

WC-Co 系超硬合金と鋼との CO₂ レーザ溶接

○苫小牧高専 高澤幸治, 苫小牧市テクノセンター 柴田義光 高橋保行

要旨

より小型・精密な超硬合金／鋼溶融接合を実現するための手法として、レーザ溶接の適用を試みた。本研究では、市販の超硬合金と純鉄とを種々の溶接速度・照射周波数にて溶接し、以下の知見を得た。1) 溶接ビード幅は溶接速度の増加とともに減少する、2) η 炭化物は溶接速度を高くすることでその形成を抑制することができる、3) 溶接部の硬さは溶接速度とともに低下する。

1. 緒言

超硬合金と鋼との接合方法としては、機械的な結合（スローアウェイチップ等）やろう付けが一般的である。しかし、より強固な溶融接合を実現するために、焼結接合^{1,2)}や TIG 溶接³⁾の適用が検討されてきた。この場合、超硬合金と鋼（あるいは溶融金属部）との熱膨張係数の差異に起因する熱応力を緩和するために、接合界面に近づくにつれて金属成分を段階的に増加（最大で約 30mass%）させた傾斜組成超硬合金が用いられる。これらの方法においては、適切な傾斜組成超硬合金の化学成分、鋼の炭素量あるいは溶加材成分を選択することにより、割れや複炭化物（Fe₃W₃C や Co₃W₃C 等、以下、 η 炭化物と称する）が形成されない接合が可能であることが示されており¹⁻³⁾、一部実用化されている。

本研究では、より小型・精密な超硬合金／鋼溶融接合を実現するための手法として、レーザ溶接の適用を試みた。具体的には、市販の超硬合金と純鉄とを種々の溶接速度、レーザ照射周波数にて溶接し、良好な溶接条件の傾向を検討した。

2. 実験方法

Fig. 1 に溶接方法の概要を示す。供試材料として、厚さ 1.5mm の超硬合金板（住友電工ハードメタル㈱製、WC-13mass%Co）および厚さ 1.5mm の純鉄板（㈱ニラコ製、純度 99.5%）を用いた。この超硬合金板の化学成分は金型等の素材として市販されている一般的なものである。これらの超硬合金および純鉄板はそれぞれ

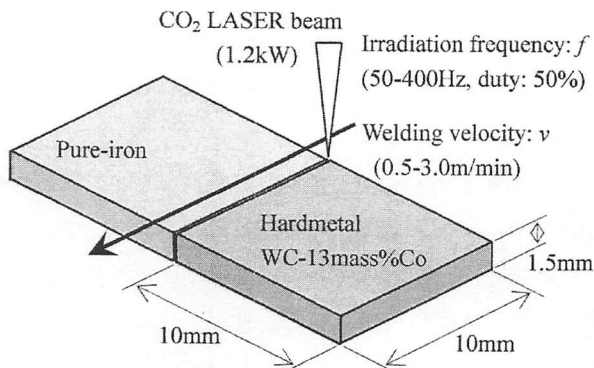


Fig. 1 Schematic illustration of LASER welding

10×10mm のチップ状に切断して、溶接用端面を平面研削盤で研磨した。

溶接には CO₂ レーザ溶接機（三菱電機㈱製、定格出力 3kW）を使用した。超硬合金と純鉄板とを、研削された溶接端面を接触させた状態で突き合わせ溶接器具にとりつけ、自動制御でレーザ溶接を行なった。溶接条件は、出力：1.2kW、デューティ：50%、照射周波数 $f=50\sim 400\text{Hz}$ 、溶接速度 $v=0.5\sim 3.0\text{m/min}$ 、シールドガス：溶接用純アルゴン（10ℓ/min）とした。

溶接した試料は、溶接ビード部の中央付近をビードと垂直方向に切断して鏡面研磨した後、光学顕微鏡で断面組織観察を行なった。組織観察は、まず、研磨ままの状態に割れや溶接欠陥等の有無を調べ、その後、村上試薬（赤血塩のアルカリ水溶液）で約 5 s エッチングし、複炭化物の形成について調べた。

組織観察後、試料を再びバフ研磨し、溶接ビード上部、下部のマクロビッカース硬さを測定した。

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に、実体顕微鏡による溶接部近傍の表面マクロ写真および光学顕微鏡による断面組織写真を示す。図には、代表的なものとして、 $f=50\text{Hz}\cdot v=0.5\text{m/min}$ および $f=50\text{Hz}\cdot v=2.0\text{m/min}$ の試料について示してある。写真は全て溶接ビード部より左側が純鉄、右側が超硬合金であり、表面マクロ写真においては溶接方向は下向き

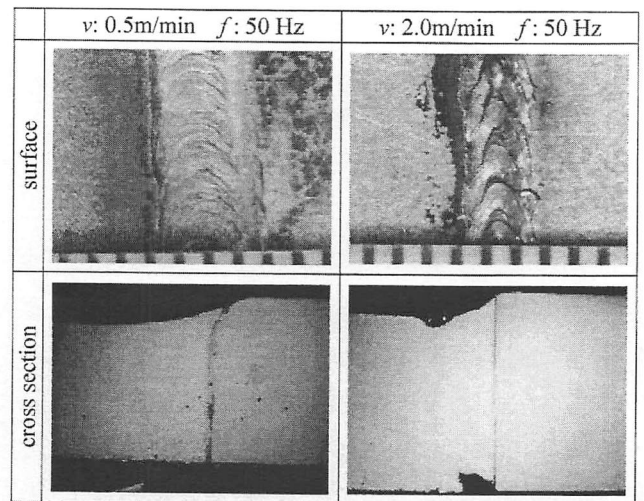


Fig. 2 Optical micrographs of LASER welded Hardmetal / Pure-iron joints

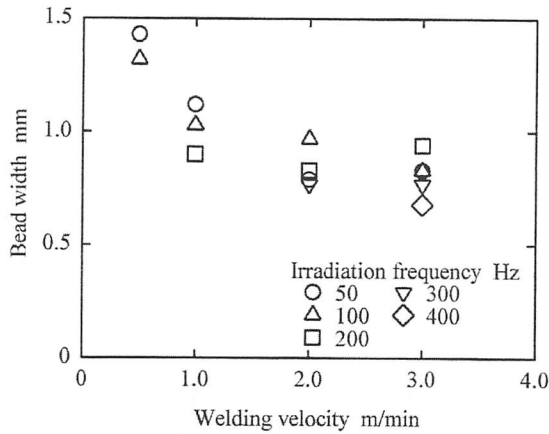


Fig. 3 Relationships between welding velocity and bead width in the welded joints

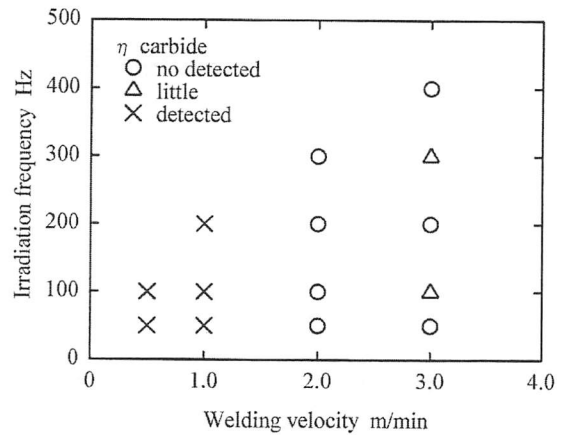


Fig. 4 Formation of η carbide near the Hardmetal / bead interface

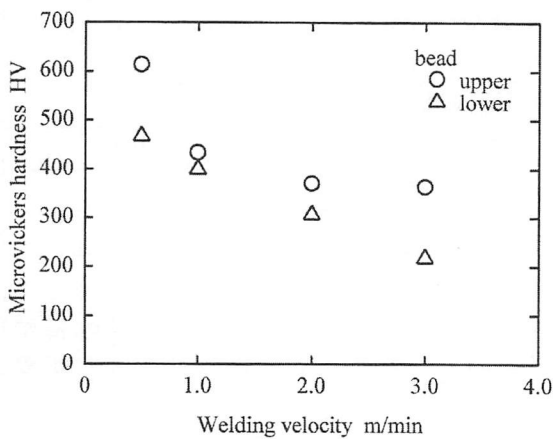


Fig. 5 Relationships between welding velocity and hardness in the welded bead ($f=100\text{Hz}$)

である。なお、断面組織は村上試薬でエッチングしたものである。本研究で用いた超硬合金板は傾斜組成のものではないが、レーザー照射によって破断したり目視で明らかに割れが確認できるものはごく僅かであった。この超硬合金は、市販されているなかでも比較的小コバルト量が多いため、熱応力に起因する割れの発生が抑制されたと考えられる。

本研究ではレーザーをパルス照射しているため、溶接速度および照射周波数によって、照射された（溶融・凝固する）領域の重なり具合が変化する。表面マクロ写真はその傾向をよく示している。

断面組織写真は、溶接条件によって溶接ビード幅が著しく変化することを示している。純鉄の方が溶融部が大きくなる傾向があるが、超硬合金も特に表面に近い部分が溶融しビード部へ溶け込んでいることがわかる。また、 $f=50\text{Hz} \cdot v=0.5\text{m/min}$ 試料では、超硬合金/ビード界面近傍に黒くエッチングされた組織が層状に存在している。これは、界面に接する超硬合金組織のなかの η 炭化物粒子であり、溶接過程において形成されたものである³⁾。

Fig.3に溶接速度と溶接ビード幅との関係を示す。全体的な傾向として、溶接速度の増加とともにビード幅は減少する。これは、溶接速度とともにレーザーが試料

に照射されている時間が減少し、したがって溶融する範囲が減少するためである。

Fig.4に超硬合金/ビード部界面近傍における η 炭化物の形成傾向を示す。 η 炭化物は溶接速度が遅いと形成されやすいといえる。これは溶接速度が遅いと試料が加熱される時間が長くなるため、 η 炭化物が形成されやすくなると考えられる。

Fig.5に溶接速度と溶接ビード部の硬さとの関係を示す。硬さは、ビードの上部および下部でそれぞれ測定した。なお、溶接前の超硬合金は約1480HV、純鉄は約150HVであった。溶接速度とともに硬さは低下することがわかる。これは、Fig.3で述べたことと同様の理由により、超硬合金のビード部への溶け込みが減少するため、固溶・析出による硬さ増加が少なくなるためである。ビード上部の硬さが下部よりも大きいのは、Fig.2で示したように超硬合金が溶融するのは主として上部であるためであると考えられる。また、このことは、一般の溶接と比較してビード幅が狭いことや溶接速度が速いため、溶融池の上下方向の攪拌が抑制されることを示唆している。

4. 結 言

超硬合金と純鉄とをレーザー溶接し、溶接部の表面・断面組織および硬さを調べ、以下の知見を得た。

- (1) 本研究のような小型試料であれば傾斜組成超硬合金を用いていなくても、超硬合金と鋼（純鉄）のレーザー溶接は可能である。
- (2) 溶接ビード幅は、溶接速度の増加とともに減少する。
- (3) η 炭化物は、溶接速度を高くすることで、その形成を抑制することができる。
- (4) 溶接部の硬さは溶接速度とともに低下する。

参 考 文 献

- 1) 宮腰ら：粉体粉末冶金協会論文誌, 44(1997), 958.
- 2) 内野ら：粉体粉末冶金協会論文誌, 44(1997), 269.
- 3) 趙ら：日本金属学会誌, 68(2004), 98.