm, 0.75mm, and 0.5mm thickness). The bar samples were used to conduct the weighing, accuracy, three-point bending or flexural strength test (UFS) and flexural modulus calculations. And 195 tensile samples (33mm total length, 15mm working length, 4mm width, and 1mm, 0.75mm, 0.5mm thicknesses). The tensile samples were utilized for the radiographic analysis, yield tensile strength (YTS), ultimate tensile strength (UTS), Young's modulus, qualitative and quantitative microscopic analyses, scanning electron microscopic imaging (SEM), and qualitative and quantitative atomic force microscopic analyses (AFM). Each bar and tensile sample was divided into 4 groups, The (control group) Group 1, N=15 composed of compact samples devoid of any hollow structure. Group 2, N=60 is based on the sphere's geometrical shape. Group 3, N=60 is based on the ellipse geometrical shape, and Group 4, N=60 is based on the diamond geometrical shape. Each group was divided into three subgroups according to the thickness used in fabrication. Each one of the groups 2, 3, and 4 was subdivided into four subgroups according to the volume reduction percentages 10%, 15%, 20% and 25%. Based on these divisions, each subgroup had N=5 as a bar shape and N=5 as a tensile sample shape. For the statistical analyses of the gathered data, SPSS version 18 was used at a

---

confidence level of  $P < 5\%$ . **Results:** The radiographic imaging results validated the presence of the geometrical shapes used in each subgroup within the three thicknesses used. The weighing test revealed a significantly lower reduction of the weight of Groups 2, 3, and 4 compared to Group 1. Also, there was a significant reduction of the weights among the subgroups of Groups 2, 3, and 4 proportional to the volumetric reduction. The printing accuracy test demonstrated insignificant differences among the subgroups of Groups 1, 2, 3, and 4 in the X, Y, and Z directions. The flexural strength results revealed a significantly higher means of Group 2 at a 10% reduction per volume. The results of the flexural modulus, yield tensile strength, ultimate tensile strength, and Young's modulus showed insignificant differences in the means of Group 2 at 1 10% volume reduction compared to Group 1. The elastic strain and extension percentage at fracture showed a significantly higher means of Group 1 than all subgroups in Groups 2, 3, and 4. The microscopic, scanning electron imaging, and atomic force evaluations revealed an insignificant qualitative and quantitative comparison among Groups 1, 2, 3, and 4. **Conclusions:** According to the results of this study, the sphere-based hollow structure at a 10% volumetric reduction showed an improvement of the flexural strength compared to the control group, and comparable means of the flexural modulus, yield tensile strength, ultimate tensile strength, Young's modulus compared to the control group, and significant reduction of the weight compared to the control group, and validated geometrical shape reproduction in the three thicknesses of the samples. The results showed the sphere-based structures' superiority over the ellipse and diamond-based geometries. Also, it revealed a significant decline in the mechanical properties of the samples integrated with the hollow shapes proportional to the volumetric reduction.



جامعة الموصل  
كلية طب الاسنان

دور البنية الداخلية في الطباعة الثلاثية لهيكل طقم الاسنان من الكوبالت كروم

اطروحة تقدم بها  
عبدالله جاسم محمد

الى مجلس كلية طب الاسنان

جامعة الموصل كجزء من متطلبات نيل شهادة

دكتوراه فلسفة في علوم طب الاسنان

باشراف

الاستاذ المساعد

الدكتور احمد عاصم العلي

٢٠٢٤ م

١٤٤٥ هـ

## الخلاصة

**الأهداف:** هدفت الدراسة إلى تعديل الهيكل الداخلي للطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال دمج ثلاثة أنواع من الأشكال الهندسية (الهيكل المجوفة الكروية، والبيضاوية، والماسية) وتقييم دور هذه الهياكل المجوفة في تقليل الوزن ودورها في تحسين الخواص الميكانيكية لمادة الكوبالت كروميوم.

**المواد والطرق:** تم تصنيع ثلاثمائة وتسعون عينة باستخدام تقنية الطباعة الثلاثية تم تقسيم العينات حسب تصميمها إلى مائة وخمسة وتسعون عينة على شكل القضبان (طول ٣١مم، عرض ٣مم، وسمك ١مم و٠.٧٥مم و٠.٥مم). تم استخدام عينات القضبان لإجراء حسابات الوزن والدقة واختبار وحسابات معامل الانحناء ثلاثي النقاط. و١٩٥ عينة على شكل عينات الشد (الطول الإجمالي ٣٣مم، طول العمل ١٥مم، العرض ٤مم، وسمك ١مم، و٠.٧٥مم، و٠.٥مم). تم استخدام هذه العينات للتحليل الإشعاعي، قياس قوة الشد، وفي إيجاد معامل يونج، والتحليلات المجهرية النوعية والكمية، وتحليلات مجهر القوة الذرية في النوعية والكمية. وتتكون المجموعة الضابطة (المجموعة ١ عدد = ١٥) من عينات صلده. بينما كانت المجموعة الثانية (المجموعة ٢ عدد=٦٠) مبنية على الشكل المجوف للشكل الهندسي للكره. بينما كانت المجموعة الثالثة (المجموعة ٣ عدد=٦٠) مبنية على الشكل المجوف للشكل الهندسي البيضوي. بينما كانت المجموعة الرابعة (المجموعة ٤ عدد=٦٠) مبنية على الشكل المجوف للشكل الهندسي الماسي. تم تقسيم كل مجموعة إلى ثلاث مجموعات فرعية وفقاً للسمك المستخدم في التصنيع. تم تقسيم كل مجموعة من المجموعات ٢ و ٣ و ٤ إلى أربع مجموعات فرعية وفقاً لنسب تخفيض الحجم (١٠%، ١٥%، ٢٠%، ٢٥%). بناءً على هذه التقسيمات، كان لكل مجموعة فرعية ذات شكل القضيب الشريطي (عدد=٥) و لكل مجموعة فرعية ذات شكل عينات الشد عدد=٥. تم استخدام برنامج SPSS للتحليل الاحصائي (إصدار ١٨). عند مستوى ثقة >٥%.

**النتائج:** أثبتت نتائج التصوير الشعاعي وجود الأشكال الهندسية المستخدمة في كل مجموعة فرعية ضمن السمكات الثلاثة المستخدمة. كشف اختبار الوزن عن انخفاض ملحوظ في وزن المجموعات ٢ و ٣ و ٤ مقارنة بالمجموعة الأولى. كما كان هناك انخفاض كبير في الأوزان بين المجموعات الفرعية ٢ و ٣ و ٤ بما يتناسب مع التخفيض الحجمي. أظهر اختبار دقة الطباعة اختلافات طفيفة بين المجموعات ١ و ٢ و ٣ و ٤ في اتجاهات محاور الاتجاهات الثلاثية. كشفت نتائج قوة الانثناء متوسط أعلى معنويًا للمجموعة ٢ عند انخفاض بنسبة ١٠% في الحجم. أظهرت نتائج قوة الشد ومعامل الثني، ومعامل يونج اختلافات غير معنوية مقارنة مع المجموعة الضابطة. أظهرت نسبة الانفعال المرن والاستطالة عند الكسر معدلات أعلى

معنويا في المجموعة الضابطة مقارنة بباقي المجموعات. كشفت التقييمات المجهرية النوعية والكمية عن عدم وجود اختلافات معنوية بين المجموعات الاربعة.

**الاستنتاجات:** وفقا لنتائج هذه الدراسة، أظهر الهيكل المجوف ذو الأساس الكروي عند تخفيض حجمي بنسبة ١٠% تحسنا في قوة الانحناء، وانخفاضا في الوزن، مقارنة بالمجموعة الضابطة. كذلك اظهرت النتائج اختلافات غير معنوية بين المجموعة الفرعية المذكورة في التحليل الاحصائي في معامل الانحناء وقوة الشد ومعامل يونغ مقارنة بالمجموعة الضابطة. كذلك تم التحقق من صحة استنساخ الشكل الهندسي في السمكات الثلاثة المستخدمة في صنع العينات. كما اظهرت النتائج تفوق الهياكل الكروية على الأشكال الهندسية القائمة على الشكل البيضوي والشكل الماسي. كما كشفت عن انخفاض معنويا في الخواص الميكانيكية للعينات المدمجة مع الأشكال المجوفة بما يتناسب مع نسبة التخفيض الحجمي.