

レーザ粉体肉盛法を用いたTiC肉盛技術の検討

－TiCとNi合金の混合粉末肉盛－

島崎 良^{*1}

Examination of TiC Cladding Technology by Laser Metal Deposition

- Mixed Powder Cladding with TiC and Ni Alloy -

Ryo Shimasaki

レーザ粉体肉盛法はレーザで母材表面を溶融し、溶融池に粉末を投入することで肉盛溶接を行う方法であり、入熱を制御することで、割れやすい高硬度材料についても高品質な被膜を得ることを期待できる。そこで、本研究では、TiC粉末のレーザ粉体肉盛加工条件を検討した。TiC粉末のみの場合は、被膜の割れやはく離が発生した。そこでバインダとしてNi合金を添加したが、いずれの混合割合でも割れが発生した。この割れは、TiCがバインダに溶融、再晶出することで被膜が脆化したためと考えられる。

1 はじめに

レーザ粉体肉盛法はLMD (Laser Metal Deposition) とも呼ばれ、高出力レーザで加熱溶融した母材表面の溶融池に、粉末を投入することで肉盛溶接を行う方法である。レーザは局所加熱が可能であり、従来のアーク溶接による肉盛と比べて歪みが少ない高品質な被膜を得られる。土木機械や鉱物粉砕機の部品は過酷な摩耗環境で使用されるため、高硬度の被膜が必要であるが、高硬度被膜は割れやすく、高品質な被膜を得ることは難しい。そこで、本研究では、LMDによって高硬度TiC被膜を得るための加工条件を検討した。

2 実験方法

母材を板厚10 mmのSS400板とし、TiC粉末（ヘガネス，Amperit 570.002，粒径45～90 μm ）にバインダとしてNi合金粉末（ヘガネス，1520-00，粒径53～150 μm ）を種々の比率で混合しながら加工した。粉末キャリアには10 L/minのアルゴンガスを用いた。レーザはYAGディスクレーザ（TRUMPF，TruDisk 5000）を使用し、肉盛ヘッド（PRECITEC，YC52）により加工した。スポット径約3 mm，ワーキングディスタンス13 mm，加工姿勢前進角15°，レーザ出力1,500 W，加工速度10mm/sec，シールドガス流量20 L/minを固定条件とし、1.5 mm間隔で5本のビードを肉盛した。

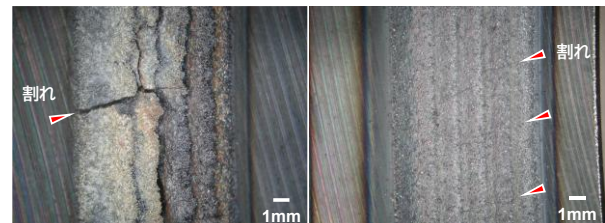
試験片は横断面を鏡面研磨後、3%ナイトールでエッチングし、光学顕微鏡観察及び硬さ測定を行った。

3 実験結果および考察

表1に示すTiC-バインダ割合で作製したLMD被膜の外観を図1に示す。100% TiCでは大きな割れが発生し、ビードを重ねると割れが拡大した。TiC自体は非常に硬く脆い材料であるため、LMDに伴う凝固及び冷却収縮に耐えられずに割れたものと考えられる。また、Ni合金バインダを添加した場合は、いずれの割合においてもビードに横割れが生じた。

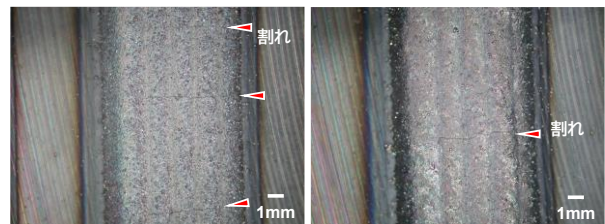
表1 TiCとバインダ（Ni合金）の供給量

試験片	粉末供給量 (g/min)		TiC率 (%)
	TiC	Ni合金	
100% TiC	13.0	0.0	100.0
90% TiC	13.0	1.4	90.3
50% TiC	13.0	12.9	50.2
10% TiC	2.6	23.4	10.0



(a) 100% TiC 被膜

(b) 90% TiC 被膜



(c) 50% TiC 被膜

(d) 10% TiC 被膜

図1 TiC粉末のLMD被膜外観

*1 機械電子研究所

次に、各試験片のビード断面を図2 に、断面組織の拡大を図3に示す。100% TiCでは、1ビード目のみ溶解した母材がバインダとなり被膜が形成されたが、2ビード目以降は母材が溶解せず、割れとはく離が発生した。90～10% TiCはいずれも被膜が形成されたが、バインダ量増加に伴い気泡が増加した。これは、WCを肉盛した場合¹⁾と同様に、TiCが酸素と反応してCOガスが発生したためと考えられる。組織は、数十 μ mの大きなTiC粒と、数 μ mの小さなTiC粒が混在していた。大きなTiCは粉末が溶け残ったものであり、小さなTiC粒は粉末が溶解後に再晶出したものと考えられる。また、TiCが一度溶けたことによる母相の脆化と、気泡による強度低下のため、割れが生じたと考えられる。

次に、各被膜のビッカース硬さ（荷重1 kgf, 10 s）を図4に示す。100% TiCは、TiCそのもの（約3,000 HV）よりやや低い2,000 HVであった。これは、母材の希釈による軟化と考えられる。一方、バインダを添加した90～10% TiCでは、400～800 HVと硬さが著しく低下した。これは、硬質粒子であるTiC粒子同士が組織内で接触しておらず、硬さが発揮されなかったためと考えられる。また、圧痕内のTiC粒の有無により硬さが大きく異なり、バラツキが大きくなったと考えられる。



(a) 100% TiC 被膜



(b) 90% TiC 被膜

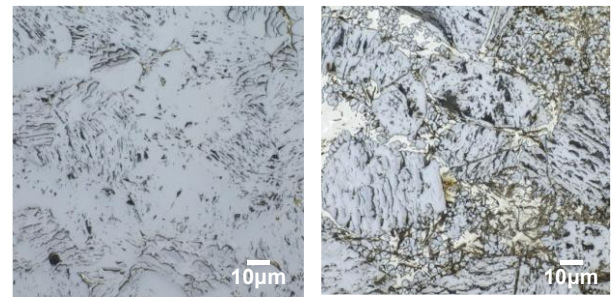


(c) 50% TiC 被膜



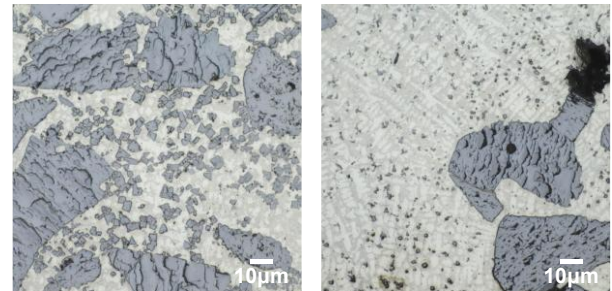
(d) 10% TiC 被膜

図2 TiC 粉末の LMD 被膜断面



(a) 100% TiC 被膜

(b) 90% TiC 被膜



(c) 50% TiC 被膜

(d) 10% TiC 被膜

図3 TiC 粉末の LMD 被膜内組織
(3%ナイトールエッチング)

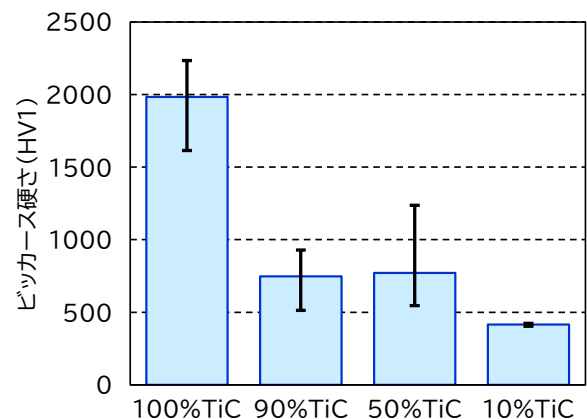


図4 TiC-Ni 合金粉末の LMD 被膜硬さ

4 まとめ

TiC粉末をLMDで肉盛するためNi合金をバインダとして添加すると、いずれの混合比でも割れが発生し、硬さもTiCそのものと比べると著しく低くなった。バインダの種類や量を最適化する必要があることが明らかとなった。

5 参考文献

- 1) 山口 拓人: FORM TECH REVIEW, Vol. 31, pp.78-82 (2022)