

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 木 崎 通

イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶体(Y-TZP)は歯科補綴物材料に最も適した材料として知られている。これは同材料が高硬度、高靱性および生体適合性を有するためである。しかし難削材であり、本焼結をした Y-TZP を加工することは非常に困難である。現在は仮焼結体を加工してから本焼結するという成形方法が一般的であるが、能率および形状精度に問題がある。そのため本焼結後の Y-TZP を加工することができる新たな加工方法の確立が急がれている。

本論文の主な目的は上記問題を解決するための新たな加工方法の提案とその評価および最適化にある。Y-TZP の高温における破壊靱性値の低下を利用し、熱を援用しながら加工を行う方法を 2 種類提案している。一つはレーザ援用切削加工(LAM)、もう一方は工具加熱加工法である。前者はミリング加工を想定しており、後者はドリル加工を想定している。まずは高温環境における材料の被削性を検証する目的で材料全体加熱加工実験を行い、材料温度と被削性間の関係を定量的に調査している。ここでは材料温度を含む 4 つの異なる加工条件を変化させたミリング加工実験を実施し、表面性状、切削力および工具摩耗量を検証した。実験は中央複合計画(CCD)により計画し、最小二乗法を用いて被削性の予測式を得た。本実験の結果、Y-TZP の熱援用切削加工法は材料の破壊靱性低下を利用して切削力・工具摩耗量を低下させるが表面性状は悪化させない方法であることが示された。次に LAM に関して、レーザ照射時の温度分布予測シミュレーション、加工条件決定法をそれぞれ構築しその検証を行った。温度分布予測シミュレーションには有限要素法を採用した。シミュレーション結果の妥当性を検証する目的でサーモグラフィを用いた計測を行っており、高い精度で温度分布が予測可能であることを示した。加工条件決定法においては、シミュレーションから加工状態を予測し、遺伝的アルゴリズムを用いて最適な加工条件を決定している。ここでは LAM における加工条件(LAM 条件)は切削条件とレーザ照射条件から構成されるとした。提案する LAM 条件決定法の妥当性を評価するために、最適化されていない条件を用いた LAM と被削性を比較している。その結果最適化された条件で最も被削性が改善することが示され、提案

方法の有効性が示された．さらに LAM を実施しレーザを援用しない場合との比較を行った．その結果送り方向分力が 38.0%，スラスト力が 51.3%減少した．さらに工具摩耗量についても大幅な改善傾向が示され，Y-TZP の高精度・高能率・低コストでの加工が実現することが示された．次に工具加熱加工では直線加工により基礎的な加工現象を先ず把握した．工具材料は cBN であり，誘導加熱により 500 °C に加熱して加工を実施した．結果として表面粗さ・比切削抵抗および工具摩耗において有効性が示されている．また工具加熱の影響を議論する目的で被削材中温度分布予測モデルを構築し，実験結果の議論に用いている．次に本方法をドリル加工に適用した．本研究では工具加熱加工法は Y-TZP のドリル加工実現を目的として提案している．ドリル加工では切れ刃が材料中に常に隠れてしまうため，他の熱源では加工部に到達できないためである．加工実験の結果スラスト力および工具摩耗量が大幅に減少することが示された．特に送り速度が比較的大きな(5 mm/min)時にスラスト力及び工具摩耗が大きく減少することが示されている．

論文は 8 章で構成されている．第 1 章は序論である．歯科補綴物製造における Y-TZP の加工方法の課題および本研究での提案について述べている．また本研究成果は，歯科補綴物の製造方法にのみ寄与するものではなく加工技術全体に寄与しうるものであることも述べている．第 2 章では Y-TZP について材料の基礎的な特性からアプリケーションまで述べている．第 3 章では熱援用切削加工の概要を，関連研究を交えて述べている．またそれらの関連研究の中で本研究の位置づけを示している．第 4 章では被削材全体加熱加工実験について述べ，材料温度と被削性間の定量的関係が示した．実験は中央複合計画を用いて計画された．第 5 章では LAM について述べられている．温度分布予測シミュレーションおよび加工条件決定法が提案され，最終的に LAM における加工特性を通常切削と比較した．その結果 LAM において加工特性が大きく向上し，本焼結した Y-TZP の加工が実現できることが示された．第 6 章では工具加熱加工法について述べられ，直線加工およびドリル加工実験をとおしてその有効性が示されている．第 7 章は総合的考察および今後の展望である．本研究では直線溝加工やドリル加工が実施されたが，これらを 3 次元形状の加工に適用することにより歯科補綴物の加工も実現できると考えられる．

本論文では，Y-TZP の高温特性に着目して熱援用切削加工法を適用し，加工実験及び解析を通してその評価を行っている．シミュレーションや統計的手法を用いた加工条件決定法も提案しており，工業的および学術的に意義が高いと判断できる．

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる．