

3スポットダイオードレーザーブレイジングによる亜鉛めっき鋼板の接合

アクセル・ルフト

シームの欠陥を劇的に低減する溶接プロセス

ダイオードレーザーブレイジングは、車体の連続生産において亜鉛めっき鋼板を接合するための手法として確立されている。この用途に特化して開発されたブレイジング用の加工ヘッドが、ロボットによって接合部に沿って移動する。レーザービームはファイバを介して加工ヘッドに伝送され、銅シリコンワイヤ (CuSi3) がブレイジング (ろう付け) 処理によって溶融される。

レーザーブレイジング技術の成否を左右するのは、溶接と同様に安定性に加えて、主に接合部の外観上の品質の高さである。レーザーでブレイジングしたシームは、滑らかでクリーンな表面と接合部が得られることで知られている。見た目が美しいだけでなく、後処理がほぼ完全に不要となるため、クリーニングの後に直ちに塗装することができる。レーザーブレイジングによって

接合部の外観が美しくなることから、従来の接手法とは異なり、カバー部品とその格納スペースや組み立て作業をなくすることができる。

しかし、従来のレーザーブレイジング技術は、期待される要件を (少なくとも一部は) 満たせていない。自動車メーカーでは、車体に溶融亜鉛めっき鋼板を使用する傾向が高まっている。溶融亜鉛めっきは、従来の電気亜鉛めっきよりも腐食耐性が高いため、これに変更することで技術的にも経済的にもメリットが得られる。

この新しい鋼板表面に対し、レーザーブレイジングを適用した結果はこれまでと同じにはならない。接合部に近い領域では、スパッタ (特にマイクロスパッタ) 発生量が増加し、最初は認識しにくいですが、塗装の後に目立つようになる。接合部そのものの品質が低下し、

粗くなっているいわゆるウェーブレットが現れやすくなる。これが過度に多くなると、求められる接合部外観が得られない恐れがある。このような処理の難しさから、自動車メーカーは販売業者に対し、代替手法を求めている。

独レーザーライン社 (Laserline) は当時、従来の円形のシングルスポットの代わりに、長方形のスポットによるブレイジングをテストしていた。ブレイジング加工ヘッドで長方形のスポットを生成するために、同社のビーム均一化モジュール (ホモジナイザ) を独スキヤンソニック社 (Scansonic) のブレイジング加工ヘッド「ALO3」に組み込んだ (図1a)。レーザーライン社では、何年も前から最大10kWのレーザー出力によるレーザー焼入れ用に長方形のスポットを作成するために、このようなホモジナイザを使用している。

3スポットモジュール技術

同社は、ワイヤを供給するためのくぼみを持つ長方形スポットの作成を目指した。この最初の形状は、望んでいた結果に直接はつながらなかったが、それから1年以内に (複数回のやり直しを経て)、最適化長方形スポット (OR Spot: Optimized Rectangle Spot) モジュールと呼ばれる、現在の3スポットモジュールを開発することができた。この手法 (図1b) では、メインスポットの前に小さな2つのフロントスポットが配置されており、これによってブレイジングするシームの両端の亜鉛めっきが除去される。除去プロセスの直後

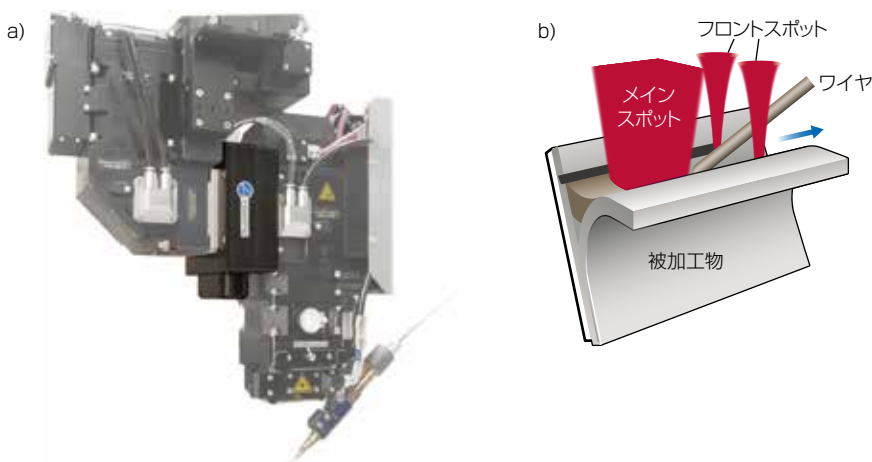


図1 スキャンソニック社のブレイジング加工ヘッド「ALO3」(a)に組み込まれたレーザーライン社の3スポットモジュールと、最適化長方形スポット (OR Spot) の3スポットビーム (b)。

にメインスポットによってロットを溶融することによって、必要な接合部が生成される。

接合部のエッジ部分の垂鉛を除去することによって、加工がしやすくなり、スパッタやウェーブレットをほぼ完全に防ぐことができる。これにより、滑らかでクリーンな接合部が得られる。

ブレイジング加工ヘッド内で3スポットモジュールによってビームを3本に分配することには、多数の好都合な性質がある(図2)。上述のブレイジング処理を適切に行うには、スポットを互いに正確に配置しつつ、レーザー出力を正確に調整された配分で3つのスポットに分配する必要がある。適用対象(ルーフかテールゲートか)や接合部形状に応じて、3スポットの出力配分を変更する必要もある。特許取得済みのこの3スポットモジュールには、メインスポットとフロントスポットの間と、先行する2つのフロントスポット間で、ステップレスで出力配分を調整できるというメリッ

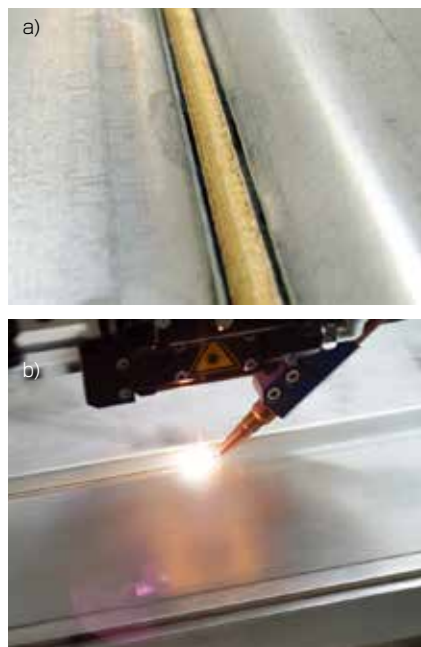


図2 (a)は毎分4.5mで溶融垂鉛めつき材料をブレイジングした結果。(b)は3スポットブレイジングプロセスを適用している様子。

トがある。さらにこのモジュールでは、フロントスポットの間隔をあとから調整することができる。接触型ブレイジング加工ヘッドの中で、内蔵回転軸のすぐ後ろにこのモジュールが配置されることにも特別な意味がある。スキャンソニック社が特許を保有するこの接触型ブレイジング加工ヘッドはその発売以来長期にわたって使用されており、シームの欠陥を劇的に低減している。

多関節ロボットのパス精度とコンポーネントが限られているため、クランプングによって接合部が必ず正確に同じ位置に来るとは限らない。そこでワイヤが、加工ヘッドにおいてシームトラッキングセンサとして使用され、前部の伸縮自在アームがシームトラッキング用に回転する。回転軸の後、レーザービームは45°ミラーで方向を変え、ワイヤに追従する。モジュールが回転軸の後ろに配置されているため、3スポットは必ず、正しくワイヤ方向を向くように作成される。したがって、ロボットと加工ヘッドによるブレイジング処理を通常どおりプログラムすることができる。もし、3コアファイバ(これも商用化されている)を使用して3スポットを作成する場合は、回転軸機能は取り除く必要がある。回転軸を使用すると、45°ミラーがあるために、フロントスポットがメインスポットの軸に対して反転され、プロセス変動を生じる可能性がある。レーザーライン社の3ス

ポットモジュールを使用する場合は、特殊なファイバやレーザは不要である。

世界中のほぼすべての大手自動車メーカーが、レーザーライン社のダイオードレーザをブレイジング用に使用している。ビームパラメータ積(BPP: Beam Parameter Product)が60mm mradのダイオードレーザが標準的なレーザであるため、3スポットモジュールはこれらのレーザと使用するよう開発されており、最大6出力の標準ダイオードレーザが使用できる。また、標準ファイバをプラグアンドプレイ方式で挿入することが可能で、旧式のシステムに3スポットモジュールを装備する場合にも好都合となっている。ほとんどの場合において、光学系を修正するだけですでに使用されている標準レーザがそのまま使用できる。モジュールに改良が加えられた場合は、実装済みのものを簡単に新しいものと交換することができる。

2016年初頭に発表されたこの3スポットモジュールは、多数の有効な機能を備えることから、既に自動車製造に投入されている。現在、複数の連続生産にこのモジュールが組み込まれている。3スポットというコンセプトに基づくこの手法により、溶融垂鉛めつき鋼板のブレイジングを通常の品質と製造手法で行うことができる。

アルミニウムの溶接

アルミニウムの溶接は、ブレイジン



図3 「Audi Q5」のアルミニウム製テールゲートの外観部分にある溶接シーム。



図4 「Audi A6」のアルミニウム製ドアのステッチおよび隅肉溶接。

グに加えて2番目に多いダイオードレーザーの適用用途である。この5年間で、数十もの出力4～6kWのダイオードレーザーシステムが実稼働環境に導入されている。

図3は、テールゲート外側の溶接例である。部品形状、クランプ方法、プロセスは、レーザーブレイジング外観と同様である。しかし、アルミニウムの溶接には、キーホール溶接を可能とするために一般的に0.6～0.9mmというより小さな焦点径が求められる。レーザー溶接は、構造部品にもよく使用される。溶接後、シームは直接コーティング可能で、追加の仕上げ処理は不要である。

3スポットによる接触型レーザー溶接

上述の一般的なアルミニウム溶接プロセスは、直径0.6～0.9mmの円形のスポットを特徴とする。レーザーはコア径600 μ mのファイバを介して伝送され、キーホール溶接を可能とするために倍率0.9の接触型加工ヘッドを通し



図5 用途に合わせた3スポット形状で、5xxxアルミニウム試験材にリニアエッジ隅肉溶接した結果。

て被加工物に照射される。図4は、1.6mmのアルミニウムシリコン(AlSi)製フィラーワイヤの隅肉重ね溶接の断面である。フィラーワイヤは通常、ハンゲオン部品の構造部や見えない部分に適用される。

溶接の貫通やルート部の余盛を避ける必要がある場合や、クラスAのシーム表面が求められる場合には、用途に適合させた3スポットモジュールを利用することができる。これによって熱フローが最適化され、シームの表面と断面が改善される。動作原理は、上で説明したブレイジングの場合と同じである。

図5は、同社のアプリケーションラボで用途に合わせて製作した3スポット装置によって、5xxxアルミニウム試験材にリニアエッジ隅肉溶接した結果を示している。所定のロボットおよびワイヤ速度に対するプロセスウィンドウは、毎分4mで3.8～4.6kWである。メインスポットによって溶接を行い、プロセス前または後に適用される追加の円形スポットによってシームを滑らかにする。つまり、用途に合わせたこのスポット形状により、熱伝導とキーホール溶融のメリットを組み合わせることができる。1つのスポットによってキーホールが作られると同時に、周囲の強度プロファイルによって、熱伝導に応じた滑らかな溶接が確保される。

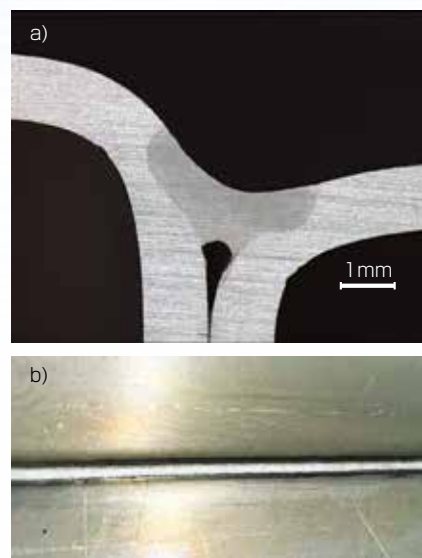


図6 外側自動車ルーフ部接合の例(a)。3スポットプロセスを適用することで、非常に滑らかでタイトなシームが生成されている(b)。

図6では、同様のプロセスを外側の自動車ルーフ部接合に適用している。用途に合わせた強度プロファイルと熱分配によって、非常に滑らかでタイトなシームを得ることができる。

レーザーアルミニウム溶接の基本はほぼ解明されているので、今後改良されるのは溶接プロセスの細部になる傾向が高い。たとえば、スポット形状を最適な形状に変更可能とすることなどである。ダイオードレーザーは堅牢で、操作が簡単で、モジュール性が高いため、最新製造ラインの主要な自動車用途に付加価値を加えるうえで役立つ。

著者紹介

アクセル・ルフ博士 (AXEL LUFT) は、独レーザーライン社 (Laserline) のグローバル自動車部門担当セールスマネージャー。 email: axel.luft@laserline.de URL: www.laserline.de