

## 研究ノート

## 超硬合金への窒化処理に関する研究

森田晃一<sup>\*1</sup>、杉本賢一<sup>\*1</sup>、山下勝也<sup>\*2</sup>、榊原啓介<sup>\*3</sup>

## Study on Nitriding Treatment of Cemented Carbide

Koichi MORITA<sup>\*1</sup>, Kenichi SUGIMOTO<sup>\*1</sup>, Yoshiya YAMASHITA<sup>\*2</sup>  
and Keisuke SAKAKIBARA<sup>\*3</sup>Industrial Research Center<sup>\*1\*2\*3</sup>

材料組成の異なる WC-Co 系超硬合金に電子ビーム励起プラズマ (Electron Beam Excited Plasma:EBEP)窒化処理を行い、添加物による窒化への影響を検証した。その結果、EBEP 窒化によって超硬合金の表面硬度の上昇が確認され、超硬合金への窒化処理が有用であることがわかった。添加物として Cr を含む超硬合金種では硬度の上昇は 3~5%であったが、Cr を含まない超硬合金種では硬度が約 10% 上昇した。

## 1. はじめに

超硬合金は硬度が高く、耐摩耗性が要求される切削工具やパンチ、金型などに広く用いられており、使用目的に応じて合金の組成を調整して硬度と靱性のバランスがとられている。鋼材では高周波焼入れや窒化処理などで母材自体の表層の硬度を上昇させる表面硬化処理が確立されており、耐摩耗性と耐衝撃性の両立を図っている。そこで窒化処理が超硬合金へ適用できれば工具寿命の向上が期待できる。しかしながら、超硬合金への窒化に関する知見はほとんどないのが現状であり、どのような合金種が窒化に適しているかも明らかになっていない。超硬合金には炭化タングステン(WC)、コバルト(Co)の他に添加物として Cr などの炭化物が含まれた種類もある。Cr は窒化処理により硬度を上昇させる働きがあるため、超硬合金においてもこの効果が期待される。本研究では WC-Co 系の超硬合金の材料組成が窒化処理に与える影響を調査した。

## 2. 実験方法

## 2.1 供試体

試験片に用いた超硬合金の化学成分を表1に示す。Cr を含まない合金種(試料 A)と Cr を含む合金種(試料 B、C)を用いた。これらを鏡面まで研磨した試料を供試体とした。また、WC 粒子の影響についても検証するために比較として純コバルト板も用いた。

## 2.2 窒化処理方法

窒化処理は電子ビーム励起プラズマ(EBEP)窒化法により行った。EBEP 窒化法では電子ビームによって窒

表1 超硬合金試料の化学成分

試料名	成分量(mass%)			
	WC	Co	Cr	その他
A	87.25	12.53	—	0.22
B	80.40	18.78	0.57	0.26
C	77.53	21.23	0.99	0.25

素ガスを励起、分解させて窒素源を被処理材の表面から拡散させる方法であり、鉄系以外の素材にも窒素を拡散浸透が可能である。窒化処理条件は保持温度 715℃、48 時間とした。

## 2.3 評価方法

試料内の窒素量をエネルギー分散型蛍光 X 線分光法(SEM-EDX)と X 線光電子分光法(XPS)により測定した。SEM-EDX は JSM-6510A(日本電子(株)製)、XPS は PHI-5000 VersaProbe II(アルバック・ファイ(株)製)にて実施した。また、窒化処理前後の硬度をビッカース硬度計(MVK-G3, (株)アカシ製)により試験荷重 25g で測定した。

## 3. 実験結果及び考察

SEM-EDX を用いて窒化処理後の試料に含まれる窒素の半定量値を測定した結果、試料 A では 0.00mass%、試料 B は 0.16mass%、試料 C では 0.44mass%、純コバルト板では 0.00mass%となり Cr の含有量が多いほど窒素の検出量が多くなることがわかった。Cr は Co 相に含まれているため、試料 B、C にて検出された窒素

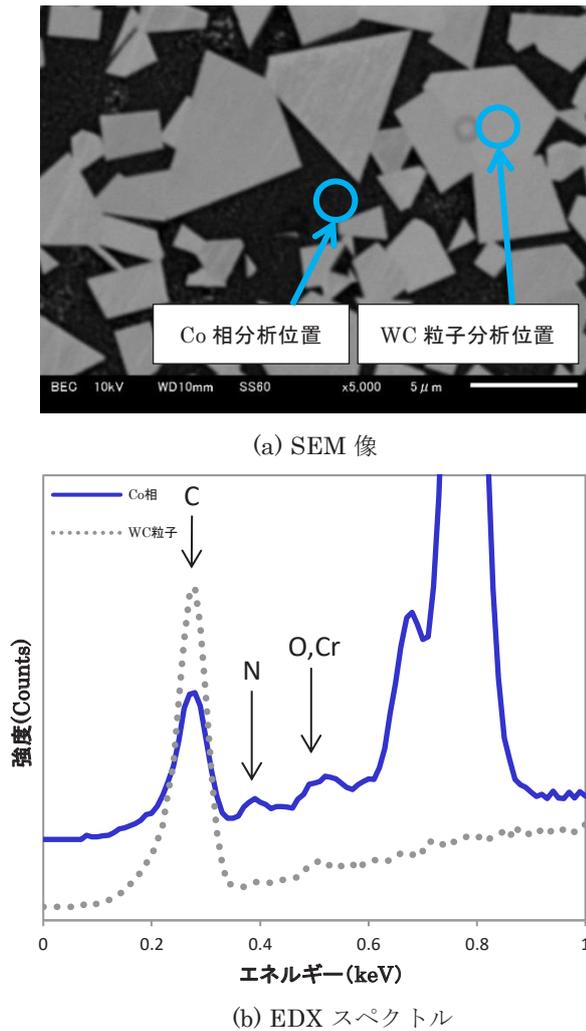


図1 試料CのSEM-EDX分析結果

はCo相内に侵入していると推測される。これを確かめるために試料C内のWC粒子とCo相にてEDX分析を行った。その結果を図1に示す。WC粒子では0.27keV付近に炭素のピークのみが検出されたが、Co相では0.39keVに窒素のピークが検出されており、Co相内に窒素が侵入していることが確認された。

窒化処理前後のマイクロピッカース硬度の測定結果を図2に示す。硬度の変化量から窒化処理の効果を検証した。

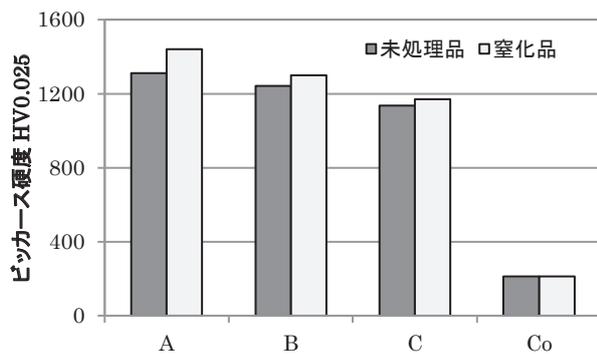


図2 ピッカース硬度測定値

EDX分析により窒素が検出された試料B、Cでは若干の硬度の上昇がみられ、試料Bでは1243HVから1300HVへと約5%の上昇、試料Cでは1170HVへと約3%の上昇であった。それに対して窒素が検出されなかった試料Aでは1310HVから1441HVへと約10%の硬度の上昇が確認された。また、試料Aと同様にEDX分析により窒素が検出されなかった純コバルト板では硬度の上昇は確認されなかった。このことから試料A内に含まれる窒素の量がEDX分析装置の検出下限よりも少ない可能性を考えた。そこで、EDXよりも窒素の検出感度が高いXPSにて試料Aと純コバルト板の窒素含有量の測定を行った。その結果を図3に示す。

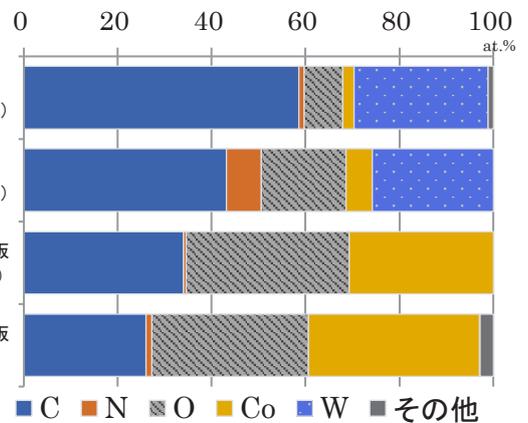


図3 XPS分析による元素組成比

XPS分析の結果、試料Aにおいても窒素の含有量が1.06at.%から7.45at.%へ増加しており窒化処理によって試料内に窒素が侵入していることが確認された。それに対して純コバルト板では処理前後での窒素量は0.61at.%から1.23at.%と顕著な増加はなく、コバルトは窒化処理において窒素との反応性が低いことがわかる。したがってCrを含まない試料Aでは窒素はCo相よりもWC粒子へ多く侵入したと考えられ、Crの有無によって窒素の侵入箇所が異なることがわかった。また、試料Aは試料B、Cよりも硬度の上昇が大きくなっており、WC粒子へ窒素が侵入することが超硬合金の硬度上昇をもたらす可能性があると考えられる。

#### 4. 結び

本研究の結果は以下のとおりである。

- (1) EBEP 窒化処理によって超硬合金の硬度が上昇することが確認された。WC粒子への窒素の侵入が硬度の上昇に寄与したと考えられる。
- (2) 超硬合金の材料組成により硬度の増加量は影響を受け、Crを含有する組成では、硬度の上昇が低い傾向であった。