

高出力半導体レーザーを使用したクラディング

キース・パーカー

クラディング(肉盛り加工)は、金属部品表面の特性(耐摩耗性、耐浸食性、耐熱性)改善や摩耗してしまった部品の表面リフレッシュのために多くの分野で使用されているプロセスである。高出力半導体レーザーアレイを使用した新しいクラディング技術が開発された。この技術は、従来の技術より低コストでオペレーション可能であり、同時に良い結果をもたらす。また他のレーザー技術より簡単に導入できる。本記事では高出力半導体レーザー技術とそのクラディングへの応用を紹介する。

クラディング背景

クラディングは、母材とは違った性格・性能を持つ新しい表面レイヤーを作成するために使用される。従来のクラディングは一般的にアーク溶接と溶射法の二つのカテゴリーに分けられる。使用される材質、クラッド・レイヤーの品質、スループット速度、プロセス互換性、コストといった様々な実際的な問題に、それぞれ特有の性能を持つ。

アーク溶接技術(ガス・タングステン・アーク溶接とプラズマ・アーク溶接)では、母材の表面を融解させるため電気アークが使用される。通常シールド・ガス中で作業され、その後ワイヤー形状もしくはパウダー形状のクラッド素材が導入される。クラッド素材はアークにより融解され、クラッド・レイヤーを形成する。溶接による強度・衝撃特性・気孔率に優れる強固な金属結合が可能である。本方法では材料付着率も高くスループットも速い。また投資コストも比較的安く抑えられる。アーク溶接クラディング法の主な欠点は、基板材料に非常に高い熱を与えることであり、高熱による金属歪が生じるためクラディング後にそのケアを行うプロ

セスが必要となることも多々ある。

溶射法においては、クラッド素材が炎もしくは電気により融解され、ワークにスプレーされる。本工程は、比較的低温で行われ、部品に生じる歪を最小に抑えられるが、クラッド・レイヤーと基板部の結合が、金属結合ではなく機械的結合であることが溶射法の大きな欠点となっている。これはクラッド・レイヤーの溶着力を弱め、結果として耐摩耗性が低くなる。

高出力半導体レーザー技術

レーザーを使用したクラディング技術は、アーク溶接法及び溶射法に比較し品質とプロセスの面でいくつかのアドバンテージをもたらす。しかし従来のレーザーを使用した場合、必ずしもこのアドバンテージは得られず、また製品の性能、運用コスト、導入の簡単さにおいて顕著な欠点が見られる。クラディングの様々なニーズに応えるため、より最適化された方法の高出力半導体レーザー技術が数年前より導入されている。

高出力半導体レーザー・システムは、複数の半導体レーザー・バーにより構成されている。半導体レーザー・バーには、



図1 現行のダイレクト高出力半導体レーザーシステム「コヒレント社製HighLight 8000D」は、8kW出力と多様なビーム形状を特長とし、大面積かつ材料付着率の高いクラディングを実現するレーザーシステム。

シングル・モノリシック半導体基板上に多くのレーザー・エミッタが実装されており、総出力は100Wにも達する。これらのバーを、水平及び垂直に並べ、数キロワットの出力を持つダイレクト高出力半導体レーザーシステムを構築する。光学系は、個々のレーザー・バーから出射したビームをまとめるために使用される。

現行の高出力半導体レーザー・システムは、クラディングに適した出力とビーム特性を持っており、導入時に

様々なタイプから選択できる。例えば、Coherent社製HighLight Dシリーズは、2.8kWから8kW(波長は全て975nm)出力のレーザをラインアップし、高いスループットでのクラディングが可能となる。同レーザは、長さ3mmから24mm、幅3mmから12mmのラインビームを出力可能である。クラッドされるエリアは典型的にビームよりも大きいので、オートメーションによりビームを移動させ高速で処理する。

半導体レーザ・クラディングの利点

従来の方法に比較し、半導体レーザ・クラディングは特徴的な利点を持つ。アーク溶接技術と比較すると、熱による歪発生が低く抑えられる。基板素材へのクラッド素材の希釈性が低減され(~4%)、気孔率が低下(<1%)し、表面の均一性が高い。これらの特徴により、クラディング後に必要とされる工程が顕著に省略可能となり、それに伴う時間及びコストを大きく削減することが可能となる。半導体レーザの急速な冷却率により、微細な粒状構造を作ることができ、より高い耐浸食性を実現できる。さらに、これらの利点ではどのような出力レベルでも、さらには材料付着率でも享受できる。反対に、ほとんどのアーク溶接プロセスでは、出力と材料付着率を上げるとクラッドの質が低下する。さらに半導体レーザのラインビーム形状によってクラッド幅及び厚さを高度に制御しながら大面積を高速で処理することができる。

半導体レーザと溶射技術は、不必要



図2 大面積における厚み0.4mmの金属結合クラディング写真。同程度のサーマル・スプレー法クラッドと比較し、G65耐摩耗テストにおいて2倍の耐摩耗性能を持つ。1018鋼板上にヘガネス社製1559-40-60% (NiWCパウダーと60% WC)をクラディング。3 X 24mmビームを使用し、オーバーラップ3mmで20mm幅の有効クラッドを作成。7kWシステム、プロセス速度:1.08m/分にて加工。

に高い熱を該当箇所に入れる必要が無く、希釈を最小限にする。しかし、溶射法とは異なり、半導体レーザ技術では、クラディングと母材とを金属結合するため、より強固に結合し、耐摩耗性も向上する。さらに半導体レーザでの金属結合により結合したクラッドは、機械的コーティング(機械的結合)によく見られるひび割れや層間剥離の発生も最小限に抑える。

半導体レーザは他のレーザに比較した場合、より理想的な特徴と多くの実

際の利点を持つ。Nd:YAGレーザや、中赤外CO₂レーザより短い波長のレーザは、母材とクラッド合金によりよく吸収される。つまり、半導体レーザが実質的にCO₂レーザより少ない出力でクラッド素材を付着することができ、出力値の比較では通常1:2.5となる。

さらに、半導体レーザは他のレーザに比べ次のような顕著なコスト・アドバンテージを持つ。CO₂レーザ、LD励起Nd:YAGレーザ、ファイバーレーザと比較し、運用コストは実質的に安価であ



図3 SU316Lステンレス・スチール・シャフト上の大面積クラディング。(30% WCを含んだNiWCパウダー(客先支給)使用)8kWレーザー出力、有効幅20mmにて、100mm径 X 330mm長 X 1.5mm厚にてクラディング。加工速度は、0.4m/分。

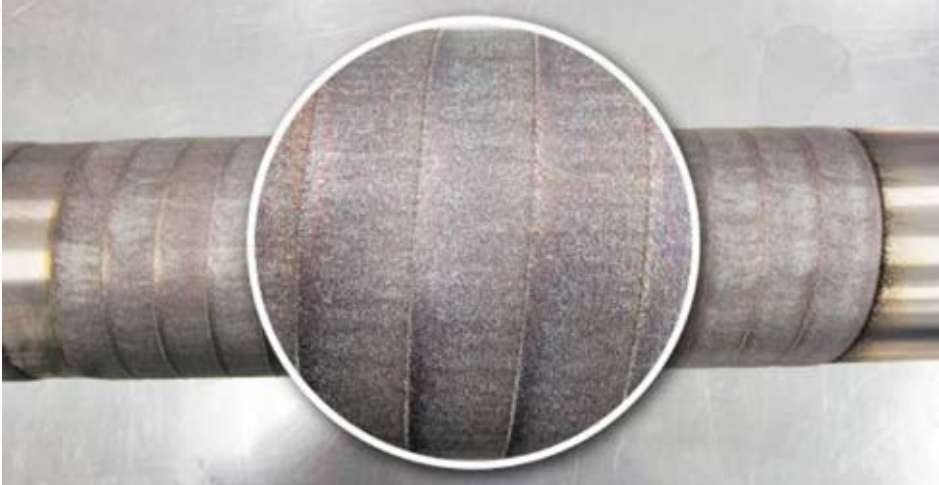


図4 SU316Lステンレス・スチール・シャフト上の大面積クラディング。ヘガネス社製 3.33鉄ベースパウダー使用。8kWレーザー出力、20mm有効クラッド幅にて100mm径 X 330mm長X0.5mm厚のクラディング。プロセス速度は0.5m/分。

るし、高い電気効率を持つ。高い吸収効率と組み合わせた場合、運用コストと二酸化炭素排出量を低く抑え、同時に付着効率を向上させる。

プロセスの観点からみた場合、大きなエリアを処理する際に、半導体レーザーから出力されるラインビームは他のレーザーに比較し顕著な利点を持つ。特に低希釈な幅の広いフラットなクラッドを作成することができる。写真では、

Coherent社製HighLight半導体レーザーにより作成された典型的なクラッドを見ることができ、本技術により容易に得ることができる品質、能力、柔軟性が確認できる。

結論として高出力半導体レーザーは従来技術及び他のレーザーより優れた多くの利点を持つ特徴ある光源と言える。特に半導体レーザーは優れた物理的特徴を持ち、非レーザー技術に伴うような少

ない入熱で金属結合ができ、優れた品質のクラッドを作ることができる。加えて他のレーザー技術より低コストで運用可能であり、より簡単に製造現場に導入可能である。

著者紹介

キース・パーカー (Keith Parker) は、米コヘレント社 (Coherent, Inc) のダイレクトダイヤモンドレーザーシステムのマーケット開発メントマネージャー。