

N イオン注入による型寿命向上に関する研究

千葉工業大学 工学部 機械工学科

助教授 金沢憲一

(平成元年度奨励研究助成 AF-89023)

1. 研究の背景

加速されたイオンを材料に打ち込み、表層改質を行なういわゆる「イオン注入法」が近年材料表面研究の各分野で注目されている。本研究はこれを金型材料に応用するものである。現在産業界の種々の分野で使用されている被覆処理は、コーティング処理が主流である。しかし金型へのコーティング処理は、使用条件によっては処理層のはく離をまねくめたに一般的ではない。これに対して、イオン注入処理は処理層が薄く(0.1~1 μ m)、また下地との界面がないことから、苛酷な条件下でも型寿命が向上するのではないかと期待されている¹⁾。

2. 研究成果の概要

2.1 摩擦試験

実験に用いた金型材料はW-Mo-V-Co系の高速度鋼(Co12%、以下HSSと呼ぶ)とその表面にTiN膜をCVD法でコーティングしたもの(以下TiN-HSSと呼ぶ)、合金工具鋼SKS3、炭素鋼S55Cの4種類である。これらの表面に窒素イオンを加速電圧90kV、平均ビーム電流密度4.98~7.70 $\times 10^{-2}$ A/m²で注入した。注入量は5 $\times 10^{18}$ ions/cm²である。この注入

量は金型材料で一般的な値である。注入方向は注入面に垂直であり、注入後の熱処理等は行っていない。

これら4種の型材料と成形材料との摩擦試験を行い、窒素イオン注入による摩擦力の変化を調べた。成形材料としてはS45C炭素鋼、純銅、純アルミニウム、塩化ビニル樹脂、アクリル樹脂を用意した。摩擦試験では旋盤を用い、回転する成形材料に対して型材料を押しつけ²⁾、そのときの摩擦力の変化を求めた。摩擦速度は1.7~8.3m/sである。

摩擦試験の結果を表1に示す。表中のHSSは高速度鋼を、TiN-HSSはTiN膜をコーティングした高速度鋼である。○は窒素イオン注入により摩擦力が低下した場合であり、×は逆に摩擦力が増加したり、まったく効果が認められなかった場合である。金型材料と成形材料の特定の組み合わせで効果が生じていることがわかる。

次にNイオンを注入した表面の摩耗特性を調べた。型材料はHSSおよびTiN-HSS、成形材料はS45C炭素鋼である。摩擦力測定試験と同様な方法で、摩擦速度1m/sで回転する成形材料に対して型材料の表面を押しつけ、窒素イオン注入面の摩耗深さを測定した。HSSにおいては、摩耗が減

表1 摩擦力測定実験の結果

Tool material	Work material				
	S45C Steel	Pure Copper	Pure Aluminum	Polyvinyl chloride resin	Acrylic resin
HSS	×	○	×	×	×
TiN-HSS	○	○	×	×	×
SKS3	×	×	×	×	×
S55C	×	○	×	×	○

少する傾向があり、20min後で約12%摩耗深さが減少した。HSSとS45Cとの組み合わせでは摩擦力に変化がなかったが、摩耗に対する低効力は増加したことになる。また摩耗が注入層厚さよりも深い領域まで進行しても効果が消失しなかった。HSSの注入層が簡単には摩滅しないようなものであるだけでなく、注入層の摩耗が進行する過程で、摩擦温度が注入されたNイオンをより深い部分まで拡散させていると考えられる。

注入したTiN-HSSにおいては、摩擦力が減少しているので摩耗も減少すると期待されたが、20minという摩擦時間では摩耗量そのものも少なく、未注入材料との差は見出だせなかった。

2.2 表面分析

Nイオン注入層の組成を調べるためにオージェ電子分光法による深い方向の元素濃度分析を行った。分析した工具材料はHSSおよびTiN-HSSであり、それぞれ注入前と注入後の分析を行い比較した。HSSに注入されたNイオンはガウス分布形状をしており、表面付近で高い濃度であったFeが注入により大きく減少していることがわかった。またFeとは逆に、内部まで均一で低濃度であったCrが注入により表面付近で高い濃度であった。なお、このNの分布のピーク位置およびNが検出されなくなる位置は、それぞれ表面から0.11 μm 、0.68 μm の深さである。

TiN-HSSの場合は、Nイオンの注入によりNおよびTiのピークが内部に移動しており、またTiNコーティング膜と下地のHSSとの界面でNがより深い部分まで検出された。

注入層の元素濃度分析は2次イオン質量分析法でも測定したがほぼ同様の結果を得た。

Nイオン注入による表面層の硬度変化を調べるために、圧子変位測定方式の超微小硬度計⁹⁾を用いて深さ方向の硬度分布を求めた。分析した工具材料はHSS、SKS3、S55Cであり、それぞれ注入前と注入後の試験を行った。HSSは注入により硬度が低下し、SKS3は上昇した。S55Cはほとんど変化していなかった。またHSSについては、Nイオンの注入により弾性変形率が減少していることがわかった。HSS以外の他の材料についてはすべて注入により弾性変形率が増加し、塑性変形しにくい強固な注入層を形成していることがわかった。

謝 辞

本研究は、財団法人天田金属加工技術振興財団からの奨励研究助成金により行われたものであります。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 金沢憲一；イオン注入表層改質技術、p.212。
(吉田清太監修、サンエンスフォーラム社、1987)
- 2) 金沢憲一、千々岩健児；表面技術、39.603
(1988)
- 3) 金沢憲一、河野彰夫、佐田登志夫、田代良雄；
精密機械、53.1626 (1987)