

超高速レーザー粉体肉盛による硬質コーティング技術の開発

— 産学官連携による研究開発の取組み —

機械金属部 ○谷内大世 西海綾人
企画指導部 舟田義則

1. 背景と目的

摺動部品は、耐久性向上のために硬質の湿式めっきが施されるが、処理時に出る廃水/廃液による環境負荷が高く、環境規制が緩い海外に生産拠点がシフトした結果、世界情勢によっては安定調達ができず、国内ものづくりに大きな支障をきたす。その代替技術として、レーザー粉体肉盛コーティング技術が注目されている。この技術は、密着性に優れるが、皮膜形成の遅さ、表面の粗さが問題である。そこで本研究では、レーザーのパワー密度を高めて形成速度を向上させ、表面粗さの改善を図った超高速マルチビーム式レーザー粉体肉盛コーティング技術の開発を行った。

2. 内容

2.1 マルチビーム式レーザー粉体肉盛技術

本技術は、従来と比べて複数のレーザー光を一点に集光し、そこに向かってヘッド中心から原料粉末を噴射して確実な加熱と正確な供給を可能とする（図1）。その結果、熔融範囲を狭くでき、レーザー集光径を微細化することで従来よりもパワー密度が高く、低歪みの皮膜形成が可能であるが、生産性が低い。

2.2 超高速コーティング技術開発

これまでの本技術では、走査速度1000mm/sec以上の超高速コーティングは実現できなかった。しかし、これが可能になれば生産性の向上が期待できるため、レーザー光出力を1kWに引き上げ、パワー密度を現行機の5倍(従来の50倍)、走査速度を1500mm/sec(従来の100倍)にまで高めた。ただし、装置性能の向上に加えて、レーザー光出力と粉体供給量のバランス調整も重要である。マルチビーム式レーザー粉体肉盛コーティングは、飛行中の粉体と基材の両方を直接加熱するのが特徴である。しかし、図2に示すように粉体供給量を増加させると、飛行中の粉体がレーザー光を遮り、基材に到達する光の割合(透過率)が低下する。その結果、基材の加熱が不十分になり、コーティング不良の原因となる。この問題に対応するため、条件調整を行った。図3(上)に示すように、走査速度1500mm/secでは一部に空隙が見られるものの、皮膜形成は可能であった。さらに、空隙を解

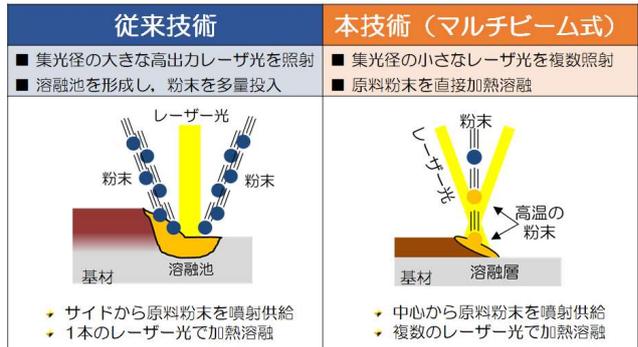


図1 レーザー粉体肉盛における従来技術と本技術

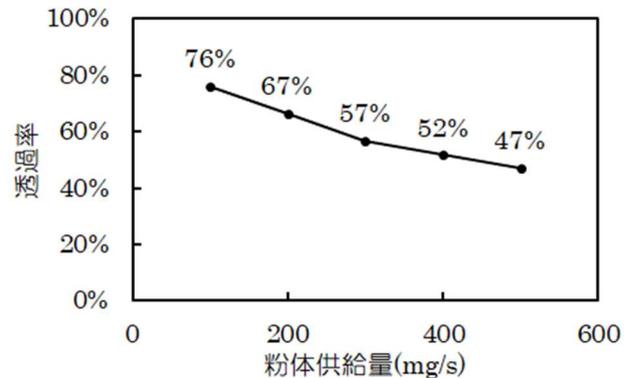


図2 粉体供給量と透過率の関係

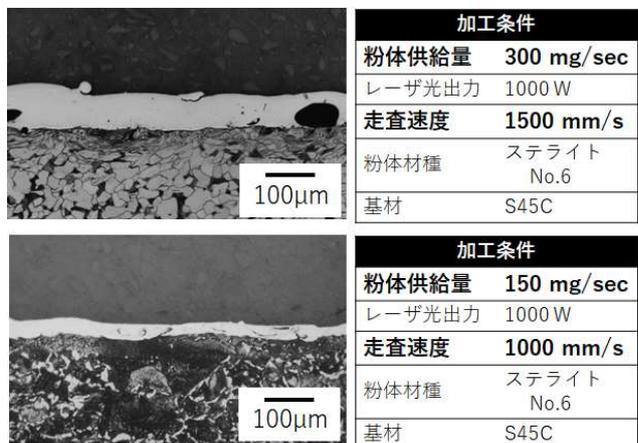


図3 超高速コーティング皮膜形成実験結果

消すために走査速度を調整した結果、空隙の無い良好な皮膜が得られた（同図(下)）。

また、皮膜の表面粗さを改善させるため、小径粉体の適用やコーティング後にレーザーで表面を再溶融する手法を適用した。その結果、表面粗さは小さくなり、最終的にRa0.778 μ mを達成し、改善前と比べて約35%の改善が確認された。

2.3 粉体加熱処理技術の開発

硬質皮膜コーティングを実現するために、WC-12%Co焼結造粒粉体を用いた。この粉体は、図4(上)のとおり内部に空隙が存在する。そのため、皮膜形成時には空隙欠陥が発生しやすく適用が困難であった。そこで、この粉体を多相交流アークプラズマ装置で加熱処理し、性質の改良を図った。その結果、真円度90%以上の粉粒の割合は、処理前の33%から最大45%に向上し、嵩密度は1.5倍に増加した。また、粉体内部の空隙率は、処理前の34.3 \pm 8.0%から7.1 \pm 5.4%に大幅に低減し、粉体表面だけでなく内部も緻密化され（同図(下)）、皮膜品質の向上が期待できることが示された。

2.4 硬質コーティング皮膜形成技術

マルチビーム式レーザー粉体肉盛コーティング装置による皮膜形成を行い、皮膜硬さや空隙欠陥の有無を評価した。図5に皮膜断面を示す。皮膜硬さ値は粉体加熱処理の有無に関わらず約1200HVであり、硬質クロムメッキよりも約200HV硬い皮膜が得られた。しかし、層内空隙の割合は粉体加熱処理なしで6.3%、処理ありで2.7%であり、粉体加熱処理の効果が見られている。しかしながら、粉体加熱処理を施しても若干の空隙とき裂が残存した。この対策として、2つの改善を行った。1つ目は、超硬合金皮膜を1層ごと形成させた後、レーザーを照射させて再溶融した。この場合、皮膜内空隙率は1.4%まで低下させることができた。2つ目は、Ni合金の中間層を形成した後に超硬合金皮膜を形成することで、空隙率を0.22%まで抑制した。ただし、硬さ値は約1100HVと若干低下するものの、硬質クロムメッキの硬さを上回っている。

3. 結果と今後の展望

超高速マルチビーム式レーザー粉体肉盛コーティングにより、走査速度 1500mm/sec でのコーティングが実現した。また、加熱処理した超硬合金粉体を用いることで、空隙欠陥を抑制した硬さ 1200HV の硬質皮膜形成を可能とした。以上の結果より、本技術は硬質クロムメッキの代替表面処理技術として期待される。

今後は、事業化に向けて連携体企業と協力しながら、製品試作などを実施していく。

謝辞

本内容は、成長型中小企業等研究開発支援事業「超高速レーザー粉体肉盛コーティングによる高耐久硬質層形成技術の開発と低環境負荷表面処理プロセスの実用(R4年度～R6年度)」の成果の一部であり、連携体の関係各位に感謝する。

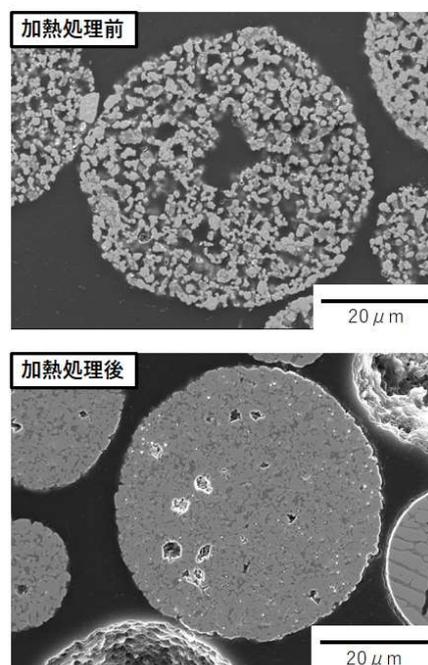


図4 処理前後の粉体断面

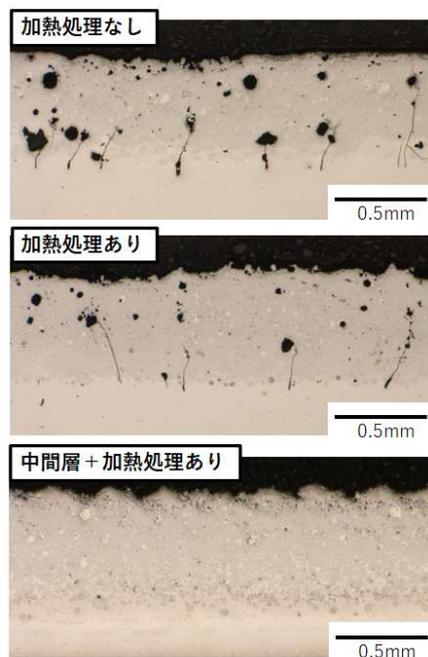


図5 WC-12%Co皮膜断面