高分子材料への DLC 膜の形成とトライボロジー評価 Tribological properties of DLC films deposited on polymers

○松本 良平*, 尾関 和秀**, 平栗 健二***, 福井 康裕***

* 東京電機大学理工学研究科

** 茨城大学工学部

*** 東京電機大学理工学部

Ryohei Matsumoto, Dept of Electric & Computer Engineering, School of Science & Engineering, Tokyo Denki University

Kazuhide Ozeki, Dept. of Mechanical Engineering, Ibaraki University

Kenji Hirakuri, Dept. of Electric & Computer Engineering, Tokyo Denki University

Yasuhiro Fukui, Dept. of Electric & Computer Engineering, Tokyo Denki University

1. まえがき

高分子材料であるポリメタクリル酸メチル (Poly-methylmethacrylate: PMMA) は、表面硬度、耐衝撃性、透明性を有することから、工業材料分野や生体材料分野などに利用されている⁽¹⁾。また、ポリカーボネート (Polycarbonate: PC) は機械材料、生体材料部品として加工性、耐衝撃性、光透過性が活用されている。しかし、これらの高分子材料は磨耗性、腐食性、熱強度に劣るという欠点がある。一方、ダイヤモンド状炭素 (Diamond-like carbon: DLC) 膜は、生体適合性、化学的安定性、低摩擦係数に優れた特性を有することから、幅広い分野で応用されている⁽²⁾。そこで、本研究では化学的気相成長 (Chemical vapor deposition: CVD) 法により、DLC 膜を保護膜として高分子材料上に堆積した。堆積後、生理食塩水中に試料を浸漬し、耐久性を評価した。さらに、摺動性評価では Ball-on disc 試験を用い、溶液中への浸漬前後で高分子材料表面の観察、及びヤング率の測定を行った。

2. 実験

2.1 膜の形成

高分子材と DLC 膜との密着性の向上させるために、材料表面の改質 (組成変化) を酸素 (O_2) プラズマ処理により行った。 O_2 プラズマは、高周波プラズマ装置 (PED-401; ANELVA 社製) を用いて発生させた。チャンパー内圧力は 13 [Pa] とし、印加電力を 250 [W] 一定として 2 分間、基板の表面改質を行った。その後、メタン (CH_4) ガスを流入し、成膜時間を 3 分として、DLC コーティングを施した。

2.2 浸漬試験

O_2 プラズマ処理を行った PMMA 基板と処理を行っていない PMMA 基板に前述の DLC 薄膜をコートした。これらの試料と処理を行っていない PMMA 基板を浸漬試験に用いた。浸漬試験条件は 60 [°C] の生理食塩水に試料を浸し、10 日間保持した。上記の試料を 3 点曲げ試験機を用い、ヤング率の比較を行った。また、光学顕微鏡を用い浸漬前後での PMMA 材料表面の形状変化を観測した。

2.3 Ball-on disc 試験

O_2 プラズマ処理を行った DLC/PMMA、未処理の DLC/PMMA および無垢の PMMA の 3 種類を用意し、Ball-on disc 試験を行った。試料を回転ディスク上にテープで固定させ、回転ディスクを 120 [rpm] 一定で回転させた。また、回転ディスク上部のアーム先端に摺動面となるステンレス球を設置し、垂直方向に一定負荷で試料上に固定した。摺動実験を 2 分行った後、試料表面の状態を光学顕微鏡により観察した。

3. 結果および考察

3.1 浸漬試験前後の表面観察

浸漬試験前後で比較した光学顕微鏡像を図 1, 2 に示す。浸

漬前の基板において、図 1-(b) では多数のクラックが確認された。これは、PMMA 基板に対する DLC 薄膜の付着強度が低いためと考えられる。 O_2 プラズマ処理を行った図 1-(c) の場合にはクラックは観測されず、平滑な表面が観測された。一方、浸漬後の基板において、浸漬前に観測されたクラック部分が影響を及ぼした大きなクラックと無数の小さなクラックが観測された (図 2-(b))。しかし、 O_2 処理後 DLC を堆積した試料 (図 2-(c)) ではクラックは観測されなかった。これらのことより、浸漬前にできたクラックが大きな膜の剥離の要因になっていることが考えられる。また、 O_2 プラズマ処理を行うことで、PMMA と DLC の密着性が向上したことにより、強固で良質な DLC 膜が堆積したと考えられる。

図 1 浸漬試験前の PMMA 基板

Fig. 1 Micrographs of the samples before the immersion test. (a) PMMA, (b) DLC/PMMA without pre-treatment and (c) DLC/PMMA with pre-treatment.

図 2 浸漬試験後の PMMA 基板

Fig. 2 Micrographs of the samples after the immersion test. (a) PMMA, (b) DLC/PMMA without pre-treatment and (c) DLC/PMMA with pre-treatment.

4. まとめ

プラズマ CVD 法を用い、高分子材料上に DLC コーティングを施した。その試料を使用し、浸漬試験と Ball-on disc 試験により耐久性評価を行った。 O_2 プラズマ前処理を施し DLC コートすることで、PMMA 材の生理食塩水に対する耐久性の向上が確認された。また、摺動性試験でも特性の向上が示唆された。

5. 参考文献

- (1) 大石不二夫：高分子材料の耐久性，工業調査会，1993
- (2) 高分子学会高分子表面学会編：高分子表面技術，1998