

金属組織および表面の改質による DLC 膜の密着性向上

吉川光英^{*1)} 基昭夫^{*1)} 春名靖志^{*2)} 清水敬介^{*2)} 野村博朗^{*3)}

Adhesion improvement of DLC film by optimization of a material structure and surface condition

Mitsuhide Yoshikawa^{*1)}, Akio Motoi^{*1)}, Yasushi Haruna^{*2)}, Keisuke Shimizu^{*2)}, Hirorou Nomura^{*3)}

キーワード：ダイヤモンドライクカーボン，密着性，摩擦

Keywords : Diamond-like carbon, Adhesion, Tribology

1. はじめに

環境負荷低減にむけての施策は，京都議定書等を通じた世界に対する約束であり，それへ向けて多くの中小製造業においてもグリーン調達並びに環境対応製造技術の確立は大きな課題となっている。特に機器部品の製造を担うプレス成形加工では，使用されている潤滑油および加工後の洗浄のための溶剤や廃液の削減が課題となっており，塩素系洗浄剤の全廃等脱洗浄技術による環境負荷低減の洗浄レス潤滑技術の開発が急務となっている。DLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜は潤滑油に代わる固体潤滑膜として優れており，これまでに DLC 膜を用いたドライ加工技術の開発がなされ一定の成果が得られているが，なお密着性向上の課題が残っている⁽¹⁾。本研究では，DLC 膜の密着性向上を目的として基材組織の改善および浸炭・焼入れによる表面の改質を行なった結果を報告する。

2. 実験

2.1 基材の開発

炭化物が粗大化している現行金型材 SKD11 では，DLC 膜は高面圧条件下で基材表面から容易に剥離してしまう問題がある。そのため，クロム量を減じて炭化物を微細化した組織の基材開発を行った。この改良により高面圧を均一に分散して受け，DLC 膜の剥離を抑制することを試みた。

2.2 基材表面改質技術の開発

金型は焼入れして耐久性を高めているが，焼入れ金型にコーティングした DLC 膜は硬い超硬にコーティングした DLC 膜より耐久性が劣る。これは，金型材の摺動面が高荷重を受け塑性変形し，DLC 膜が剥離するためと考えられる。そこで，従来行われている焼入れに加え，浸炭を行い基材表面の硬度を高くした。摺動面に浸炭・焼入れ処理を行うことにより表面硬度を上げ，高荷重に耐性を持ち，膜の密着性を向上させることを試みた。

2.3 DLC 膜の密着性評価試験

2.1, 2.2 で開発した基材に中間層 A (活性金属)，中間層 B (高融点金属) を作成し，これに DLC をコーティングした試料 (図 1) を用いて，ボールオンディスク型摩擦試験装置により摩擦試験を行い，密着性を評価した。試験条件は，表 1 に示す。



図 1. 試料の断面模式図

表 1. 密着性評価試験条件

基材(ディスク)	寸法	36 × t 6
ボール	材質	SUJ2
	直径	1/4 inch
	個数	3 個
摩擦径		30 mm
摩擦速度		31 mm/s
垂直荷重		100, 200, 400, 600, 800, 1000N
摩擦距離		各荷重で 10m
雰囲気		大気中(24 °C・湿度 70% rh)
潤滑条件		無潤滑

3. 結果と考察

3.1 基材の開発

化学成分を調整し，炭化物を微細化した開発基材の金属組織と既存金型鋼 SKD11 の金属組織を図 2 に示す。図 2 (a) に示すように，既存の金型鋼 SKD11 は，その成分により製造の際の凝固時に粗大化した一次炭化物が析出し，

^{*1)} 城東支所

^{*2)} 山陽特殊製鋼株式会社

^{*3)} 松山技研株式会社

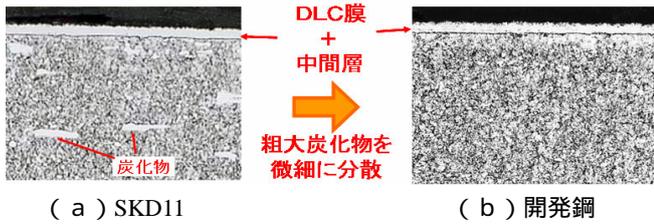


図2 基材の金属組織

その炭化物の硬さは高いが、その間のマトリクスは相対的に硬さが低い。そのため、マイクロ組織において硬さ分布に大きな不均一を生じ、加工時の荷重を均等に受けることができない。開発鋼は(b)に示すように炭化物が微細に析出しているために、硬さ分布にほとんど差がなく、加工時の荷重を均等に受けることができる。加工面圧によって基材が塑性変形すると変形能の小さいDLC膜との界面において亀裂が生じ、剥離の原因となる。このことから、開発鋼は、DLC膜の密着性向上に有効であると考えられる。

3.2 基材表面改質技術の開発

図3に焼入れを行なった試料と浸炭・焼入れを行った試料の断面硬さ分布を示す。従来行われている焼入れに加え、浸炭を行うことによって基材の硬度が100HV程度高くなっている。このことによって、加工時の高荷重に耐えコーティング膜の密着性向上には有効であると考えられる。

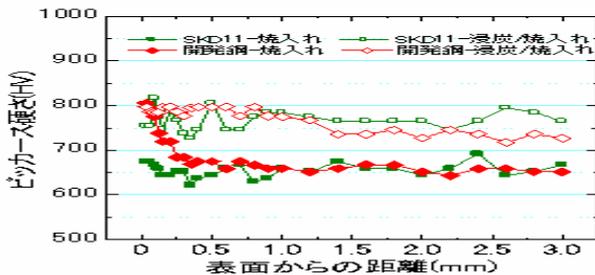
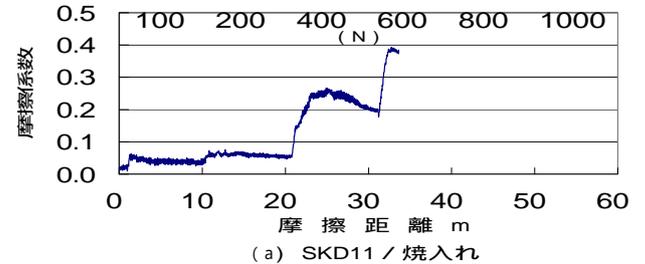


図3 試料断面の硬さ分布

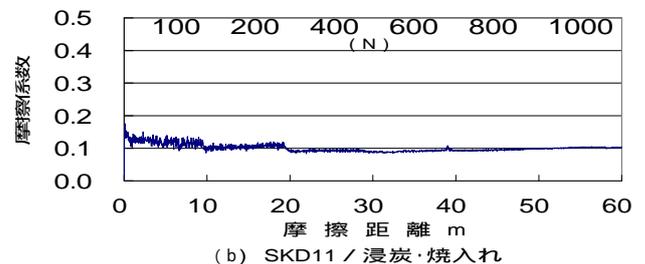
3.3 DLC膜の密着性評価試験

ポールオンディスク型摩擦試験機を用いて行ったDLC膜の密着性評価試験結果を図4に示す。実験は摩擦距離10mごとに荷重を増加させており、SKD11焼入れ材の場合は(a)に示すように20mを超えたあたりからDLC膜が剥離して摩擦係数が高くなっている。浸炭・焼入れしたものは(b)に示すように摩擦初期にやや高い摩擦係数を示すが、摩擦距離と負荷荷重の増加とともに摩擦係数の低下が認められ、1000Nの荷重まで充分耐えることができた。開発鋼の焼入れ材の場合は(c)に示すように摩擦距離20mあたりから摩擦係数の増加が認められるが、1000N荷重まで耐えることができ、浸炭・焼入れしたものは(d)に示すように摩擦初期にやや高い摩擦係数を示すが、摩擦距離と負荷荷重の増加とともに摩擦係数はやや低下し、1000Nの荷重まで充分耐えることができた。このことから、焼入れ材の場合、炭化物が粗大化した組織となるSKD11は高面圧には充分耐えられず、コーティングされたDLC膜の剥離

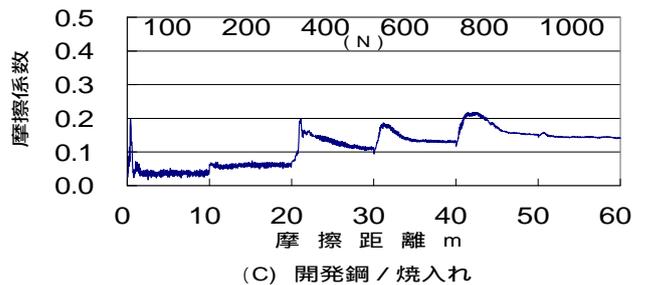
が生じると考えられる。一方、開発鋼は剥離には至らないと考えられ、基材炭化物の微細化はDLC膜の密着性向上に有効であることが示唆される。また、浸炭・焼入れによる表面改質を行なうことによって、SKD11と開発鋼のいずれも高面圧に十分耐えることができ、DLC膜の密着性向上に有効であることが認められた。



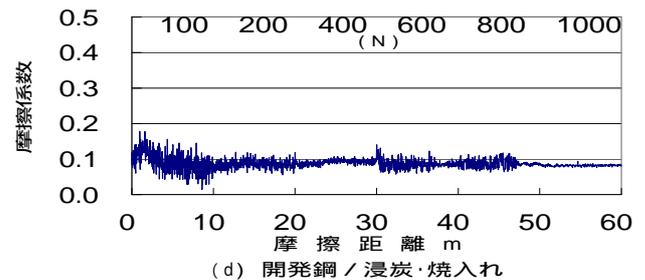
(a) SKD11 / 焼入れ



(b) SKD11 / 浸炭・焼入れ



(c) 開発鋼 / 焼入れ



(d) 開発鋼 / 浸炭・焼入れ

図4 DLC膜の摩擦試験結果

4. まとめ

金型鋼基材組織の炭化物の微細化、浸炭・焼入れによる表面硬化処理を行なうことによって、DLC膜の密着性向上に効果が認められた。

(平成19年7月2日受付, 平成19年9月19日再受付)

文献

- (1) 片岡征二, 森河和雄, 基昭夫, 村川正夫, 野口裕之, 神雅彦: ドライ加工を目的としたDLC膜の密着性向上, 第53回塑性加工連合講演会講演論文集, 295 (2002)