

超臨界雰囲気中における透明材料のレーザー深穴加工

～高い流動性に基づいた新しい加工メカニズム～

工学研究科 機械系工学専攻

よしきけいすけ
○助教 吉木啓介

キーワード

超臨界流体, 二酸化炭素, レーザー深穴加工, Direct Laser Writing
透明材料

研究概要

超臨界二酸化炭素の高い流動性を利用して、より深いレーザー深穴加工を実現する。レーザー深穴加工は加工くずの排出が重要である。Fig. 1 に示す通り、加工中の細孔の中に蓄積される加工層は、加工用のパルスレーザーによって穴底で蒸発した材料やアシスト液(水)の圧力によって穴外に押し出されるが、深穴では圧力より穴内壁とアシスト液の摩擦力が勝り、加工層は排出しきれなくなる。また、排出後の穴中に気泡が残留することがあり、さらに加工くずの排出を阻害する。このように、レーザーによる直接の除去加工(Direct Laser Writing)では、深穴加工には原理的な限界がある。そこで、新しい排出機構として熱対流を利用した。加工後の壁面によって暖められた高温の雰囲気流体には浮力が生じ、加工くずと共に穴外へ排出される。ただし、普通の流体では穴内壁とアシスト液間の摩擦力のために、対流は全く起こらない。そのため、非常に対流が起こりやすい超臨界二酸化炭素を雰囲気流体に用いた。超臨界二酸化炭素は 7.4MPa, 31°C 以上で超臨界状態となり、水、空気などと比べて 10^5 倍以上の流動性を持つ。また、気液の区別が無くなるため、気泡が生じない。その結果、Fig. 2 に示す通り、空気中、水中とくらべて、全く同じ加工条件でも 10 倍以上の深穴加工が可能となった。

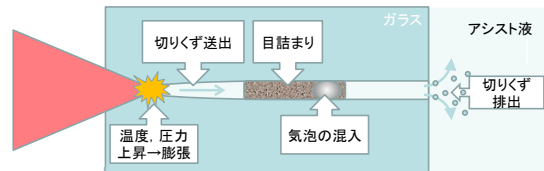


Fig.1 深穴加工中の加工層の排出とその阻害要因

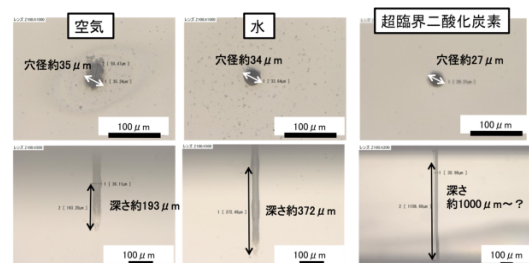


Fig.2 空気中、水中、超臨界流体中の深穴加工結果

アピールポイント

本技術は透明バルク材料中に μ TAS 等に用いるマイクロ流路を直接穿孔することを可能にする。この加工方法では、従来のマイクロ流路作成に必要な2次元流路の接合が不要であり、重ね合わせを意識しない自由な流路設計や、接合部の性能劣化を防止するほか、少量生産ならば迅速で低コストな製作が可能である。また、サファイアなどのエッチングが困難な材料に対しても直接穿孔が可能であり、マイクロスラスターなどのガラスでは実現できない過酷な使用条件の流体機械の作製にも有効である。さらに、金属加工にも適用すれば、熱交換器への応用が可能である。バルク金属中に細孔を多数空け、内部に超臨界流体を封入すれば、自然対流のみで熱交換が可能なヒートパイプができる。これはタービンブレードなどの遠心加速度がかかる装置において特に効果が高く、従来の精密鋳造に比べると 1/10 の穴径が達成される。同じ除去体積で比べると 10 倍の伝熱面積が得られ、冷却能力の飛躍的な向上が期待される。