

超臨界二酸化炭素雰囲気中における金属の間欠照射レーザー加工

Burst Laser Drilling of Metal in Supercritical CO₂

兵庫県大工¹, パナソニックデバイス SUNX 株式会社²,

○北原 祐希¹, 岡田 雄仁¹, 吉木 啓介¹, 伊藤 杏奈², 高御堂 美佑紀², 古田 裕正²

University of Hyogo¹, Panasonic Industrial Devices SUNX Co., Ltd²,

○Yuki Kitahara¹, Yuto Okada¹, Keisuke Yoshiki¹, Anna Ito², Miyuki Takamido², Hiromasa Furuta²

E-mail: yoshiki@eng.u-hyogo.ac.jp

1 概要

レーザー加工では切りくずの目詰まり等により深穴を得ることが難しいが, 加工穴のような狭い空間内でも対流を発生することができる超臨界二酸化炭素を雰囲気流体に用い, 切りくずの排出性を高めることにより深穴加工性能の向上が期待される. すでにフェムト秒レーザーによるガラスの背面入射加工において, 従来加工技術の 10 倍以上の深穴加工が確認されたため[1], 現在は不透明材料の正面入射加工への適用を試みている. その結果, 正面入射の場合, 加工表面における対流による加工阻害が顕著なことが明らかとなり, これを回避した加工方法のひとつとして, レーザーの間欠照射による効果が確認された.

2 間欠照射による加工阻害の回避

加工の初期においては, 被削材表面近傍に対流が発生するため, 屈折率分布の乱れがレーザーの正常な集光を阻害する. そのため, レーザーの照射後, 対流が増大した段階で照射を停止し, 冷却期間を与えることで, 対流を減少させる. その後, レーザー照射を再開することにより, 対流の悪影響を回避し, 空気中に比べてさらなる深穴加工が可能となる. 照射時間のデューティ比および変調周波数が小さくなれば, 冷却時間が長くなり対流の悪影響は減少すると考えられる. また温度・圧力条件によって, 雰囲気流体の熱物性が大きく変わるため, 対流の悪影響の度合いも変化し[2], 加工穴深さに違いが表れると考えられる.

3 実験条件

繰り返し周波数 10 kHz, パルスエネルギー 0.84 mJ, パルス幅 120 ns, NA は 0.03 とした. また, 総入射パルス数は 1200 万発に固定し, 連続照射, およびデューティ比 1/2, 1/4 での間欠照射の計 3 通りとした. この際, 間欠変調周波数は 500Hz とした. また, 空気中および 3 つの温度・圧力条件の二酸化炭素中で加工実験を行った. 温度は 37.2 °C に固定し, 圧力は 14.39 MPa, 8.45 MPa, および 4.27 MPa とした. なおこのとき, 14.39 MPa および 8.45 MPa は超臨界状態である.

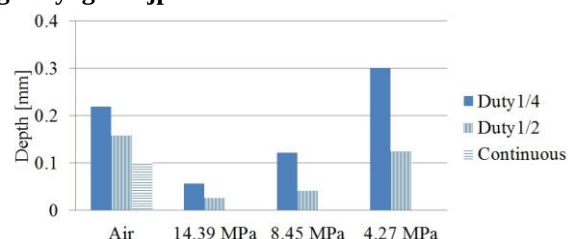


Fig. 1 雰囲気, 照射条件による穴深さの違い

4 実験結果

Fig. 1 に各条件の加工穴の穴深さを示す. 空気中ではすべての条件で穴加工が行えたが, 二酸化炭素雰囲気中においては, 連続照射の場合, 穴ではなく, レーザーが散乱し広い範囲に照射されることでできたと考えられる加工痕がみられ, 加工は不可能であった. また, 超臨界状態の二酸化炭素中では, 間欠照射を行ってもアスペクト比 0.6 以下の浅い皿型の穴が加工されたが, 圧力 4.27 MPa の二酸化炭素中ではすりばち型の穴が加工された.

5 まとめ, 考察

間欠照射によって, 穴深さに大幅な改善が見られた. 二酸化炭素雰囲気中で特にそれが顕著であり, デューティ比が半分になると加工穴深さは 14.39 MPa で 2.2 倍, 8.45 MPa で 3.0 倍, 4.27 MPa で 2.4 倍改善し, 特に 4.27 MPa では空気中より深い穴あけ加工に成功した.

被削材表面の近傍に発生する対流を制御することで, 空気中に比べてより深い穴が加工できた. 被削材に与える冷却時間および雰囲気条件を最適化し, 対流の悪影響を受けにくい加工条件を模索することで, さらなる深穴加工が期待される. また, 本例のように低 NA 集光の場合, 流動の影響を受けやすくなるため, 高 NA の集光を行うことによってさらに対流の悪影響を回避できると考えられる.

6 参考文献

- [1] K. Yoshiki, "High-aspect ratio laser drilling of glass assisted by supercritical carbon dioxide", Proc. SPIE 10092, 100921K.
- [2] Lighthill, M. J. The quarterly journal of mechanics and applied mathematics 6.4 (1953): 398-439.