

<参考資料>

先端に真空を作り出すことで高品質なレーザ加工を実現するノズルを世界で初めて製品化

1. 概要

超短パルスレーザは高強度かつ材料に対する熱影響が少ないことから、レーザ加工分野の中ではスマートフォン部品や医療機器部品の精密加工に使用されています。超短パルスレーザの特徴は真空環境下では加工屑の付着が少なく、さらに高品質な加工が実現できることで、真空チャンバーを使用すると生産性を大きく損なうことが課題でした。

県工業技術センターは、真空チャンバーを使用することなく、大気雰囲気下で局所的な真空領域を作り出すノズルを世界に先駆けて開発し（平成 26 年度に特許を取得）、その後もノズル形状の改良により、100hPa（大気圧の 1/10）まで減圧することに成功しました。掃除機のような一般的な吸引ノズルは、大気圧の半分程度の減圧が限界ですが、開発したノズルは吸引ノズルの先端に高速な旋回流れを形成することにより非常に高い減圧効果を実現しました。このノズルを超短パルスレーザ加工に利用することにより大気中でも高品質な加工を実現することができ、この度、製品化に至りました。

今後、本ノズルは、県と実施許諾契約を結んだ吉岡幸(株)（本社：福井市）が、福井県の特徴である恐竜にちなんで“トリケラノズル”の製品名で販売します。本製品は3つの噴出口から高速な気体を吹き出すことで従来にない巨大な吸引力を生み出すことが特徴であることから、同じく3つの角をもつトリケラトプスの名前を冠した名称となっています。

吉岡幸(株)は、北陸を中心に工作機械や機械工具の販売を行っていましたが、自社製品が少なかったため、本ノズルのような県内の優れた技術を同社で製品化し、全国に展開していくことを計画しています。

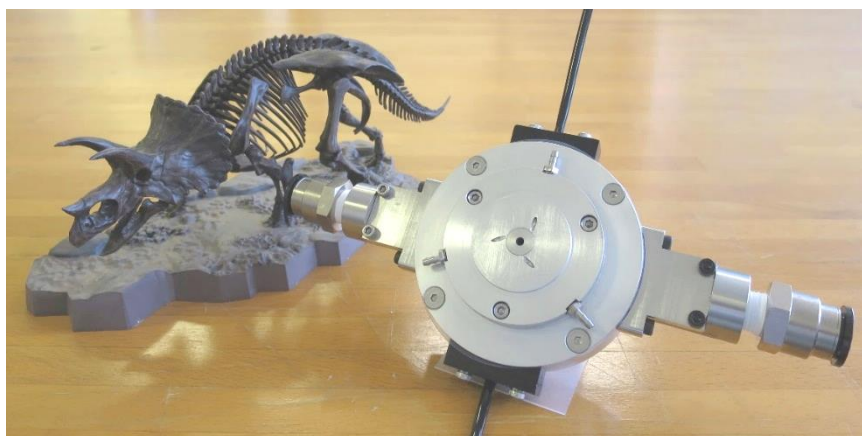


図1 旋回吸引ノズル“トリケラノズル”の外観（図右側）

2. 旋回吸引ノズル“トリケラノズル”

(1) 従来の課題

流体の性質として、流れの速度が速くなると圧力が低下しますが、吸引口を通過する気体の速度は音速が上限であり、このときの減圧効果が最大となります。掃除機のような一般的な吸引ノズルでは、吸引口直下で、圧力が 535hPa（大気圧の 1/2 程度）になり、どんなに高性能な真空ポンプを接続しても、これが減圧できる限界の圧力になります。さらに、吸引口から対象物が離れると、対象物表面の圧力は急速に大気圧まで増加します。これはノズル中央部で流れが衝突し、流れの速度がゼロとなるよどみ点が発生し、減圧効果を得ることができなくなるためです。

(2) 特徴

本ノズルは底面に 3 つの吹き出し口と 1 つの吸引口を備えており、吸引口近傍の気体を旋回しながら吸い込むことで、ノズル中心付近の気体は遠心力により外側に遠ざけられるため、中心部の気体は希薄となっていく、最終的に真空ポンプに接続されているノズルの内部空間と同等

の真空状態を得ることができ、真空ポンプの性能限界まで減圧することが可能になります。

上記の課題解決にあたり、竜巻や台風などの旋回流れは、中心部でよどみ点が発生せず、遠心力により中心圧力を低下させる性質があるため、この流れに着目しました。しかし、単純吸引の場合は1次元な流れのため理論解析により流れの全貌が明らかなのに対し、旋回流れは3次元な流れ場になるため、複雑な解析が必要であり、高速な旋回流れの発生条件は不明でした。吸引口の周辺に旋回のためのガイド溝を設けることで遅い旋回流は形成できますが、旋回流を可能な限り高速化し、遠心力を最大化するためには、気体の吸引と吹き出しの2つを組み合わせる必要があることを流体のシミュレーション技術を活用することで、明らかにしました(図2)。この解析条件に基づいて試作した実機での評価実験において、中心部の圧力が最大で93.5hPa(大気圧の1/10)まで減圧することに成功しました(図3)。

レーザ加工に本ノズルを用いる際に、レーザ光を本ノズルの中心軸を通るように照射することで、レーザ光の照射領域のみを局所的に減圧し真空領域にすることができるようになり、高品質なレーザ加工が実現できます。

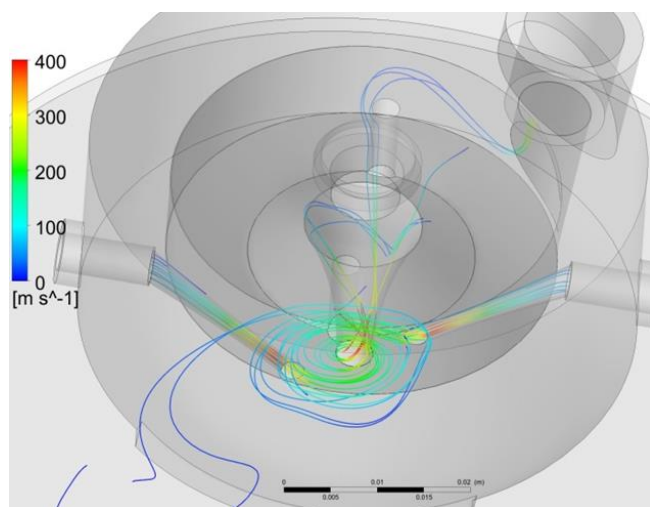


図2 流れのシミュレーション結果(噴出口:2)

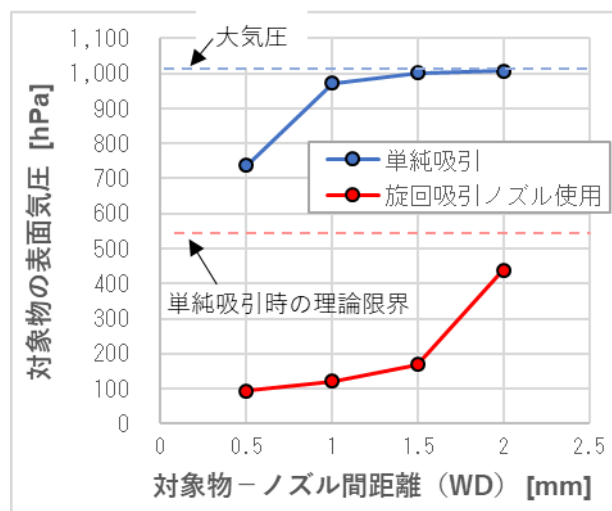
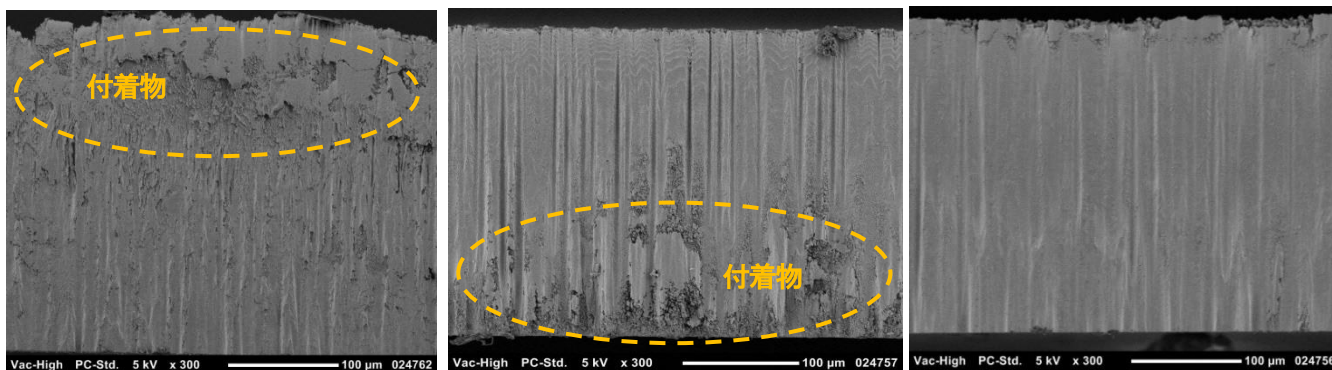


図3 実機による減圧性能の計測結果

(3) レーザ加工結果

サブナノ秒レーザによる切断に関して、一般的にレーザ加工で用いられるエア吹き出しノズル、単純吸引ノズル、旋回吸引ノズルの比較を行った結果を図4に示します。エア吹き出しノズルでは切断面上部に加工屑が付着しており、単純吸引では吸引力が不足しており、断面下部に加工屑が残っていますが、旋回吸引ノズルを用いた場合は全面的に加工屑の付着がないきれいな切断面が得られています。



(a) エア吹き出しノズル

(b) 単純吸引ノズル

(c) 旋回吸引ノズル

図4 各ノズルを使用した際の切断面の比較(対象:厚みが0.3mmのステンレス板)