

CO₂ レーザによるセラミックスの熱応力割断

Thermal Stress Cleaving of Ceramics with CO₂ Laser

○森田精一 (金沢大学) 山田啓司 (金沢大学) 細川 晃 (金沢大学) Mahfudz Al Huda (金沢大学)
上田隆司 (金沢大学)

Seiichi Morita(Kanazawa University), Keiji Yamada, Akira Hosokawa, Mahfudz Al Huda
Takashi Ueda

1. 緒言

レーザ熱応力割断は、熱応力によってき裂を進展させ加工物を分離させる方法である。この加工法を用いることによって、従来のダイヤモンドブレードダイシングでは実現できない非接触で、清浄な切り代の小さい加工が可能である。

同加工では、レーザ照射による照射痕や副き裂などの熱損傷部が実質的な切り代として存在する場合がある。

したがって本研究では、連続発振のCO₂レーザを加工物に照射して割断を行い、熱損傷部の小さい加工の実現を目的とする。加工物として、様々な用途で用いられているセラミックスを用いて考察する。

2. 熱応力割断の原理

レーザが加工物に照射されると、その照射部は急激な温度上昇とともに熱膨張する。このとき、レーザ照射部付近には圧縮応力場、その周辺部分にはこれと釣合うように引張応力場が発生する。そして、この引張応力場にき裂の先端がある場合、き裂が引張応力によって進展する。加工物に一定の送りを与えてレーザ照射部を移動させ、き裂の進展を追従させることで加工物を分離できる。

3. 実験方法

図1に実験方法の概略を示す。熱源には連続発振のCO₂レーザ加工機を、加工物にはAl₂O₃、Al₂O₃-TiC、Zirconiaを用いる。加工物にはあらかじめ一端にヌープ圧子によって初期き裂を導入している。加工物は一端を保持台で固定し、レーザを照射しながら一定の速度で送る。

表1に実験条件、表2に試料の物性値を示す。

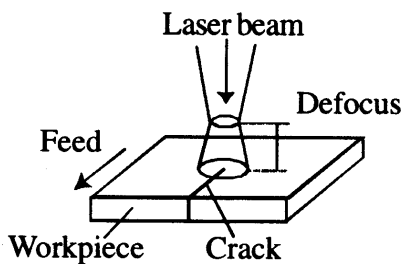


fig.1 Experimental setup

Table.1 Experimental conditions

Workpiece	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ -TiC	Zirconia
Laser power Q(W)	30~70	40~100	30
Feed rate V(mm/s)	1~11	2, 3	3~10
Thickness t(mm)	0.5,1.0,2.0	1.15	0.4

Table.2 Properties of Work piece

Workpiece	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ -TiC	Zirconia
Thermal conductivity W/mk	24	17	3
Coefficient of thermal expansion ×10 ⁻⁶ /K	7.8	7.85	10
Fracture toughness MPa·m ^{1/2}	4.0	5.0	6.0
Main use	durability for wear	magnetic head	metal mold

4. 実験結果

4.1 Al₂O₃の割断

図2に様々な条件下での加工結果を示す。図中○は正常な割断を、×は割断できない場合、△は不規則な方向に加工物が割れてしまった場合を表している。板厚が大きくなるに伴い、割断に必要なエネルギーが大きくなるのがわかる。しかし、エネルギーが大きすぎると照射中に加工物が不規則な方向に割れてしまい正確な割断が行えない。

図3にデフォーカスを変化させた場合の割断の可否を示した。デフォーカスを大きくしたほうが割断可能な速度範囲が広がることがわかる。また図4に示す照射痕測定値からは、デフォーカスを大きくすることによって、照射痕幅を小さく抑えられることもわかる。

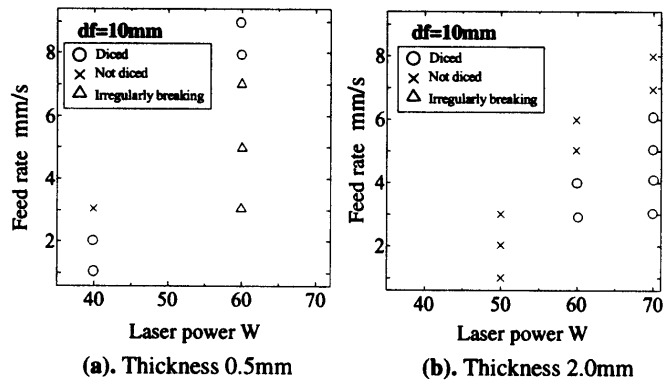


fig.2 Advisability of thermal stress cleaving(Al₂O₃)

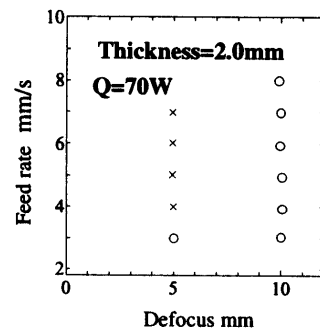


fig.3 Advisability of thermal stress cleaving(Al₂O₃)

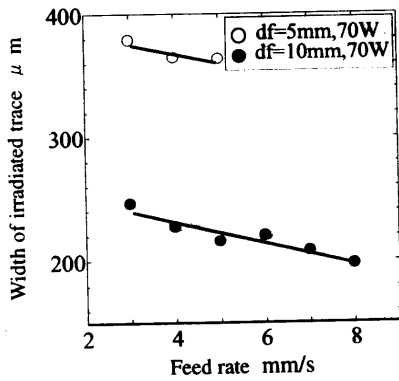


fig.4 Width of irradiated trace(Al_2O_3 , Thickness 2.0mm)

4.2 Al_2O_3 -TiCの割断

図5に照射痕, 図6にパワー, 送り速度と照射痕の関係を示す. レーザパワーを小さく, 送り速度を大きくすることによって照射痕幅を小さくできる. これは, 加工物に流入する単位時間あたりのエネルギーを小さくできるためと考えられる.

加工性状を評価するために図7に割断面の平均あらさRaを示す. 多少ばらつきはあるが, 照射痕同様レーザーパワーを小さく, 送り速度を大きくすればRaは小さくなることわかる.

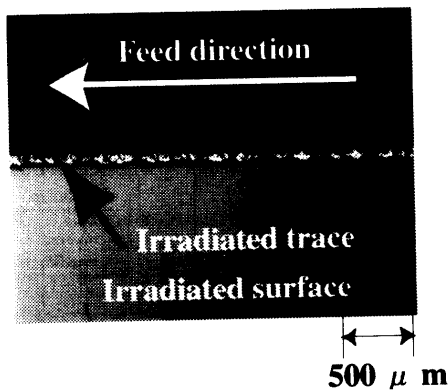


fig.5 Irradiated trace(Al_2O_3 -TiC)

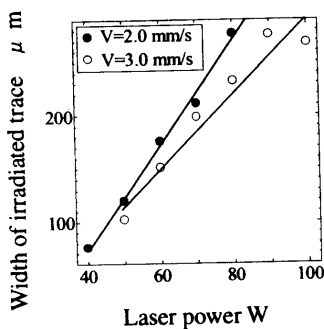


fig.6 Width of irradiated trace(Al_2O_3 -TiC)

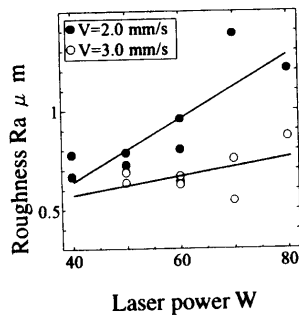


fig.7 Roughness of fracture surface (Al_2O_3 -TiC)

4.3 ジルコニアの割断

図8にジルコニアの照射面を示す. 照射痕は見られないが, 照射エネルギーが大きいため, 割断方向に垂直に副き裂が発生している.

図9に照射面にできた副き裂の長さとしり速度の関係について示す.

ジルコニアは Al_2O_3 , Al_2O_3 -TiCと比較して広い加工条件の下で割断可能であった. これは, 表2に示すように熱膨張係数が大きく熱伝導率が小さいため, 大きな引張応力場が生じているものと考えられる. したがって, もっと低いレーザーエネルギーで割断を行えばこの副き裂をなくすことができ, 加工損傷の無い加工ができると考えられる.

5. 結言

本研究では, CO_2 レーザによるセラミックスの熱応力割断を行い, 割断が実現できる条件と加工損傷について調べた.

その結果, 加工損傷を少なくするためにはレーザーパワーを抑えること, デフォーカスを大きくすること, 送り速度を大きくすることが有効であると考えられる.

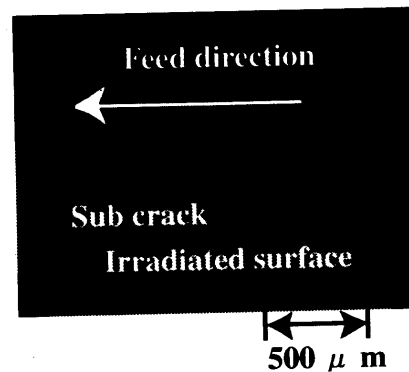


fig.8 Sub cracks(Zirconia)

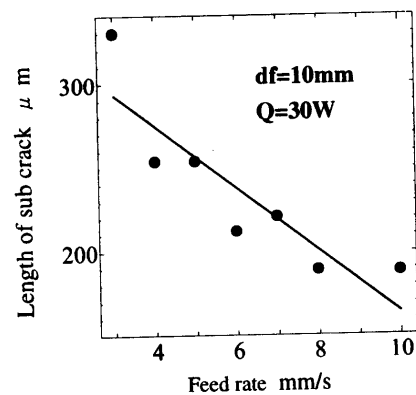


fig.9 Length of sub crack(Zirconia)