論文審査の結果の要旨

申請者　　PHAM XUAN KHAI

本論文は、「Trepanning drilling of small holes on cemented tungsten carbide using femtosecond laser pulses and formation of fine periodic structures on their sidewall　（フェムト秒レーザーによる超硬の微細貫通穴トレパニング加工と壁面への微細周期構造の形成）」と題し、7 章より構成されている。

第１章「Research Backgrounds」では、微細穴の工業的な重要性、特に超硬材料への微細穴加工の意味と現行技術の問題点を概観し、その中でのレーザー加工、特に超短パルスレーザーによる加工の技術的な位置づけと、その研究の現状、本研究の課題について述べている。

第２章「Experimental set up and methods」では、加工に用いたフェムト秒レーザーとビームの走査方法、加工穴の観察手法をまとめている。

第３章「Effects of focus position and scan speed of the laser beam on hole shape and drilling speed」では、焦点位置や走査速度が加工穴形状に与える影響について調べ、焦点位置が試料表面にある場合が、最もテーパが小さく加工速度も速くなること、走査速度は早い方が加工速度も速いが、形状は遅い走査速度の方が、テーパの小さい加工が出来ることを示し、その理由について検討している。

第４章「Effects of laser polarization on hole shape」では、レーザー光が直線偏光か円偏光かによる加工速度や形状に違いについて、その理由を含めて検討している。

第５章「Characteristics of the sidewall surface」では、加工穴側壁面の性状について、加工屑の堆積の有無や熱影響層の大きさについてしらべ、熱影響層がほとんどないことを明らかにした。さらに、短パルスレーザー加工において LIPSS（Laser Induced Periodic Surface Structure）として知られている微細周期構造が側面全体にわたって形成されていることを見出した。

そして、第６章「Laser-induced periodic surface structures」において、加工穴側面の LIPSS の方向や間隔が、レーザーの偏光が円偏光か直線偏光かによって変化すること、直線偏光の場合は、偏光方向と側壁への入射面とのなす角によって、LIPSS の方向が変化することを見出した。さらに、この方向の変化が従来考えられていた LIPSS 生成メカニズムの理論では説明できないことを示し、加工面に対するレーザー偏光成分の吸収率の差を考慮した新たなモデルを提案、それが実験結果とよく一致することを示した。

第７章「Summary and conclusions」では、本論文の結果を要約し、結論をまとめている。

以上、本論文では、フェムト秒レーザーによる超硬材料の穴あけ加工に関して、レーザーパラメータ、とくにレーザーの偏光の加工形状や速度に与える影響を、系統的に明らかにし、かつ、加工穴の壁面に微細周期構造が形成されること、その周期構造の方向と間隔が、レーザーの偏光の種類と方向によって変化することを見出した。さらに、この周期構造の方向が、従来考えられていた LIPSS 生成メカニズムの理論とは、一致しないことを示し、加工面に対するレーザー偏光成分の吸収率の差を考慮した新たなモデルを提案、それが実験結果とよく一致することを示した。この結果は、LIPSS 生成機構の理解に新たな視点を与えるとともに、加工穴壁面の LIPSS の方向を制御する手段を示したものである。よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査　　伊藤　義郎