

## 研究論文

## 高速度工具鋼に被膜した DLC 膜の密着性に及ぼす軟窒化処理の影響

† 菊池佑介\*, 花井 亮\*, 城谷友保\*, 坂本幸弘\*\*

## Effects of Nitrocarburized Processing on the Adhesion Strength of DLC Film Coated on High Speed Tool Steel Substrates

by

† Yusuke KIKUCHI\*, Ryo HANAI\*, Tomoyasu SHIROYA\*, and Yukihiro SAKAMOTO\*\*

(Received Nov. 19, 2015; Accepted Jan. 27, 2016)

## Abstract

Diamond-like carbon (DLC) is used for mechanical application because of its good tribological property and high hardness. However, one of the major issues is the poor adhesion strength between DLC films and the steel substrate. To obtain a higher adhesion strength, many efforts were tried. Among them, one of the best methods to solve the problem is duplex coating, which is a combination of surface modification and thin film deposition. Radical nitriding is suitable for pretreatment of duplex coating, since it makes possible to increase the surface hardness, while maintaining the roughnesses of the initial surface. In this study, to improve the adhesion strength between SKH51 and DLC films, plasma nitrocarburizing treated on the nitrogen diffusion layer by radical nitriding. The results indicated that plasma nitrocarburizing after radical nitriding was formed carbon diffused layer over the nitrogen diffused layer. Although hardness was decreased, adhesion strength was improved by plasma nitrocarburizing after radical nitriding.

**Keywords:** Duplex coating, DLC Adhesion, Nitriding, Nitrocarburizing

## 1. 緒言

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜は、すぐれた機械的特性およびトライボロジー特性を有しているが、工具鋼やダイス鋼等の鉄鋼材料との密着性が課題となっている。現在、密着性を改善するため Si, Cr, Ti を利用した中間層の形成および浸炭や窒化などの表面改質を組み合わせた複合硬化処理法が施されている<sup>1)-4)</sup>。

また、中間層を形成せずにイオン注入法、プラズマ浸炭法、ラジカル窒化法および軟窒化法などの表面改質法のみを利

用して高速度工具鋼表面を改質することで DLC 膜との密着性が向上したことが報告されている<sup>5)-10)</sup>。

このラジカル窒化法は数 Pa 程度の圧力の水素-アンモニアガスの混合ガス雰囲気内の炉内で、炉壁と処理物の間にグロー放電により発生した、活性な NH を用いて試料表面より拡散させて、窒化処理を行う。このため、ラジカル窒化法はプラズマ窒化法に比べイオンによるダメージが低く試料の表面粗度を維持しながら密着性に悪影響をおよぼす化合物層を形成することなく硬度の上昇が可能であるため、複合硬化処理として最適な前処理法の一つである<sup>11)-13)</sup>。

このラジカル窒化を施した後に軟窒化により炭窒化層を形成した試料と DLC 膜との密着性については検討されておらず、DLC 膜の複合硬化処理の前処理として同一チャンバー内で窒化処理後に軟窒化処理を施すことで高速度工具鋼表面に炭窒化層を形成し、密着性が改善出来ることが考えられる。また、表面改質法は CVD や PVD に比べ価格が抑えられ<sup>14)</sup>、さらに同一チャンバー内で処理することによ

平成 27 年 11 月 19 日受付

\* 千葉工業大学大学院: 千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
TEL 047-478-0516 FAX 047-478-0516  
s1021108@s.chibakoudai.jp  
Chiba Institute of Technology, Graduate school of Mechanical  
Science and Engineering: 2-17-1Tsudanuma, Narashino, Chiba  
275-0016, Japan

\*\* 千葉工業大学工学部: 千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
Chiba Institute of Technology: 2-17-1Tsudanuma, Narashino,  
Chiba 275-0016, Japan

†:連絡先/Corresponding author