

超音速パルスプラズマジェットの開発とシュリーレン法による流速測定

Development of supersonic pulsed plasma jet source and flow velocity measurement by Schlieren method

東工大未来研¹, 東工大フロンティア研²

○小笠原 大介¹, 川野 浩明¹, 宮原 秀一¹, 佐藤 千明², 沖野 晃俊¹

Tokyo Tech FIRST¹, Tokyo Tech MSL²

○Daisuke Ogasawara¹, Hiroaki Kawano¹, Hidekazu Miyahara¹, Chiaki Sato², Akitoshi Okino¹

E-mail: ogasawara@plasma.es.titech.ac.jp

大気圧低温プラズマは真空容器を必要とせず、高密度のプラズマによるリモート処理が可能であるため、材料表面の親水化や接着力の向上などに広く使用されている。その表面処理効果はプラズマ中で生成された活性種が材料表面と反応することで現れるが、活性種は化学的反応性が高く、生成した直後から周辺の空気等と反応して短時間で失活する。このため、従来のリモートプラズマは数 mm 程度の短距離の表面しか有効に処理できず、また、処理速度にも制約があった。

そこで発表者らは、遠距離の表面処理や高速な表面処理を実現するため、超音速パルスプラズマジェットを開発した。この装置では、高密度なプラズマをパルス状の高速ガス流で処理対象に輸送し、短時間で表面処理に到達させる。これにより、プラズマ中で生成された高密度な活性種を失活する前に遠方の表面に照射できる。近距離の場合には、より多くの活性種を表面に到達させる事が可能なため、高速な表面処理が期待できる。放電部は、絶縁体である厚さ 2 mm のセラミックス板を 2 枚の厚さ 2 mm の銅板電極で挟み、中心に直径 1 mm の穴を開けた構造とし、16 kHz, 9 kV の交流電圧を電極間に印加してプラズマを生成した。高速ガス流は高圧ガスのバルブを 100 ミリ秒間開くことで発生させた。

開発した装置のプラズマの噴出速度を調べるため、シュリーレン法によるガス流速の測定を行った。3 L/min の窒素ガスで高密度なプラズマを生成しておき、0.5 MPa の高圧ガスのバルブを 1 Hz で開閉して高速の窒素プラズマ流を生成した。プラズマの流速はシュリーレン装置 (SS50 II-L, カトウ光研) を用いて測定した。Fig. 1 に、バルブ開放から 5 ミリ秒後のシュリーレン画像を示す。開発した装置では、高速ガス流でプラズマを噴出した時に超音速由来のショックダイヤモンドと呼ばれる衝撃波が観察された。マッハ数推定式 ($\text{マッハ数} = 1/\sin\alpha_1$) をもとに衝撃波角 α_1 の角度からマッハ数を求めた結果、ガス流速は最大でマッハ 1.4 (約 490 m/s) となり、プラズマ噴出口から約 10 mm の位置まで超音速を維持していることが明らかとなった。また、ガス流速の立ち上がり時間つまりバルブ開放からマッハ 1.4 になる時間は約 5 ミリ秒であった。発表では、超音速ガス流を発生させる際のガス種がガス流速や表面処理効果に与える影響を調査した結果についても報告する。

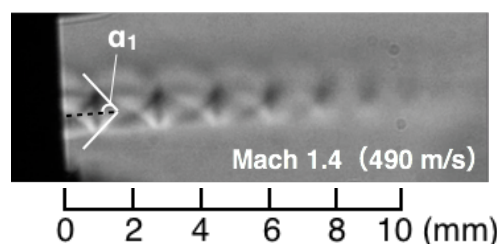


Fig. 1 Schlieren image of supersonic plasma jet