

銅溶接とAI活用で探る レーザー加工の品質向上と量産展開

編集部

欧州の最新事例が紹介され、微細銅溶接における光源選定と欠陥対策、AIとビーム成形による加工精度の向上手法が語られた。

「名古屋レーザーフォーラム 2025 第2部特別講演会(兼第121回研究会)」(中部レーザー応用技術研究会主催)が2025年6月16日、名古屋市において開催された。「レーザー技術が創り出す産業の世界～欧州の最新事情～」をテーマに5名の登壇者が講演を行った。ここでは独ロバート・ボッシュ社(Robert Bosch)のAndreas Heider氏による基調講演「eモビリティにおける銅のレーザー溶接：実験室から量産までの課題の克服」と、独プレシテック社(Precitec)のMarkus Kogel-Hollacher氏による講演「ビーム成形、プロセスモニタリング、AI—堅牢かつ安全なレーザービーム溶接のための完璧なコンベネーション」をレポートする。

ブルーレーザーにより 良好な銅溶接品質

ロバート・ボッシュ社のHeider氏は講演で、銅のレーザー溶接とeモビリティにおける生産プロセスの確立について語った。eモビリティへの移行に伴い、溶接材料の厚みは従来の1mmから10 μ m～5mmへと広がり、微細溶接の課題が明らかになっている。特にパワエレ向けの薄銅部品では、溶接深さが300 μ mと非常に浅く、赤外線(IR)レーザーでは吸収率が約5%と低いため、品質が不安定になる。

そこで、吸収率が高い青色または緑色レーザーの採用を検討したところ、緑色レーザーは高速でもスパッタが発生せず、表面も均質で良好な溶接品質が得



独ロバート・ボッシュ社 Andreas Heider氏

られた。ただし、断面にはポアが確認された。

欠陥の要因として周囲環境・材料特性・コンタミ・プロセスの4要素が挙げられるが、材料特性は関係せず、エア環境下でポアが生じることから、窒素と酸素の影響が考えられた。そこでガス成分の比率を変えて観察した結果、酸素が20%、窒素が80%の比率でポロシティが最大となった(図1)。さらにシンクロトロン放射光を利用したX線その場観察により、ポアはキャピラリからではなくメルトプールから形成されることがわかった。

さらにシールドガスにアルゴンを用いた比較では、青色レーザーはポアが発生せず(図2)、量産試行でも非常に均質できれいな溶接品質が得られた。

Heider氏は、安定した量産には欠陥の因果関係の把握と、光源選択やコンタミ対策を含む総合的な対策が不可欠だとまとめた。

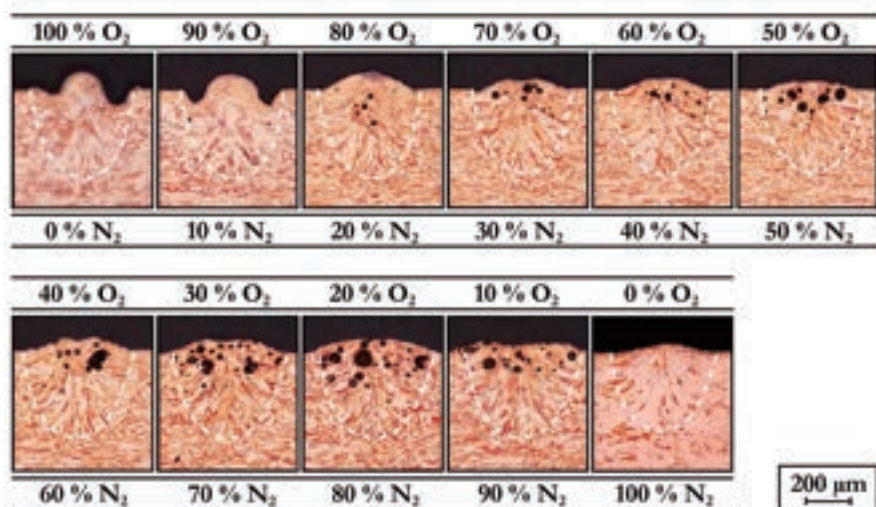


図1 銅のレーザー溶接において窒素と酸素がガスポロシティに与える影響



独プレシテック社
Markus Kogel-Hollacher氏

AIとビーム成形による レーザ加工技術の新展開

プレシテック社のKogel-Hollacher氏は講演で、AIとレーザ材料加工におけるプロセスモニタリングの重要性を強調し、特にビーム成形技術との組み合わせが加工精度と信頼性を高めると述べた。レーザ溶接の品質評価では、継ぎ目の位置を基準にホールやボアなどの欠陥を検出する手法が取られ、「ワンステージ検出器」により継ぎ目や欠損部を初期段階で検出する(図3)。

また高出力レーザによる材料との相互作用によって発生する放射は、UVからIRまで広い帯域にわたる。これらの放射は最新のフォトダイオード技術により非接触・高速・高感度でモニタリング可能となっている(図4)。

異常検出の比較では、1万箇所の溶接に対し、LWM(レーザ溶接モニタ)では陽性70件のうち真陽性6件、偽陽性64件、偽陰性4件であった。一方、オートエンコーダによる教師なし外れ値検出では陽性8件中、真陽性6件、偽陽性2件、偽陰性なしだった。AIベースの手法は、従来方式よりも高精度かつ誤検出が少ないことが示された。

Kogel-Hollacher氏は、特徴量ベ



図2 X線その場観察による緑色および青色レーザの比較

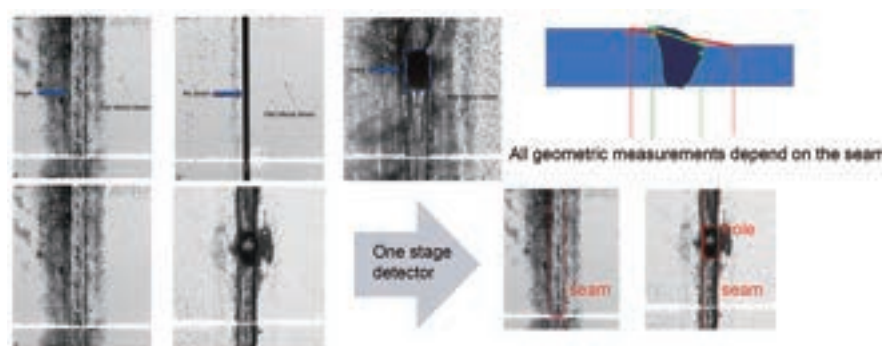


図3 ディープラーニングによる継ぎ目を基準としたホールやボアの検出

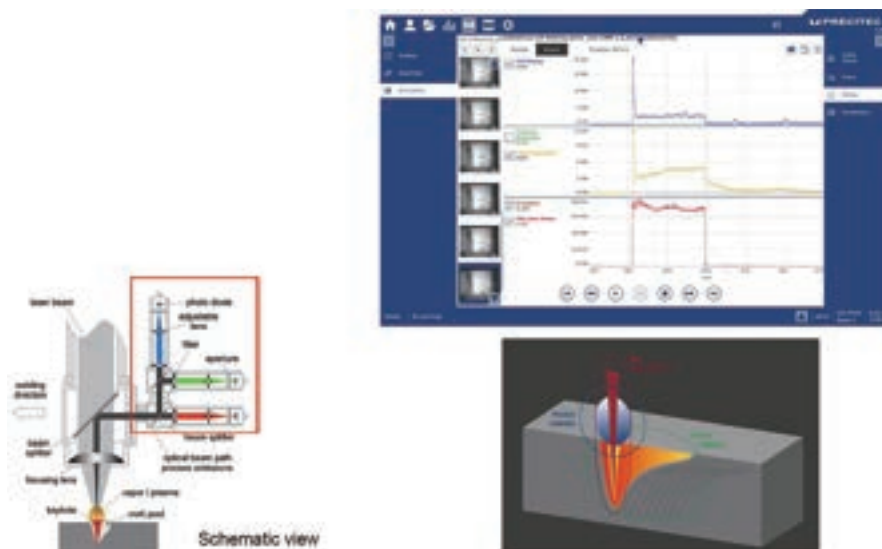


図4 フォトダイオードによる加工時放射の時系列変化の捕捉・保存・評価

スの手法が複雑な場合にAIが有効であること、センサ融合による深層モデルの実装が容易であることを指摘した。ラベル付けの負担や導入コストの高さを踏まえ、顧客が自社でモデルを改善できる環境の整備と、将来的なデ

ータの可用性に関する議論の必要性を強調した。またビーム成形技術を活用することでプロセスの堅牢性が向上し、AIへの依存度が低減されるとともに、決定係数の改善につながると述べた。