

窒化クロム膜を被覆した木工切削工具の耐磨耗性*1

中村知彦*2

坂之上悦典*2

北垣寛*2

松田実*3

【要旨】

イオンビームアシスト蒸着法により超合金製ルータービット刃のすくい面に膜厚1 μmの窒化クロム膜を被覆し、MDF材に対して切削試験を行なった。切削距離53.7kmで被覆の有無によらず平均磨耗深さが5 ~ 7 μmの刃先磨耗が発生したが、被覆により刃先タンゲステンカーバイド粒子の脱落が抑制され、平均磨耗深さは未被覆刃と比較して1 ~ 2 μm減少し、耐磨耗性が若干向上した。また、窒化クロム膜の結晶相構成による比較では、CrN > Cr₂N + Cr > Cr₂N + CrNの順に平均磨耗深さが減少した。しかしながらMDF材の切削面観察では切削距離39.4km以上で被覆刃による切削においてもヒゲの発生が見られ、切削性での顕著な改善は認められなかった。

1 緒言

これまでに窒化クロムの持つ優れた耐磨耗性、耐食性¹⁾に注目して、イオンビームアシスト蒸着法による成膜を検討してきた²⁾³⁾。本報では木工加工用超合金製ルータービット刃に窒化クロム膜を被覆し、MDF材(木粉ボード材)への切削を行ない、刃の耐磨耗性や切削性について検討を行った結果について報告する。

イオン(Cr/N)供給比を変えて成膜した。成膜条件を表1に示す。

ルータービット刃は超合金製の兼房(株)製エース替刃No.255を用い、アルカリ脱脂後超音波中でアセトン洗浄し、装置に導入後、イオン電流密度0.13mA/cm²で10分間、窒素イオンビームによるボンバード処理を行った後、刃のすくい面に膜厚1 μmで被覆した。

2 実験方法

イオンビームアシスト蒸着は日新電機(株)製複合イオンビーム成膜装置IVDS-250を用いた。この際、イオン電流密度を一定とし、クロムの蒸着速度を変えることにより、試料上でのクロム/窒素

表1 成膜条件

作動真空度	6.7 × 10 ⁻³ Pa
ビーム入射角度	45度(基板に対して垂直)
加速電圧	1.5kV
イオン電流密度	0.13mA/cm ²
クロム蒸着速度	0.10 ~ 0.60nm/sec
Cr/N供給比	1.1 ~ 6.0
基板温度	300
膜厚	1000nm

*1 材料表面の高機能化に関する研究()

*2 材料技術課 技師

*3 同課 主任研究員

結晶相の同定はX線回折により行った。膜の組成はX線光電子分析により膜をクロム、窒素の2元素として20分間の深さ分析から平均値として求めた。膜の硬度は荷重0.5gのダイナミック硬度および比較のために荷重25gでのビッカース硬度により評価した。切削試験は被切削材をMDF材とし、表2に示す切削条件でNCルーターにより階段状に切削を行い、切削距離21.5km、39.4km、53.7km毎に切削面を目視および顕微鏡で観察し、繊維の

切り残しであるヒゲの発生状態を確認することにより切削性の評価を行なった。刃先の磨耗状態は走査電子顕微鏡による形状観察および表面粗さ計により刃先方向のプロファイルを計測して評価した。

3 結果および考察

3.1 窒化クロム膜の同定

Cr/N供給比の変化が生成した膜の結晶相、組成、硬度に与える影響について以下のとおり検討を行った。

図1にX線回折による膜の結晶相変化を示す。Cr/N供給比の増加に伴い、CrN単相からCrNとCr₂Nの混在相、さらにCr₂NとCrの混在相へと結晶相の構成が変化した。以上の結果は既報²⁾³⁾とほぼ同様の傾向を示している。

図2にCr/N供給比による皮膜組成変化を示す。Cr/N供給比の増加に伴い膜中の窒素組成も減少し、クロムリッチな膜になっていた。これはX線

表2 切削試験条件

刃先角	53.5°
にげ角	16.5°
すくい角	20°
切刃回転数	18000rpm
切刃直径	10mm
切り込み深さ	3mm
送り速度	1000mm/min

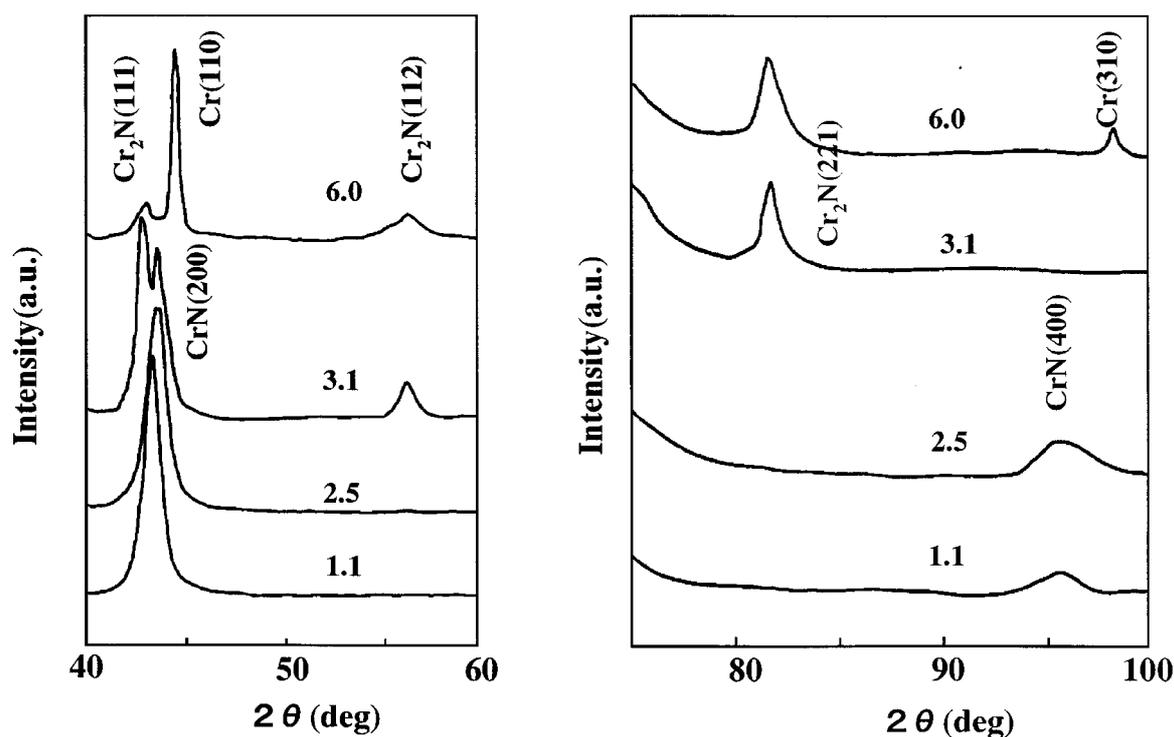


図1 Cr/N供給比の違いによるX線回折パターン変化

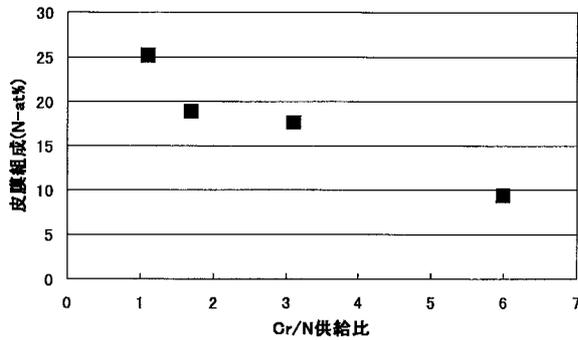


図2 Cr/N供給比と皮膜組成との関係

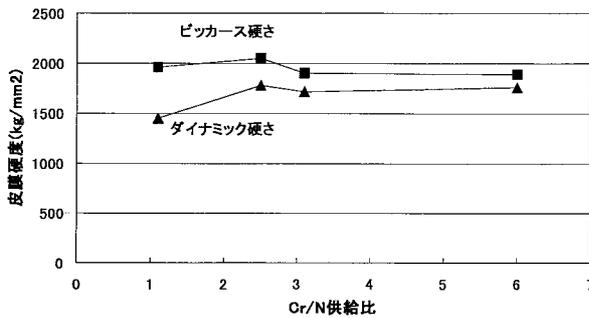


図3 Cr/N供給比と皮膜硬度との関係

回折による結晶相変化の結果と対応しているが、CrN 単相状態を示していた供給比 1.1 の膜でも窒素原子濃度は25%であり、CrNの化学量論組成である50%よりかなり低い値となっている。これはX線光電子分析深さ分析でアルゴンイオンスパッタを行う際に窒素の選択スパッタが起こったことなどが原因として考えられる。

図1に示したように、Cr/N供給比変化により結晶相の構成の異なる膜が生成したが、これらの膜の硬度を、図3に示す。ダイナミック硬度はCr/N供給比 1.1 の膜を除いてほぼ一定で1700程度となった。またピッカース硬度は下地である超硬合金の影響を含んでいるが、約2000と一定であり、生成した膜の硬度はCr/N供給比によらずほぼ一定の結果を示した。今回用いた超硬合金刃の硬度はダイナミック硬度で1570、ピッカース硬度で1700であり、下地である超硬合金より硬い膜がい

未被覆刃

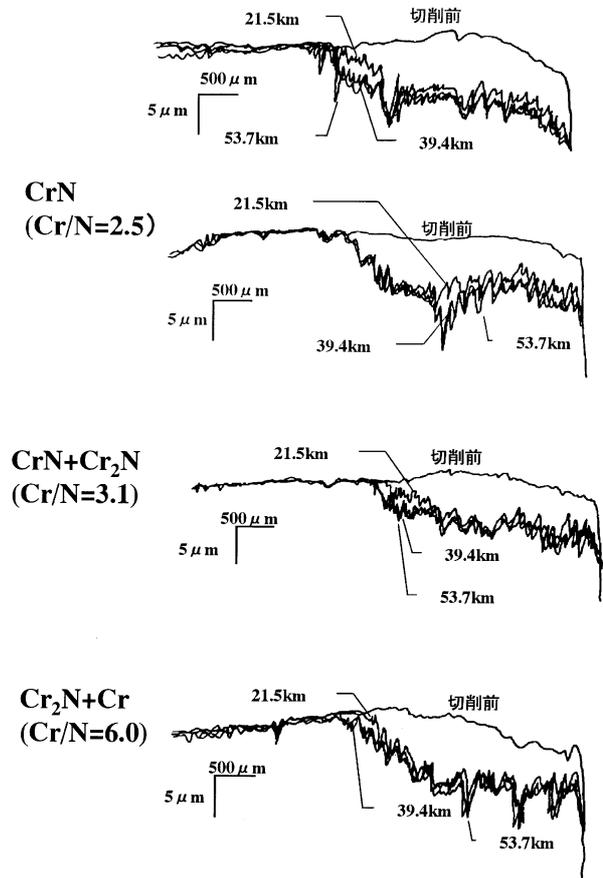


図4 刃先の磨耗プロファイル

ずれの条件においても生成していた。

3.2 窒化クロム膜の耐磨耗性・切削性

以上に示したように今回生成した窒化クロム膜はCrN相、CrN+Cr₂N相、Cr₂N+Cr相の3種類の結晶構成であったため、Cr/N供給比が2.5、3.1、6.0で得られた各結晶相構成を持つ膜で被覆したルータービット刃および未被覆刃について刃の磨耗特性および切削性の比較検討を行った。

図4に各切削距離における刃先の磨耗プロファイルを示す。切削前と比較して、被覆の有無によらず切り込み深さに相当する刃先端から3mm付近を起点としてプロファイルは変化し、切削距離53.7kmで刃先は最大8μm程度後退しており、刃先の磨耗が認められた。これらの磨耗は切削距離

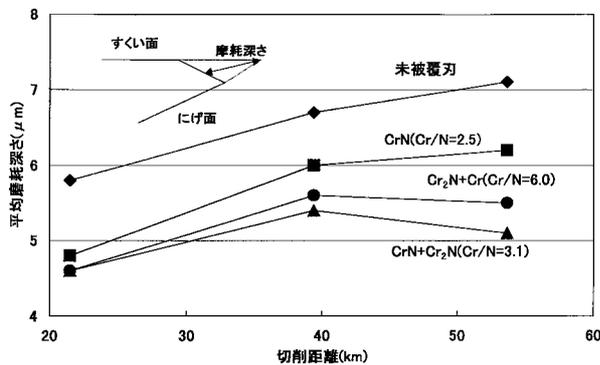


図5 切削距離による平均磨耗深さ変化

21.5kmまでに顕著に進んでおり、これ以上の切削で磨耗の進行は緩慢であった。

各刃の磨耗の進行状態を比較するために、図4から各切削距離で切削前と比較した磨耗面積を計測し、磨耗起点より刃先端までの距離で磨耗面積を除して算出した平均磨耗深さの変化を図5に示す。図中に示すように、平均磨耗深さは刃先の内部方向への平均的な後退距離を表している。平均磨耗深さは各刃とも切削距離53.7kmで5～7μmとなっており、刃先が磨耗により後退し、幅が広がっていることが予想される。しかし被覆刃の平均磨耗深さは、未被覆刃の場合に比べて1～2μm低い値で推移しており、刃先の磨耗は被覆により若干抑制されていることがわかる。また未被覆刃では切削距離53.7kmまで平均磨耗深さは増加していくが、被覆刃では切削距離39.4kmでほぼ磨耗の進行が停止していた。また結晶相の比較では $CrN > Cr_2N + Cr > Cr_2N + CrN$ の順に磨耗量が減少していた。

刃先の磨耗状態を調べるために刃先の走査電子顕微鏡観察を行った。図6に切削距離53.7kmにおける未被覆刃およびCr/N供給比3.1での被覆刃の観察結果を示す。切削前の刃先は未被覆刃で2μm程度、被覆刃で3μm程度の幅であったが、切削後は図に示されたように被覆の有無によらず、刃先がすくい面側に15～20μm程度の幅に広がっ

ており劣化が認められた。磨耗面には超硬合金を構成するタングステンカーバイド粒子が見られ、磨耗は刃先面から粒子が脱落し、すくい面側を被覆部の下地ごとえぐるように進行していた。しかし未被覆刃では刃先に近いすくい面側に粒界が現れており、脱落が進行しているのに対して、被覆刃では膜の被覆部でこのような粒界は見られなかった。従ってすくい面への被覆により被覆部での粒子の脱落が多少抑えられ、平均磨耗深さが若干低下したものと考えられる。以上の結果はCr/N供給比が2.5、6.0で被覆された刃の場合も同様に得られた。また窒化クロム膜は窒化ホウ素膜⁴⁾に見られたような大幅なはくりは認められず、超硬合金に対する密着性は確保されていると考えられる。

窒化クロム膜被覆がMDF材の切削性に与える影響を調べるために、切削面の顕微鏡観察を行った。図7に切削距離53.7kmでの結果を示す。切削面の形状は被覆の有無および膜のCr/N供給比の違いによる顕著な差異はなく、ヒゲが発生していた。切削距離21.5kmではいずれの刃による切削でも良好な切削面が得られたが、切削距離39.4kmでは切削距離53.7kmの場合と同様の結果となり、全体として被覆による切削性の改善は認められなかった。これは被覆刃であっても磨耗の抑制が不十分であり、図6に示されたように刃先が広がっており、これにより切削中にMDF材中の繊維がせん断されず、引き抜きにより切断されているためと推定される。

4 結言

イオンビームアシスト蒸着法により超硬合金製ルータービット刃のすくい面に膜厚1μmの窒化クロム膜を被覆し、MDF材に対し切削距離53.7kmまでの切削試験を行ない、刃の耐磨耗性、切削性について検討したところ以下の結果が得ら

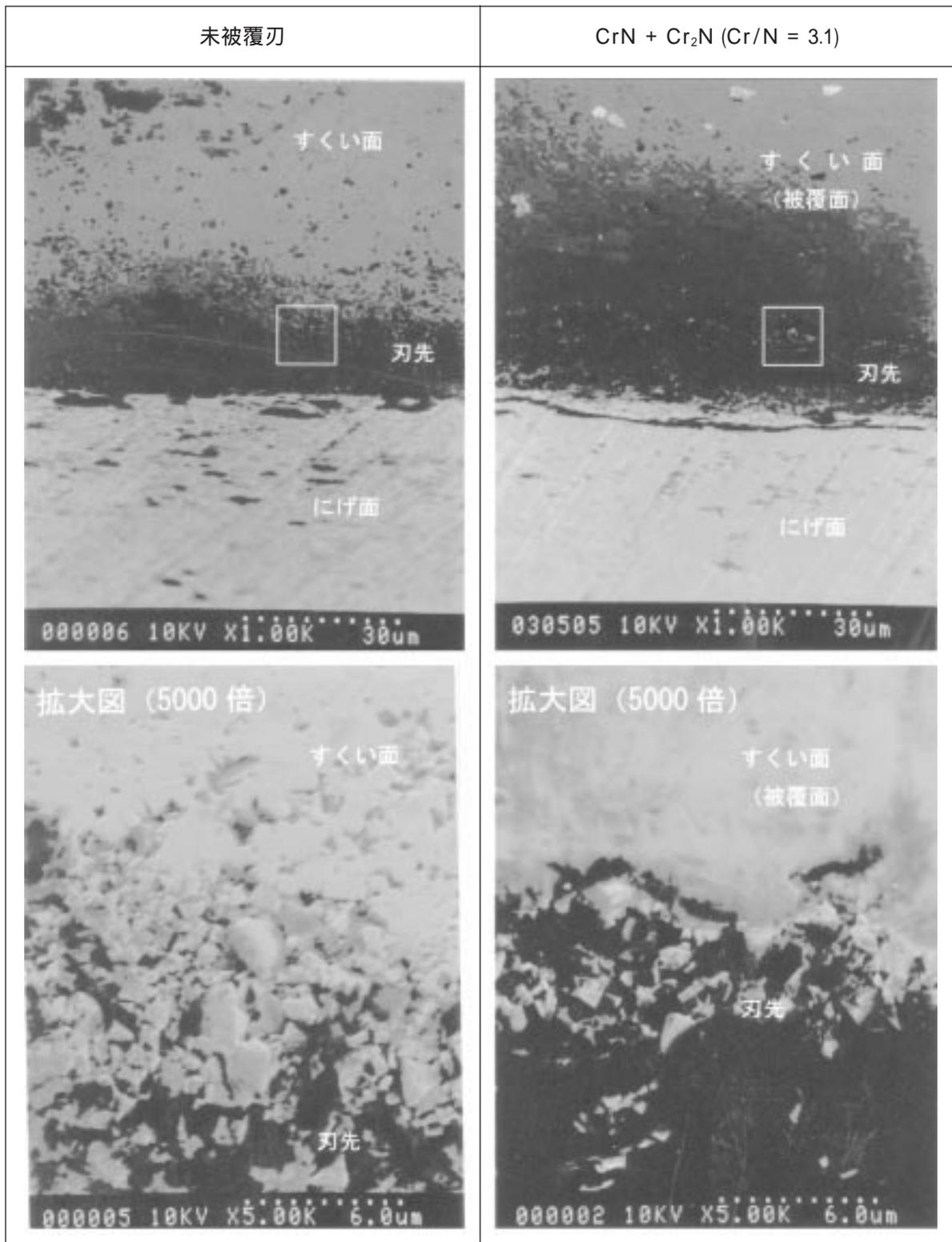


図6 切削距離53.7kmでの刃先形状

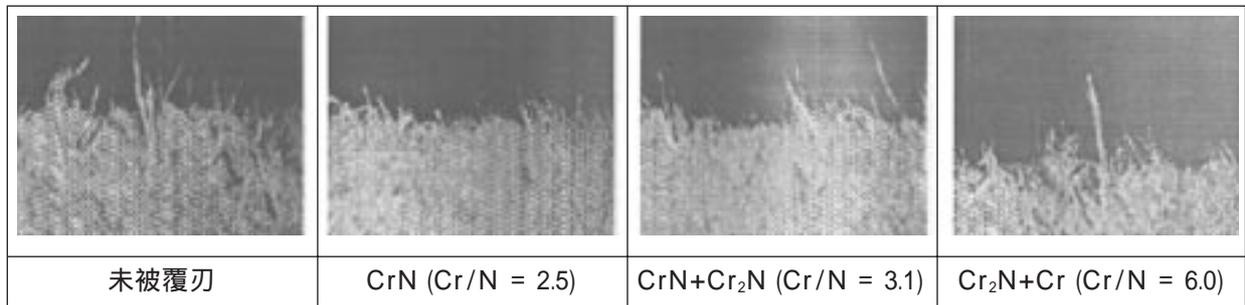


図7 切削距離53.7kmでの切削面形状 (×10.5)

れた。

- 1) 各刃の平均磨耗深さは5 ~ 7 μmとなり被覆の有無によらず刃先磨耗が発生したが、被覆刃では未被覆刃と比較して平均磨耗深さは1 ~ 2 μm減少し、刃先の磨耗が若干抑制された。窒化クロム膜の結晶相構成による比較では、CrN > Cr₂N + Cr > Cr₂N + CrNの順に平均磨耗深さが減少した。
- 2) 刃先の磨耗はタングステンカーバイド粒子の脱落によりすくい面側に進行していたが、被覆により粒子の脱落が若干抑制された。
- 3) MDF材の切削面観察では切削距離39.4km以上で被覆の有無および膜のCr/N供給比によらず

ヒゲが発生し、被覆による切削性の改善は認められなかった。

(参考文献)

- 1) 田口正美、栗原二郎：日本金属学会誌．55 (1991) 204．
- 2) 中村知彦他：本誌．No.23 (1996) 39．
- 3) 中村知彦他：本誌．No.24 (1997) 51．
- 4) 中村知彦他：本誌．No.25 (1998) 25．