

ズームカメラ用OリングへのフレキシブルDLC コートの適用

日本アイティエフ(株) 技術部 (正) 中東孝浩
 オリンパス光学工業(株) 生産技術研究所 (正) 井浦重美、EMC 製造部 技術 G (正) 駒村秀幸
 住友電気工業(株) ハイブリッド製品事業部 (正) 石橋義行

1. はじめに

DLC (Diamond Like Carbon) は、各種コーティング材料の中で、最も低い摩擦係数を有し、相手攻撃性も小さいことから、摺動部品で実用化が進められており、混合温水栓¹⁾はこれらの製品の中で最も生産数が多いDLCのアプリケーションに成長した。しかしながら、これまで開発された対象製品は、DLC特有の大きな内部応力のため、基材が、金属・セラミックス等の高硬度を有する基材に限定されていた。さらに、昨今の環境問題の中で、ユーザーからは、樹脂・ゴム等の高分子基材の摩擦・摩耗改善をオイル・パウダーレスで実現してほしいとの要請が高まってきた。

本稿では、樹脂・ゴム等の変形が可能な高分子基材に基材変形時においても膜剥れを生じにくいフレキシブルDLC薄膜をズームカメラ用Oリング(35mmコンパクトフィルムカメラ)に適用した。この開発経緯とその適用効果について報告する。

2. DLCの製法

DLCは、ダイヤモンドの自立膜を開発していた際の副産物として生まれたといわれている。DLCは、1970代のはじめにAisenbergらによってイオンビーム蒸着法により合成されたのが最初である²⁾。その後、Voraらにより、プラズマ分解蒸着法により形成が試みられた³⁾。代表的なDLC製法を図1に示す。

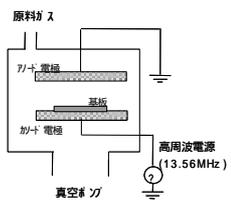
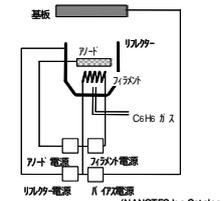
製法	日本アイティエフ株式会社 高周波(13.56MHz)プラズマCVD法	イオン化蒸着法
成膜原理		
成膜原料	CH ₄ (メタン)	C ₆ H ₆ (ベンゼン)
成膜温度	<200	<200
水素含有量	30 ~ 40 atm%	~15 atm%
ヌーブ硬度	Hk = 1,500 ~ 2,000	Hk = 2,000 ~ 2,500
密着性	(導体 ~ 絶縁体)	(導体)
摩擦摩耗特性	0.05-0.2	0.1-0.2
平面平滑性	0.002 ~ 0.01 μm	0.01 ~ 0.1 μm

図1 代表的なDLCの形成方法

現在生産では、高周波プラズマ法とイオン化蒸着法が主に用いられている。この両者の違いは、高周波プラズマ法は、メタンガスを原料に使い、容量結合型のプラズマ電極を用いて成膜が行わ

れる。膜質は、膜中水素が多いため、平滑性に優れ、摩擦係数も小さいが、若干硬度が低いと言われている。一方、イオン化蒸着法は、原料にベンゼンを用い、イオン化した炭化水素を直流で加速するため、膜中から水素がたたき出され、膜が硬くなるが、若干面粗度が悪くなるといわれている。このため、高周波プラズマ法は、摺動用途に向き、イオン化蒸着法は、金型や刃物等に用いられている。しかし、用途によっては、これらの欠点と思われる点は大きな問題とはされず、すでに量産で用いられている製品も少なくない。特に、基材が絶縁物の場合は、高周波プラズマ法がチャージアップを起こしにくく多用されている。

3. 高分子材料へのフレキシブルDLCの開発

ゴム・樹脂といった高分子材料の表面潤滑性を改善するには、従来、油脂を塗布・添加していた。当然、油脂がきれると、次第に摩擦係数が大きくなるなどの弊害が出てくる。例えば、自動車の前面ワイパーが半年ほどで鳴き出す。ゴム部品・製品が、相手材と固着したりする。我々は、こうした弊害を起こす元になる油脂などの添加剤をなくせないかと考えた。

DLCの持つ特徴を生かしながら、ゴム・樹脂といった高分子材料へのコーティングを進めた。本技術は、昨今の環境問題の中で、樹脂・ゴム等の高分子基材の摩擦・摩耗改善をオイル・パウダーレスで実現する技術で、この技術を完成するため、3つの課題解決に取り組んだ。第1番目の低温処理を達成するために、変調プラズマ化学気相蒸着法を用い60℃以下の処理を可能にした。第2の溶剤洗浄レスを達成するために、膨潤や油脂の溶けだしを防ぐため、プラズマによる洗浄を採用した。第3の基材変形への追従を達成するために、DLCでありながら結合の仕方を変え、基材変形を許す構造とした。このフレキシビリティを達成するため開発されたのが、フレキシブルDLCTMコートである⁴⁾⁵⁾。この技術が世にでたのは、1997年のことだった。

4. フレキシブルDLCの特徴とカメラ用Oリングへの検討

フレキシブルDLC膜は、摩擦が少ない(摩擦係数0.25以下)、摩耗が少ない(テフロンより小さい)、撥水性が高い(水の接触角90°)、絶縁特性が良い(表面抵抗10¹⁴ Ω/cm²台)、基材伸縮による膜剥れがおきにくい、成膜温度が、60℃以下と低温等の特徴を持つことが分か

(社)日本トイブ[®]学会トイブ[®]会議予稿集(東京2002-5)

った。日本アイ・ティ・エフ(株)は、この技術の拡販を目指し、1997年からマーケティングサーベイを開始した。しかし、DLCとは硬いイメージが強く、高分子の上にDLCは成膜できないのではとの先入観からなかなか適用案件が見出せないうでいた。

1997年の年末、オリンパス光学工業(株)の開発者が、ふと雑誌の記事に目を止めた⁶⁾。この記事が本当なら、次世代のズームカメラ用Oリング向けコーティングとして使えるのではと考えた。ここから、3社の共同開発が始まった。

5. 鏡枠のZOOM部の構造とOリングに求められる基本的な機能

Oリングは特にZOOM機種における鏡枠部を構成する枠部品(2~3点)の隙間に配置され、枠に保持力を与え光の透過を防止し更に水の進入を防止(JIS保護等級4級防まつ形)所定の力量にてスムーズな枠の繰り出し及び戻し動作(直動・回転)が求められる。図2に鏡枠の構造を示す。

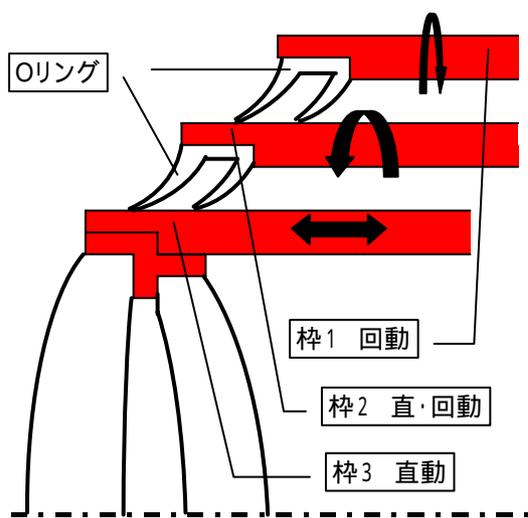


図2 鏡枠の基本構造

これらの機能をクリアするためOリング基材はゴム状の弾性体を使用しており、表面には摺動性を付加するための処理が必要となる。尚、表面処理により機材の弾性力(枠との追従性)を損なわないことが必須条件となる。また、ズーム時の枠表面との摩擦力による表面処理(コート)の密着性・耐久性もカメラの信頼性上必要不可欠である。表面処理(コート)面は枠表面との追従(密閉)を損なうような異物・ゴミの付着は主機能である光漏れ防止に影響するため、安定した平滑面を得る表面処理法が最も有力となる。

6. 従来の表面処理法での課題とフレキシブルDLCの適用による効果、性能への影響

従来のOリングへの表面処理は、スプレー方式

によるコーティングを採用していた。製品機能上(前項記述)部品に求められる要求特性が非常に厳しいことより、部品加工工程での品質の維持管理が難しく後工程(組立)への不良品流出が問題となっていた。

主な不具合項目として 塗装膜厚・範囲のバラツキによる摺動不具合、塗装不可範囲(外周)への塗装回り込みによる接着不具合、塗装時のゴミ・ケバ付着による鏡枠へのキズ不具合がある。これらの不具合は組立工程の機能チェックにて検出はされるものの、組立作業性への影響・組立再作業ロス等慢性的な課題として対策を求められていた。

これらの課題をクリアすべく、非常に安定した成膜を可能とする本件(フレキシブルDLCコート)の採用により、組み立て工程での不具合発生は、生産開始より一年以上を経過した今日まで「ゼロ」を維持している。また、フレキシブルDLCの膜の保有する性質より、従来を上回る耐摩耗性が確保され信頼性向上につながった。

7. まとめ

フレキシブルDLC膜は、摩擦が少ない(摩擦係数0.25以下)、摩耗が少ない(テフロンより小さい)、撥水性が高い(水の接触角90°)、絶縁特性が良い(表面抵抗 10^{14} /cm²台)、基材伸縮による膜剥れがおきにくい、成膜温度が、60以下と低温等の特徴を持つ。これらの特長と、ズームカメラ用Oリング(35mmコンパクトフィルムカメラ)の求める性能がマッチし、適用の検討が行われた。

従来のテフロン系コートでは、塗膜膜厚の不安定要素・必要範囲の不安定要素による摺動不良(組立工程内でのトラブル)が発生しやすかった。また、コーティング工程におけるゴミ・ケバ不良(コーティング時の異物の混入)等の問題があった。フレキシブルDLCが適用された35mmフィルムカメラは、2001年3月の発売からすでに約40万台が出荷されているが、組立て時、出荷後の本技術に起因する歩留まりは、100%を実現している。この実績が認められ、次期新製品への採用も予定されており、今後更なる拡大が期待される。

8. 文献

- 1) 桑山健太：トライボロジスト、42,6(1997)436
- 2) S. Aisenberg and R. Chabot: J. Appl. Phys., 42(1971)2953
- 3) H. Vora and T. J. Moravac: J. Appl. Phys., 52(1981)6151
- 4) 中東孝浩、村上泰夫、竹内上、緒方潔、浅儀典生、今井修：日本トライボロジー学会 春季講演会予稿(1998)366
- 5) フレキシブルDLC：日新電機(株)商標
- 6) 日経メカニカル 517,10(1997)19