

第十回 プラズマによる材料表面の機械的応答特性制御 上坂裕之

2022年7月9日(土) 9:00～ モデレータ 豊田 浩孝

概要

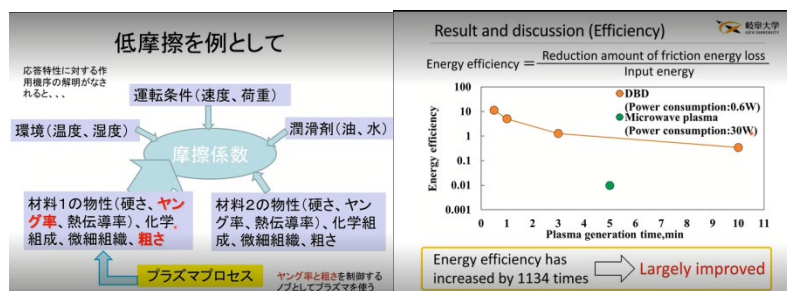
摩擦や付着などの、相対運動する2材料間の機械的応答特性制御にプラズマを有効活用した事例を紹介した。

1. ゴムの低付着化 : 金属と接するゴム(塩素化ブチルゴム)に酸素プラズマを照射することで、表面に粗い凹凸が形成し、また表面から50ミクロンレベルの深さでヤング率が増加し、真実接触面積が下がることで付着力が低下する。

2. Si含有ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜による射出成型樹脂付着の抑制 : プラスチック部品をつくる方法に、金型を200°C程度に加熱して熔融したプラスチックを充填する射出成型方法がとられる。プラスチック原料を金型に射出する部分はスプールと呼ばれ、この部分が詰まってしまうと、切れ端を取り除く作業が発生し、ライン作業が止まってしまう。このスプール部分に、Si含有DLC膜をプラズマ促進化学気相成長(PECVD)で製膜しておくことで、付着が押さえられ詰まりが軽減する。

3. DLC高速製膜 : 機械切削・研削・孔開け工具の表面には低摩擦係数が得られ、さらに高硬度や耐摩耗性などの特性が向上するDLC膜を製膜する要求がある。工具は複雑な3次元形状をしていることが多い。そのため、工具が収まる容器に入れ、真空引きをして、原料ガスを封入してから、工具に直流(DC)の高電圧を掛けると、うっすらとDCプラズマの堆積ができる。同時にマイクロ波1kW、500Hzを印加することで、工具の温度が270°C以上に上がり、プラズマ密度が10の11乗立方cmレベルにまで2桁上昇する。この原理は、DCプラズマと工具の間にできたイオンシース部にマイクロ波が伝搬し、表面波の機構でプラズマ生成が起きるため、この手法はMicrowave-sheath voltage combination plasma(MVP)法と呼ばれる。小ロット生産方式に適しており、工具を一つずつ最適な手法で生産することが実現する。

4. プラズマ支援潤滑 : 機械では摺り合う部分での低摩擦化がエネルギー効率を上げ、摩擦は接触する材料の物性、硬さ、ヤング率、熱伝導率、化学組成など、運転条件速度と荷重などによっても変わってくる。機械が摺り出し始めた直後には摩擦が高く、しばらくしてから摩擦が低下する「なじみ」過程が見られる。通常は、水や油などの潤滑剤を界面に挟むことで摩擦低減が実現するが、「なじみ」過程に表面に誘電体バリア放電(DBD)を3分だけ処理した後で、短い馴染み時間で早く摩擦が低下することが発見された。マイクロ波プラズマと比べてDBD処理は100倍以上効率的で、放電に費やした電力に対する、摩擦損失低減により利得したエネルギーの比率が、DBDでは1を超えうることが示された。



機械的応答特性の変化・改善機序の解明、その重要な影響因子の特定、そのうちプラズマプロセス自体をノブとして、制御可能な因子に重点を置いて研究遂行を目指している。