

# プレス加工用金型への高耐久性 DLC 膜の成膜方法の検討

○中村 健太\*1)、森河 和雄\*2)、西村 信司\*2)、玉置 賢次\*1)

## 1. はじめに

地球環境保護の観点から、DLC を工具へ適用した絞り加工が行われている。ところが、DLC 工具の絞り性を、実機を用いずに簡易的に評価する方法は未だに確立されていない。本研究では、簡易的な評価方法として、スクラッチテストを用いた「単一方向摩擦試験」とトライボテストを用いた「繰り返し摩擦試験」を組み合わせることが適当と考え、簡易的な評価方法の妥当性を、実機を用いた絞り性の評価結果と比較しながら検証する。

## 2. 実験方法

DLC は、SKD11 製ディスクに CVD 法により成膜した。表面粗さは、鏡面研磨したディスクにショットブラスト加工を施すことで、算術平均粗さ (Ra) で  $0.002\mu\text{m}$  から  $1.2\mu\text{m}$  に調整した。単一方向摩擦試験は、 $1.6\times 10^{-4}\text{m/s}$  のスクラッチ速度の下、約 1 分かけて荷重を 0.3N から 100N に変化させる条件で行い、その摩擦面の状態を観察する。また、繰り返し摩擦試験は、 $0.1\text{m/s}$  の摺動速度の下、10N から 10 分毎に 10N ずつ荷重を足し、60N まで荷重を増やす条件で摩擦係数を測定する。一方、実機加工では、サーボパルス万能試験機を改造したのを用い、板厚 0.3mm の SUS304 を被加工材とした完全ドライ条件で、絞り比 1.73~2.08 (ダイスの穴径 30mm) の範囲で絞り性試験を行う。

## 3. 結果・考察

簡易的な評価方法の結果を表 1 と表 2 に示す。単一方向摩擦試験の記号は、試験による DLC 膜の剥離の有無を示している。また、繰り返し摩擦試験で示した荷重は、試験により得られる摩擦係数が、定常時の 0.07 ( $\pm 0.02$ ) よりも大きくなり始める荷重で、DLC の摩擦特性が低下して摩擦係数が大きくなったと判断し、当該荷重を限界荷重とした。

次いで、実機により絞り性を評価した結果を表 3 に示す。算術平均粗さが  $0.43\mu\text{m}$  のものでは絞り比 1.80 までの加工が可能で、 $0.002\mu\text{m}$  のものでは絞り比 2.08 までの加工が可能であった。

本研究では膜厚  $2\mu\text{m}$  を狙って DLC を成膜したために、表面の粗い基材では表面形状が残ったまま DLC が成膜された状態となっている。つまり、DLC を成膜しても、表面粗さよりも薄い膜厚では DLC 成膜の効果は得られにくく、DLC 成膜後の表面が平滑になるもので成膜の効果は得られやすいといえる。

## 4. まとめ

「単一方向摩擦試験」と「繰り返し摩擦試験」を組み合わせることで、実機絞り加工での摩擦特性を簡易的に評価できることが分かった。また、膜厚の薄い DLC を成膜するときは、基材の表面を平滑にすることで、摩擦特性に優れた DLC 膜を得られると考えられる。

表 1 単一方向摩擦試験の結果

Ra, $\mu\text{m}$	0.002	0.005	0.015	0.12	1.2
耐スクラッチ性	○	△	△	×	×

○:剥離なし、△:1 回だけ剥離、×:2 回とも剥離

表 2 繰り返し摩擦試験の結果

Ra, $\mu\text{m}$	0.002	0.005	0.015	0.12	1.2
限界荷重	30N	40N	30N	<10N	<10N

表 3 完全ドライ条件での絞り性試験の評価結果

ブランク直径,mm	50	52	54	56	58	60
絞り比	1.73	1.80	1.87	1.94	2.01	2.08
Ra= $0.43\mu\text{m}$	○	○	×	×	×	×
Ra= $0.002\mu\text{m}$	○	○	○	○	○	○

○:連続 5 枚の加工が可能、×:連続 5 枚の加工が不可能

\*1) 機械技術グループ、\*2) 高度分析開発セクター