

NOM DU CANDIDAT : Marion DEHURTEVENT

TITRE : ELABORATION D'UNE CERAMIQUE DENTAIRE PAR STEREOLITHOGRAPHIE

JURY :

Jérôme Chevalier. PU, Université de Lyon

Bernard Giumelli. PU-PH, Université de Nantes

Jacques Déjou. PU-PH, Université d'Aix-Marseille

Etienne Deveaux. PU-PH, Université de Lille

Pascal Béhin. PU-PH, Université de Lille (co-directeur)

Jean-Christophe Hornez. MCU, Université de Valenciennes (co-directeur)

RESUME :

La stéréolithographie, technique additive de mise en forme couche par couche, permet de limiter les contraintes de l'usinage mais doit répondre aux exigences des normes dentaires en vigueur pour son utilisation clinique. L'effet de la formulation de différentes céramiques alumineuses mises en barbotines et de l'orientation des modèles lors de la mise en forme ont été évalués. Ces travaux ont permis de développer et d'optimiser les différentes étapes de stéréolithographie à masque dynamique sans racleur et les propriétés physiques et mécaniques des céramiques densifiées adaptées à une application dentaire. Pour cette application, la mise en forme des barbotines était assurée lorsque la viscosité est inférieure ou égale à 138 mPa.s. Lorsque la viscosité était supérieure ou égale à 151 mPa.s, la mise en forme est impossible. L'augmentation du taux de matière sèche des barbotines d'alumine a augmenté la viscosité et la durée minimale nécessaire à la mise en repos avant photopolymérisation. La diminution de la proportion de la phase organique a permis de limiter l'apparition de défauts et d'augmenter les propriétés mécaniques des céramiques. Le compromis entre un taux de matière sèche élevé et une viscosité maximale à ne pas dépasser a permis de sélectionner la barbotine avec un taux matière sèche de 80% et une grande granulométrie, comme meilleure formulation pour une utilisation dentaire. Lors de la mise en forme, l'augmentation de la surface des couches polymérisées a augmenté la durée de mise en repos des barbotines mais également le risque d'apparition de défauts dans les pièces. Ceci est à l'origine d'une diminution des propriétés mécaniques des céramiques. La surface maximale des couches pour ce type de procédé doit donc être limitée. Parallèlement, l'analyse microstructurale de l'alumine pure densifiée a montré une texturation. En effet, l'axe principal des grands grains suit l'orientation des couches, ce qui peut induire des propriétés mécaniques anisotropes. Plus précisément, lorsque ces grains étaient orientés perpendiculairement à la charge, la ténacité (par flexion) des céramiques a augmenté par rapport à celles des céramiques dont l'axe principal des grains était orienté parallèlement à la charge. Enfin, la répartition du stress dans une infrastructure de bridge, analysée par la méthode des éléments finis, était comparable entre les céramiques mises en forme par stéréolithographie et les céramiques usinées commercialisées. En vue d'une utilisation clinique, les céramiques mises en forme par stéréolithographie sans racleur doivent donc être orientées afin de présenter la plus faible surface de couche. Si l'axe principal des grands grains dans la céramique suit l'axe de la mise en forme, ces particules doivent être orientées perpendiculairement à la charge occlusale. Enfin, des études complémentaires sont nécessaires pour étudier la précision d'adaptation d'une infrastructure sur la préparation dentaire afin d'optimiser son ajustage.

ABSTRACT :

Stereolithography is a layer-by layer additive manufacturing method. It allows to reduce the strains that occur with milling methods. Its use for clinical purposes needs to follow dental material standards. The impact of slurry composition and the influence of layer orientation on mechanical and physical properties have been studied. This work permitted to develop and optimize a stereolithographic manufacturing process with digital light processing with no blade in order to obtain suitable physical and mechanical properties of alumina ceramics for dental applications. The slurries could be processed by stereolithography when their viscosity was below 138 mPa.s. Viscosity values beyond 151 mPa.s caused deformations in the printed layers. High dry matter content increased the viscosity and the minimal time needed to relax the slurries before photopolymerization. Reduction of the organic phase reduced the formation of defects and thus increased mechanical strength of the ceramics. The compromise between a high dry matter content and low viscosity that is compatible with stereolithography manufacturing was found for 80% dry matter content slurries having large particle size. The great layer surfaces increased the period needed to relax the slurries between two polymerizations, and the risk of defects to appear. This can reduce mechanical strength of the ceramics. To avoid this drawback, the maximal surface of the printed layers should be limited. In addition, microstructural analysis showed a texturation of pure densified alumina. In fact, the main axis of large particles followed the orientation of the printed layers. This led to anisotropic mechanical properties. Moreover, an orientation of these particles perpendicular to the load increased fracture toughness (measured by flexural strength) of the ceramics compared to those of ceramics presenting particles oriented parallel to the load. Finally, compared finite element analysis of a bridge framework showed similar strain repartition between stereolithographic and subtractive methods. In conclusion, stereolithography with no blade of dental ceramics need to orientate the models in order to present the smallest layer surfaces. If the axis of the large particles is the same as the printing axis, these particles must be oriented in order to be perpendicular to masticatory forces. More studies are required to evaluate the marginal gap between prosthetic frameworks and dental crown preparations to allow clinical use.