

アルミナセラミックスの 突合せレーザー接合技術の開発

園村 浩介

(地独)大阪産業技術研究所 応用材料科学研究部

1 はじめに

近年、バインダーを介したセラミックスの3D積層造形の研究が盛んに行われている。一方で、造形速度が遅いことやとくに大型製品の脱脂が難しい等の課題がある。そのような観点から、セラミックス同士を高速に接合する技術が必要になる。製品全体を3D造形で作製するのではなく、製品のパーツ同士をレーザー接合で補うことできれば、大きなセラミックス製品を高速に製造することができる。

レーザーろう付は、従来の雰囲気炉を使用した手法と比べて、大気中かつ局所加熱により短時間で接合できる等のメリットがある。本接合技術は炉を使用しないため、部材の大きさの制限がなく、接合する周辺部材への熱の影響が少ない。これまでに低融点および低熱膨張係数のガラスを用いたレーザーろう付について報告がされているが¹⁾、接合部の耐熱性が十分ではなく、耐熱性が必要な構造材料の接合には不向きである。ろう材に金属を用いた場合、より耐熱性を有する接合が可能になるが、ほとんど報告されていない。課題として、セラミックス表面の濡れ性の改善が挙げられ、私たちはこの課題を解決するために、摩擦攪拌によるセラミックス表面のメタライズに取り組んできた²⁾。

そこで本研究では高い接合強度のAl₂O₃板の突合せ接合体を得るため、前処理として摩擦攪拌にてAl₂O₃板端面にMoをメタライズした後に、突合せレーザーろう付を実施し、接合体の評価を行った。

2 研究方法

供試材は20 mm×50 mmの3 mm厚のAl₂O₃板を用い、メタライズには50 μm厚のMo箔を用い、インサート材には2枚の20 μm厚のNi箔、およびカーボンナノチューブ(Carbon nanotube; CNT)シートを用いた。CNT

シートはレーザーの吸収率を高めるため、挿入した³⁾。本研究の接合プロセスの概略図を図1に示す。メタライズはMo箔を巻いて棒状にし、それをボール盤に取り付けて1,500 min⁻¹で回転させながらAl₂O₃板端面に押し付けて板端面上を動かし処理した。レーザー突合せろう付は、インサート材のCNTシートと2枚の20 μm厚のNi箔をメタライズされたAl₂O₃板端面間に挿入し、0.2 kNで突き合わせ、固定ジグで固定した。連続発振レーザー(IPG製YLR-200-AC、波長1,070 nm)は出力65 W、移動速度1 mm/s、スポット径は30 μmとし、レーザーを深く侵入させるため、キーホール型溶接条件で、流量15 l/minでArガスフローしながら両面処理した。得られた接合体は引張試験、断面観察にて評価した。さらに接合界面の考察のため、ハイスピードカメラにてレーザー照射時の擬断面試料界面(図2)の様子を観察した。

3 主な研究成果

接合体の引張強度は0.64 MPaであり、接合強度は不十分であった。接合体の断面観察結果を図3に示す。インサート材の厚さよりもレーザー径を絞って照射したにも

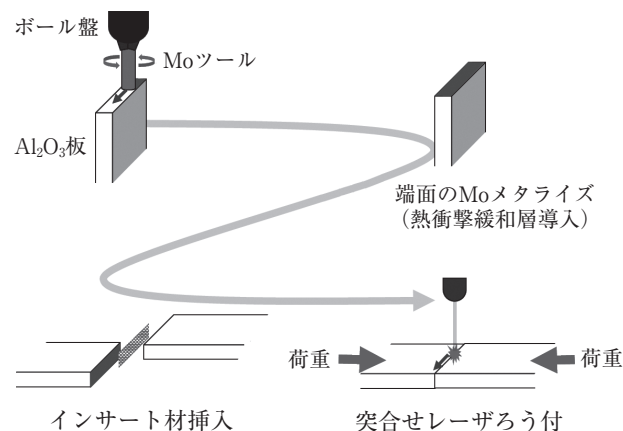


図1 本研究の接合プロセスの概略図

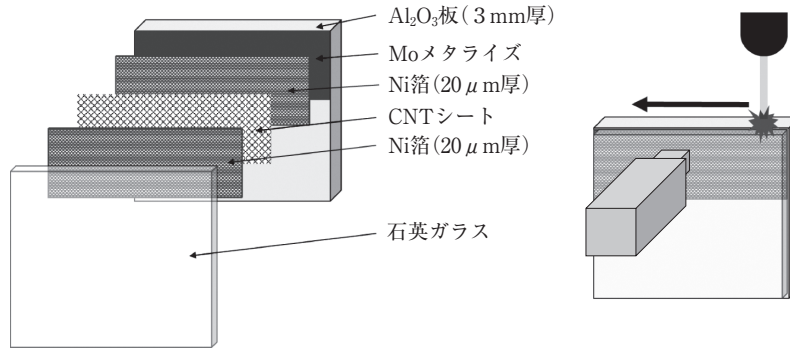


図2 擬断面試料

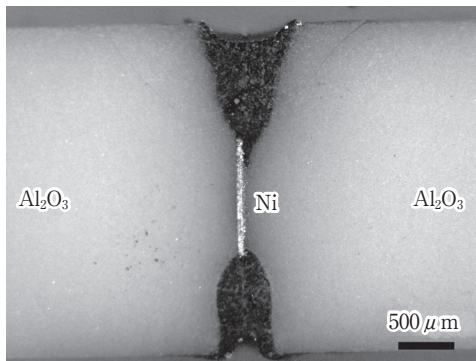


図3 接合体の断面観察

かわらず、インサート材の厚さ以上のワインカップ状の溶接部と熱影響部が表面付近に見られた。走査電子顕微鏡の元素マッピング分布解析より黒色化した箇所にはNiは存在せず、AlとOのみ存在していることが分かった。また、黒色化した箇所内部には、レーザー照射方向と水平方向に大きな亀裂が見られた。これまでの報告より、黒色化した箇所は O_2 欠損した Al_2O_3 であると考えられた⁴⁾。 Al_2O_3 からの O_2 欠損を確認するため、レーザー加熱時の擬断面試料界面の様子を観察した(図4)。レーザー加熱開始から特定の時間、 t ms経過したときの様子を左側に示し、その時間から、 $+0.1$ ms、 $+0.2$ ms経過した様子を中央と右側にそれぞれ示す。レーザー加熱によりNi箔が溶融し、溶融物中に次々と気泡が発生していることが分かった。これらの気泡は Al_2O_3 から欠損した O_2 であると考えられる。 O_2 気泡より、溶融したNiが表面に押し出されたため、黒色化した箇所にはNiが存在しなかったと示唆される。また、 O_2 欠損は Al_2O_3 の強度低下を招く。したがって、より十分な接合強度を得るためには、レーザー加熱による Al_2O_3 一部の黒色化を防ぐ必要がある。すなわち、 Al_2O_3 板にレーザーが照射されないように、金属のみをレーザーで溶かすことで接合強度が改善されると考えられた。

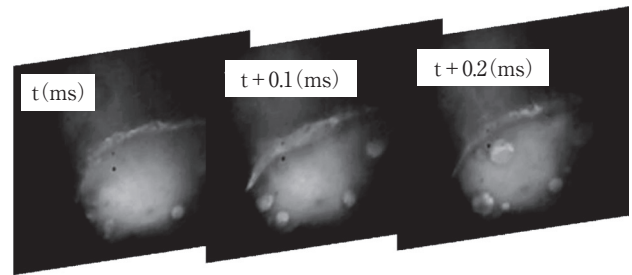


図4 レーザ加熱時の擬断面試料界面の様子

4 おわりに

本研究は、 Al_2O_3 板同士の突合せレーザーろう付を実施し、高強度の接合体を得るための条件について検討した。レーザー加熱による熱衝撃を低減するため、前処理としてMoを Al_2O_3 板端面にメタライズしたが、レーザー照射後、接合界面幅以上に溶接部と熱影響部が見られた。この溶接部と熱影響部では Al_2O_3 から O_2 が欠損している様子が確認され、 O_2 欠損による Al_2O_3 の強度低下によって接合強度が不十分であったと考えられた。このことから、高強度を達成するためには Al_2O_3 板へのレーザー照射を防ぐ必要がある。

本研究は、地方独立行政法人大阪産業技術研究所、田中慶吾様、山口拓人様、田中剛様、尾崎友厚様のご協力を得て実施されました。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) B.Luo, S.Jiang, W.Zhu, Y.Hu, Y.Qin, X.Tang, Laser joining of Al_2O_3 liners with Al_2O_3 -MgO-SiO₂ glass-ceramic fillers, J.Mater. Process. Technol. 260(2018)48-56.
- 2) H.Sonomura, T.Ozaki, K.Katagiri, Y.Hasegawa, T.Tanaka, A.Kakitsuji, Metallization of Al_2O_3 ceramic with Mg by friction stir spot welding, Ceram.Int.48(2022)864-871.
- 3) T.Kimura, S.Suehiro, K.Sadaoka, T.Nasu, K.Uoe, Direct sintering of bulk alumina using 1070nm fiber laser, Mater.Trans., 64, (2023)1183-1187.
- 4) 山田慎, 田中聖也, 小紫公也, 川嶋嶺, 小泉宏之, アルミナのレーザーアブレーションにより生じた還元生成物の同定, プラズマ応用科学, 26巻1号(2018)33-38.