

# 自動車分野におけるレーザー加工最前線

川尻 多加志

## 最新加工事例にスポットライト！

自動運転やEVなど、技術的な観点のみならず、市場の大きさからも注目を集める自動車産業。この自動車産業にレーザー加工はどう関わるのか。11月28日(水)、東京都品川区の大崎ニューシティ・日精ホールで開催されたレーザー協会第42回セミナー「自動車産業におけるレーザー加工」で、その最新動向にスポットライトが当てられた。今回のシンポジウムでは、レーザーのユーザーとも言える自動車メーカーや部品メーカーとシーズ側のレーザーメーカー、レーザー加工機メーカーによる6件の講演が行われた。

## レーザー加工はSDGsとESGに適合

会長の庄司一郎氏(写真：中央大理工学部教授)は、冒頭の「開会挨拶」で同協会の歴史を振り返るとともに、会員を対象とした「研究会」や今回のような「セミナー」、さらには地方活性化事業としての「地方研究会」の開催など、その活動を紹介。SDGs(持続可能な開発目標)とESG(Environment, Social, Governance)が注目される中、自動車産業におけるレーザー加工へのシフトは、この二つに適合したものだと言った。

## 自動車メーカーにおける生産技術：千葉工大 大関浩氏

自動車のユニットインジェクタは、燃焼後の微粒子発生を抑制する燃料微粒化のための高圧噴射と、Noxや騒音を低減する燃料噴射の多段化を

実現する部品。噴射穴の内面を滑らかにすれば、流量損失を低減でき、規則正しい流れが生まれる。ところが、穴開け加工は外側からドリルなどで行うため、内面に加工痕や出口にバリができ、流量損失が増え流れも乱れる。また、バリは燃料噴射によって燃焼室に飛び込み、エンジンを傷つけてしまう。

大関氏は各種加工法を比較検討した結果、放電加工がベストとの結論を得たが、加工機が簡単に入手できない等の理由でドリル加工を選択、試作を行った。

ドリル加工の噴射穴径限界値は直径0.15mm程度、それ以下の加工は切りくずの排出不良で起こる工具折損によって難しい。そこで、大関氏は電解バリ取り加工法を採用した。さらに、シリコン系オイルと研磨粒子を混ぜ高圧で送り込む流体研磨加工で、バリと加工痕の問題を解決。流体研磨加工の最適化は、低粘度の流体を穴の中へ流量する時間で行い、噴射穴形状として望ましい逆テーパ形状の作製にも成功。内部加工形状の計測は歯科用シリコンを流し込み、それを取り出す非破壊検査も実現した。

## 自動車部品におけるレーザー加工技術の適用と最近の進歩について：デンソー 白井秀彰氏

高炭素材料へのレーザー溶接が求められる中、同社では電磁弁用高炭素ステンレス鋼の溶接を実用化、溶融形状を従来のワインカップ形状から



レーザー協会会長・庄司一郎氏

タンブラー形状にすることで、最終溶融凝固部に発生する収縮応力の大幅な低減を実現した。

IC用銅リードのレーザー結線の実用化にも成功、ターミナル表面にNiめっきを施して熱伝導バリアにするとともに、ガスのアシストおよび焦点位置の最適化、さらにレーザー照射波長の最適化によって、最終凝固部に収縮応力が発生せず、割れにくい形状を実現した。

円周溶接では、シミュレーションによる変形挙動解析によって真円度の変形メカニズムを考察、レーザー光をミラーで半分ずつ分割して光ファイバで伝送し、2方向から同時に照射して歪みを相殺する同時2分光方式を考案、2つのレーザー溶接ヘッド角度を90度にする事で変化量が最小になることを見出した。

白井氏は、加工プロセスをモニタリングして、その欠陥をレーザー出力へフィードバックする品質モニタリングや溶接部や溶融内部挙動の可視化も紹介した。

## 高出力ダイレクトLD発振器の最新動向とその適用：レーザーライン 武田晋氏

同社のダイレクトLD発振器は近赤

外域LD素子を短冊状に切り出し、モノリシック・リニア・アレイ化してLDバーを作製、さらに複数個積層して積層アレイLD化、ここから発振するレーザー光を直接集光する。波長／偏光合成でさらなる高出力化も可能とのことだ。

非常に均一なトップハットビームは、用途に合わせたさまざまなビーム形状を作ることができる。レーザー焼き入れやレーザークラディング、AMの他、ビームエッジ部分の損失を無くした高効率なビームは、レーザー向けにも有効という。

同社では450nm青色半導体レーザー素子のアレイ化で、出力730Wも実現した。これは独BlauLas開発プロジェクトの成果で、50Wの青色半導体レーザーを10個積層、さらにカップリングで達成したもの。来年度市販に向け動き出している。

車体に対する溶融亜鉛めっき使用に対応するため、同社では矩形ビームをメインに、さらに小さな二つのフロントスポットを加えたトリプルスポットモジュールを開発した。アルミニウム溶接では、トリプルスポットの応用として、ビーム整形技術であるスポット・イン・スポットも開発。これは(真円とより大きな正方形の)形と輝度の異なる2つのレーザービームを重ね合わせたものだ。

## TNGAエンジンへのレーザー加工技術の適用：トヨタ自動車 谷中耕平氏

TNGA (Toyota New Global Architecture) を基にした新エンジン開発において、低燃費と高出力を両立させるキーデバイスがレーザークラッドバルブシートだ。吸気ポート形状を直線化して、高い気流速度を維持したまま燃焼室に吸気を導入でき、ポート下面のポート部で気流を剥離させ逆タンブルを

抑制することで流量計数を向上できる。

その生産設備の小型化と海外における Etaノール混合燃料に対応するため、同社では半導体レーザーの採用およびレーザー光、粉末、シールドガスを一体で供給可能な同軸ノズルによる斜方向成形技術を確認、小型かつエネルギー効率に優れたレーザー回転型クラッドシステムを開発した。さらに、ビーム形状と粉供給パラメータの最適化によって、割れや欠肉を抑止できる品質も確保した。

クラッド材料には耐摩耗性、肉盛り性、被削性確保のために、高い硬質粒子体積率でも割れが発生しない硬質粒子を微細分散した金属組織が求められた。同社では、Cu-Fe系を基本とした合金設計で硬質粒子の増量と肉盛り時の耐割れ性を両立させ、NbC添加により耐摩耗性と被削性を両立させた新合金Cu-Ni-Fe-Mo-Si-Nb-Cを開発、TNGA用エンジンへの採用課題をクリアした。

## 自動車・バッテリー製造におけるレーザー加工技術最前線：コヒレント・ジャパン 水谷重人氏

同社のファイバレーザーを基にしたCleanWeld技術は、従来手法と比べ最大80%スパッタを低減でき、クラックやポロシティの少ない溶接が可能だ。プロセスの一貫性にも優れ、最大40%も出力を抑え、高効率な溶接加工ができるという。

その応用例の1つが、モード可変ビーム搭載のファイバレーザーARM (Adjustable Ring Mode) による独自のビームプロファイル技術とアプリケーションノウハウだ。ARMは、アプリケーションごとの加工要件に応じて、1つのファイバからセンターとリングの2つの同心円状のビームを独立、かつ連続的にリアルタイム制御ができ、最適なプロセスを作ることができる。独自の5段階

反射光対策と出力ループモニタによって高反射材にも最適という。一般的な加工ヘッドや光学系に接続が可能で、既存設備への置き換えも容易、切り幅が必要な厚板切断、板厚や材質の異なる加工、スパッタの少ない溶接を実現する。

講演では、xEVへのレーザー加工適用事例が数多く紹介され、標準ファイバレーザーに搭載できる、欧州自動車製造規格QDファイバーコネクタ内にセンサを内蔵した加工モニタリングも紹介された。

## 自動車産業における最新レーザー加工技術：トルンプ 中村洋介氏

レーザーを用いたモータ部の銅製ヘアピンのデコーティング(被覆除去)は、メカニカル・ストリッピングの倍以上のスピードを実現する。一方、ヘアピン溶接では、同社はBrightLine Weldという独自技術を開発した。これはレーザー1台から発振したビームを2 in Fiberという二重コアファイバを用いてビームプロファイルを調整、これによりスパッタを劇的に低減できるというもの。

さらに、画像処理システムVision Lineは部品の位置を自動検知、情報をコントローラに転送することで、例えギャップが存在しても、常に正しい位置に溶接が施され、均一な加工結果が得られる。

電子部品応用においては、同社は銅の溶接にはディスクレーザーをベースにした第2高調波の515nmグリーンパルスレーザーを使用、ビード幅も変わらずスパッタを97%低減、ほぼ完成体の状態の製品に対しても溶接が可能だという。中村氏は、将来技術として平均出力1kWのグリーンのCWディスクレーザーを紹介。さらに、1～2ピコ秒レベルで1J・1kW(平均出力)という最先端の超短パルスディスクレーザーにも言及した。