

炭酸ガスレーザーによるセラミックスの溶接 No.98025

キーワード：炭酸ガスレーザー、セラミックス、溶接、ポロシティ、曲げ強度

概要

セラミックスは一般に高融点であるため、溶融溶接に用いる熱源としては、レーザーなどの高エネルギー密度熱源が最も適しています。厚板セラミックスの接合技術の確立を目的とし、87%Al₂O₃セラミックス溶接への高出力CO₂レーザーの適用を行うため、溶接パラメータがポロシティ（溶接欠陥の一種で、溶接部に生じる気孔）に与える影響を明らかにし、溶接継手強度に与える影響について検討を行いました。

解説

図1にセラミックスのレーザー溶接の概略図を示します。定格出力15kWのCO₂レーザー装置（ビーム外径：約70mm，M値（ビーム外径/ビーム内径）：1.5）を用い、溶接を行いました。溶接用ノズルには、プラズマ除去の効果は少なくなるが、レーザービームをセラミックスの蒸気およびガスからシールドするため同軸にガスを吹き付ける同軸シールドガスノズルを用い、アシストガスの流量は0.18 l/secで、Heガスを使用しました。セラミックスをレーザー溶接する場合、全く予熱せず溶接施工したり予熱温度が低すぎると、レーザーを照射した瞬間に熱衝撃により溶接試料が破損し、

溶接が不可能となります。そのため、炉の側面より挿入したガスバーナーで試料裏面を加熱し、レーザーを照射しても割れの発生しない予熱温度（T_p=1300K）まで試料を均一に予熱し、炉中溶接を行いました。また、炉の上部は開放になっており、ノズルが炉の中を走行できる構造になっています。溶接終了後、試料を1300Kに保持しながら溶接炉から電気炉に移動し、1300Kで1時間保持した後、1時間に100Kの割合で室温まで徐冷を行いました。

用いたセラミックスは87%Al₂O₃セラミックスで、その組成を表1に示します。試料の寸法は、炉の大きさの制約のため、長さ80mm、幅20mmで、板厚は主として4mmのものを用い、

表1 供試材の化学成分(wt%)

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO
87%Al ₂ O ₃	87	10	2	1

2枚の試料を突合せて溶接を行いました。

図2は、溶接速度10mm/secおよび20mm/secにおいて、レーザーパワーを2~6kWに変化させた場合に得られるビード横断面を示したものです。突合せ溶接においても、ビードオン溶接とほぼ同様のビード形状が得られ、アンダ

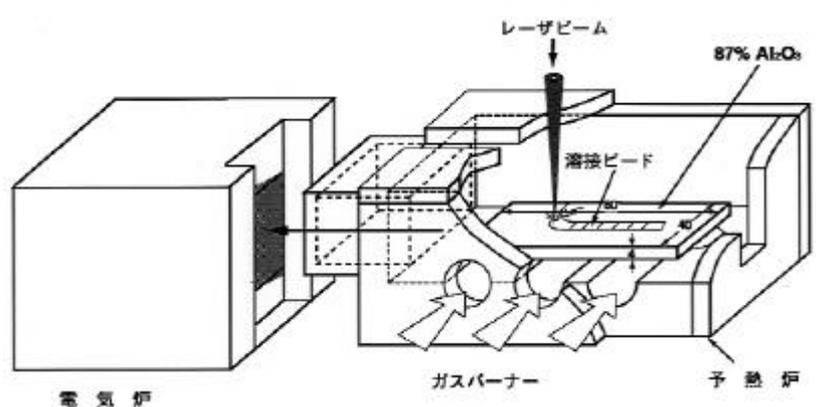


図1 溶接システムの概略図

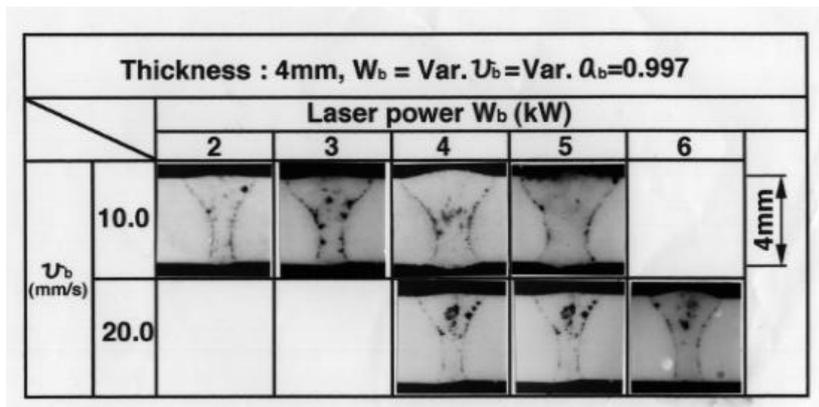


図2 突合せ溶接におけるビード横断面

ーフィルは生じていませんが、ポロシティがボンド沿いに見られます。また、溶接速度 10mm/sec においては、ビード中央部に生じる引け巣状の大きなポロシティは発生していませんが、溶接速度 20mm/sec においては、ビードオン溶接と同様にビード中央部に引け巣状の大きなポロシティが発生しています。

図3は、突合せ溶接におけるレーザパワーと曲げ強度の関係を示したものです。溶接速度 10mm/sec の場合、表曲げと裏曲げの強度の差はほとんどなく、レーザパワーの増加とともに曲げ強度は低下する傾向にあります。溶接速度 20mm/sec の場合、表曲げと裏曲げの強度の差は大きく、表曲げで強度が大きく低下しています。

図4は4点曲げ試験を行った結果、ビード断面中央部で破断した破断面の SEM 写真を示します。破断面上部には、溶接凝固時の湯足らずによって生じたシュリンケージキャビティと思われる引け巣状の大きなポロシティが見られます。一方、破断面下部においてはこのような大きなポロシティは見られず、欠陥のない緻密な組織になっています。このことから、表曲げの場合、ビード中央部に生じたひけ巣状のポロシティにより応力集中が起こり、これが表曲げ強度の低下の要因になったものと思われます。

87%Al₂O₃ セラミックスをレーザによる熔融溶接を行っても、適正な溶接条件を選べば、

母材強度と同程度の強度が得られることがわかりました。

おわりに

溶接継手強度を母材と同等まで上げるためには、ポロシティ発生率をさらに小さくする必要があり、そのためには、突合せ溶接部へのインサート材あるいは添加材などを開発し、ポロシティー等の溶接欠陥の発生を防止することが今後の課題となると思われます。

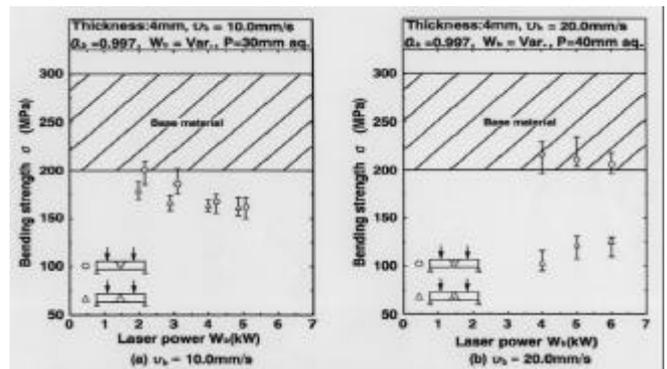


図3 各溶接速度による曲げ強度

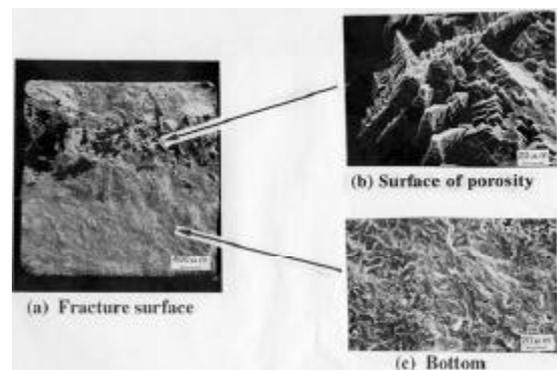


図4 曲げ試験による破面のSEM 写真