

News Release

報道関係者各位

微小口径金属管内での低圧・高密度プラズマ生成に成功

- 困難とされていた小型機械部品の微小深穴内面プラズマ処理に可能性 -

【新規発表事項】

名古屋大学（名古屋市千種区，総長：平野 眞一）は，直径2～7.5 mmという微小な金属管内面に沿って定常的に高密度（電子密度 $> 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ）プラズマを生成することに成功しました。従来，様々なプラズマ援用表面処理（DLC成膜，プラズマCVD，プラズマ浸炭，プラズマ窒化）が開発されてきたものの，mmサイズ微小深穴（深さ/開口 > 1 となるような凹部/円筒内部）内面の処理に難がありました。即ち我々の開発したプラズマ生成法を上記のプラズマ援用表面処理と組み合わせれば，いままでより微小な深穴内部を均一かつ高速にプラズマ処理できるようになります。一般に小型機械部品はそのような微小深穴を有する事が多く，よって本技術は小型機械部品のプラズマ表面処理に最適であると考えています。具体的には，マイクロ金型の深穴部と成形品との離型性を向上したり，金型深穴部の耐磨耗性を向上したり，小型機械部品上に形成された深穴部の摺動特性を向上したりするためのプラズマ表面処理（例：DLC成膜）に用いられると期待されています。

【背景】

機械部品や金型等の立体物に低圧プラズマ処理を施すには，プラズマが円筒内面や凹部等の複雑形状に左右されず表面に均一に作用する必要があります。そこでこれまでは，直交流電圧（場合によってはそれらのパルス）を被処理物に印加し，形状に沿って均一に生成されるグロー放電プラズマが用いられてきました。しかしながら電圧印加によって生成されるプラズマの電子密度は低く（電子密度 $< 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ），低密度プラズマが微小ギャップ間に存在できないという物理的制約により，従来法では開口サイズ8 mm程度以下の微小深穴内面の処理が困難でした。対策として高密度プラズマ（電子密度 $> 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ）を深穴外部から内部へ拡散輸送しようとしても，開口サイズと同程度の浅い部位までしかプラズマが達しません。よって微小深穴内面の均一プラズマ処理には，高密度プラズマを穴内部で直接生成する技術が必要でした。

【訴求点】

研究チームは“負電位にある金属面に沿ってマイクロ波を伝搬させ，当該面で高密度プラズマを生成する技術”を有していました（特許出願，論文出版済み）。その技術を利用し，マイクロ波を微小深穴内面に沿って伝搬進入させ，高密度プラズマ（電子密度 $> 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ）を穴内部で直接生成することに成功しました。実験では，所定のプロセス圧力（10～100 Pa）に保った真空チャンバー内に金属製チューブを配置し，円管を負電位（0～-150 V）にバイアスしつつその一端からマイクロ波投入を行いました。同じ装置で直径2～7.5 mm，長さ50 mmのステンレス鋼製チューブを用いた実験を行い，いずれの場合に於いても 10^{11} cm^{-3} を超える電子密度の高

密度プラズマ柱が穴内部に生成されました。さらに管軸が自由に曲がっていても良いことも確認されました。本結果は、同大4年生 飯田 斉, 助手 上坂 裕之 [機械理工学専攻 生産プロセス工学グループ (主催者: 梅原 徳次 教授)] らによる研究成果です。

【今後】

現在、研究チームは炭素系薄膜の原料ガス(水素, メタン, テトラメチルシラン, アルゴン, 窒素)を用いることで、微小深穴をモデル化したステンレス鋼製チューブ内面への窒化層形成/DLC 成膜実験を行っています。モデルチューブ内面での均一かつ良質な硬質層/コーティング膜形成に成功した段階で、実際のマイクロ金型深穴部への処理を行い、金型寿命延長効果を検証する予定です。さらに将来は開口サイズがサブミリメートルの超微小深穴への本技術適用を目指します。これらを達成する上で、共同開発パートナーを募集し、以下の技術開発を行っていく予定です。

- 微小深穴をモデル化したステンレス鋼製ストレートチューブ内面への均一 DLC 成膜。(及びその他機能性表面形成: 例, プラズマ窒化, プラズマ浸炭)
- 微小深穴をモデル化したステンレス鋼製曲がりチューブ内面への均一 DLC 成膜。(及びその他機能性表面形成: 例, プラズマ窒化, プラズマ浸炭)
- 微小深穴を有するマイクロ金型の穴内面への均一 DLC 成膜, 及び耐磨耗性向上による金型延命効果の検証。
- 上記を達成することのできるプラズマ表面処理装置の開発/実用化/販売
- そのようなプラズマ表面処理装置の小型化(特にマイクロ波源の小型化)

【備考】

本成果は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 産業技術研究助成事業による研究成果です。

< 本件に関するお問い合わせ >

名古屋大学 生産プロセス工学グループ 上坂

TEL/FAX : 052-789-2787 E-mail : kousaka@mech.nagoya-u.ac.jp

URL : <http://huga.ume.mech.nagoya-u.ac.jp>
