

# 難削材の旋削加工におけるAlCrON超多層被膜の切削特性

## Cutting characteristics of AlCrON super multilayer coated tools in turning of difficult-to-cut materials

株式会社オンワード技研 ○藤田裕希 瀧真

金沢工業大学 石川幸輝 加藤秀治

### 1. 研究の目的・背景

生産現場において用いられるドリルやエンドミル等の切削工具、パンチやダイ、プレス等の金型工具の材料には超硬合金や高速度工具鋼が用いられており、その耐久性を高めるために表面に被覆部を備えていることが殆どである。中でも窒化チタン(TiN)や窒化チタンアルミ(TiAlN)、窒化アルミクロム(AlCrN)等の窒化被膜は代表的なセラミックコーティングとして普及している。これらの被膜は、膜構造の超多層化やSiやB等の元素の添加によって耐摩耗性や耐衝撃性、潤滑性等の特性が付与され、様々な加工で用いられている。また、これらの被膜の成膜方法としては緻密で基材との密着も良く、安定した性能を発揮することから、PVD法の一つであるAIP(アーキイオンプレーティング)法が主に用いられている。

近年では材料の高強度化が目覚ましく、それに伴って加工物も難削化しており、従来の窒化被膜では耐熱性や耐酸化性の問題から十分な性能を得られないケースも増えてきている。この問題に対応するために先述の窒化被膜の上に酸化被膜を形成することで、耐熱性や耐酸化性を向上するというような様々な試みが行われている。中でも酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は高温でも安定な構造を維持するため耐熱性向上に適しているが、種々の問題点からPVDでの成膜の実用化はされていない。そこで本研究では、純粋な酸化アルミニウム被膜ではなく、従来の窒化アルミクロム(AlCrN)被膜に酸素を添加した酸窒化アルミクロム(AlCrON)被膜とすることで、より実用的な耐熱・耐酸化被膜の開発を行い、インコネル718材を含む難削材に対する切削特性を評価した。

### 2. 研究方法

酸窒化アルミクロム(AlCrON)被膜はPVD法の一つであるAIP(アーキイオンプレーティング)法を用いて成膜した。まず450°Cで脱ガス処理を行い、その後基材表面のクリーニングとしてアルゴンガスによるボンバードを行った。表面のクリーニング後、酸素と窒素の混合ガス雰囲気中にてAlCrターゲットをアーク放電させることで酸窒化アルミクロム(AlCrON)を成膜した。放電の際にAlとCrの比率の異なるターゲットを同時に放電することで、1層10nm程度の超多層構造となるように成膜した。これにより膜内部に応力を導入し、耐摩耗性を向上させている。

成膜基材として、膜特性を調査するための超硬試験片(11mm×11mm×5mm、切削チップとしても使用)および高速度工具鋼切削チップ(13mm×13mm×5mm)を用意した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 酸窒化アルミクロム超多層被膜の膜特性

図1に本研究で成膜した酸窒化アルミクロム(AlCrON)超多層被膜のX線光電子分光分析の結果を示す。測定にはアルバックファイ(株)製PHI5000Versa ProbeIIIを使用した。被膜表面から1min刻みでエッチングを行い、膜構造の評価を行った。表面から超硬基材付近までAlとCr、O、Nの比率が連続して変化しており、超多層被膜を形成出来ていることが分かる。図2にX線光電子分光分析にて得られた被膜中のAlとCrの結合エネルギーのピーク

ク

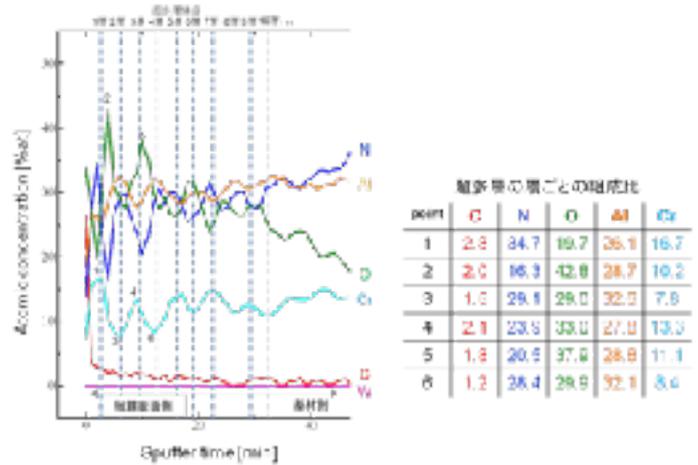


図1 X線光電子分光分析によるAlCrON被膜の分析結果

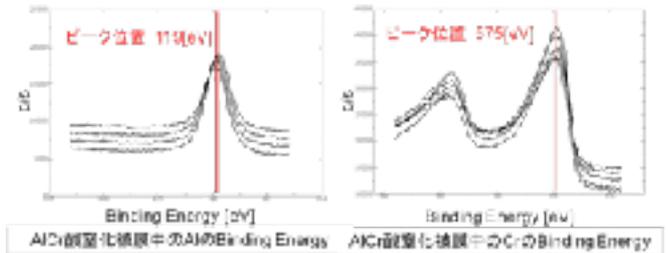


図2 膜中のAlとCrの結合エネルギー

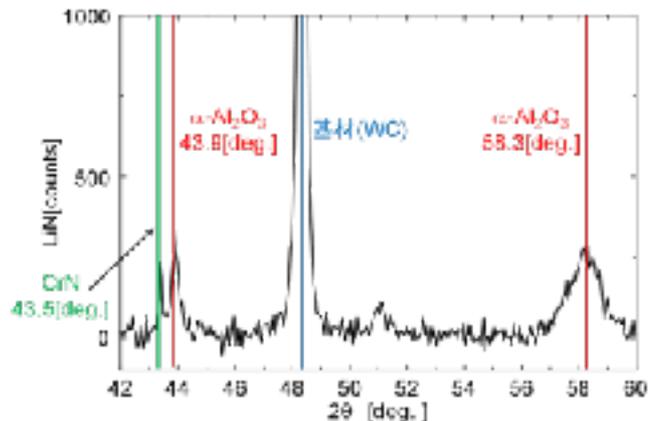


図3 酸窒化アルミクロム被膜のX線回折位置

位置を示す。膜中のAlの結合エネルギーは119[eV]であり、酸化アルミニウムとして膜中に存在していることが分かる。また、Crの結合エネルギーは575[eV]であり、窒化クロムとして膜中に存在することが分かる。

図3にX線回折装置による酸窒化アルミクロム被膜のX線回折位置を示す。ピーク位置から、α型の酸化アルミニウムが形成されていることが確認出来た。

### 3.2 酸化アルミニウムクロム超多層被膜の切削特性

実際の性能評価として、SCM440材および難削材であるインコネル718材の旋削試験を行った。旋削には高松機械工業(株)製のNC旋盤、XC-100を使用した。図4および図5にSCM440材の切削評価の結果を示す。SCM440材の硬さはHRC29に調質し、切削チップの材質は高速度工具鋼を用い、切削速度30[m/min]、切り込み1[mm]、送り0.15[mm/rev]、ドライカットの条件で旋削試験を行いクレータ摩耗を評価した。比較として一般に耐熱、耐摩耗性被膜として広く利用されている、窒化アルミニウムクロム(AICrN)超多層被膜を用意した。各被膜の膜厚は2[μm]である。

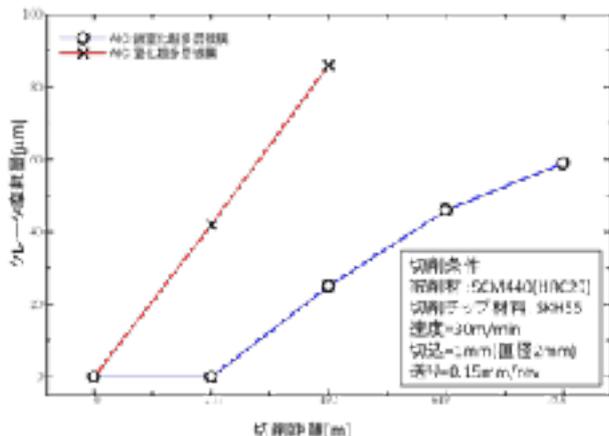


図4 SCM440切削試験結果

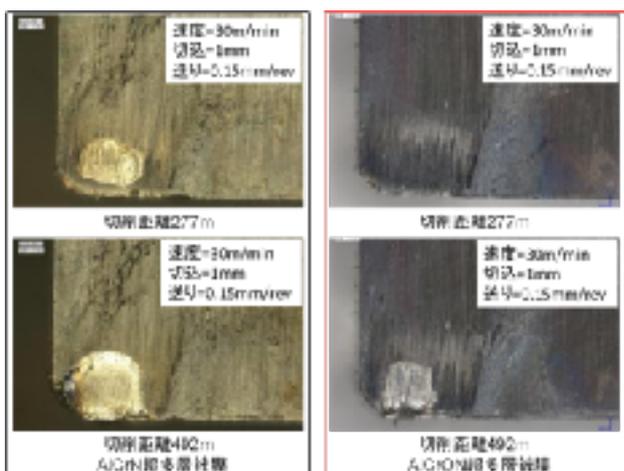


図5 SCM440切削試験結果

旋削試験の結果から、窒化アルミニウムクロム被膜については切削距離277[m]で40[μm]程度のクレータが発生するのに対し、本研究で開発した酸化アルミニウムクロム被膜は切削距離277[m]でクレータが発生せず、切削性能が大幅に上昇していることが分かった。この切削条件は被削材、切削チップ共に高温になる条件であり、被膜中のα型酸化アルミニウムにより、耐熱性が向上したことによって性能が向上したと考えられる。

次に難削材であるインコネル718材の旋削試験を行った。旋削に使用したNC旋盤は前述のXC-100であり、切削チップの材質は超硬合金を用い、切削速度200[m/min]、切り込み0.5[mm]、送り0.2[mm/rev]、ドライカットの条件で旋削試験を行い、すくい面と逃げ面の摩耗を比較した。比較にはSCM440材の旋削試験と同じく窒化アルミニウムクロム被膜を用意した。各被膜の膜厚は2[μm]である。旋削試験の結果から、窒化アルミニウムクロム被膜は切削距離92[m]ですくい面のクレータ摩耗や逃げ面の脱落が著しく発生しているのに対し、酸化アルミニウムクロム被膜は切削距離180[m]の段階ですくい面のクレータ摩耗や逃げ面の脱落

は見られなかった。難削材であるインコネル718材のドライカットでは切削時の加工熱も高く、SCM440材の旋削評価結果と合わせて考えても、被膜中のα型酸化アルミニウムにより耐熱性が向上し、切削性能が上昇したと考えられる。

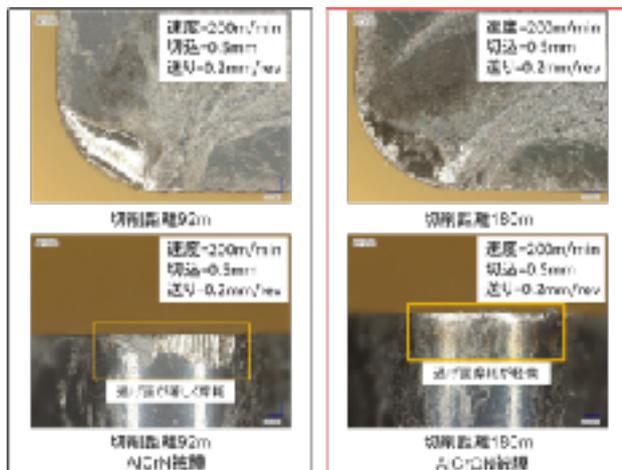


図6 インコネル718切削試験結果

### 4. まとめ

より実用的な耐熱・耐酸化被膜として酸化アルミニウムクロム(AICrON)超多層被膜を開発し、その膜構造調査及び実際の旋削における性能調査を行った。その結果、本研究で開発した酸化アルミニウムクロム超多層被膜はα型の酸化アルミニウムと窒化クロムの混晶状態が超多層を形成しており、耐熱性が必要となるSCM440材およびインコネル718材の実際の旋削において既存の耐熱性被膜である窒化アルミニウムクロム(AICrN)被膜と比較して大幅な切削性能の向上が確認出来た。膜中に存在するα型の酸化アルミニウムが性能の向上に寄与していると考えられる。更に超多層化および、窒化クロムが混晶状態で存在することでα型の酸化アルミニウムの欠点である結晶粒の粗大化によるクラック進展が抑制され、切削性能が向上したと考えられる。

本研究で開発した酸化アルミニウムクロム超多層被膜は弊社のセラミックコーティング「OS-Z」として製品化する予定である。耐熱性、耐酸化性が必要とされる加工に用いられる切削工具、金型工具に展開することが期待される。

### 5. 謝辞

本研究のPVD成膜と被膜特性の評価は弊社工場の技術研究開発部、セラミックコーティング担当者、ならびに石川県工業試験場の皆様の御協力を得てなされたものであります。ここに御指導、御協力頂きました諸兄に深く感謝いたします。

### 6. 参考文献

- 1) 石川剛史, 小幡文雄, 井上謙一: “高硬度鋼の高速切削におけるTiSiN被覆切削工具の摩耗メカニズム”, 精密工学会誌, Vol. 75, No. 12, (2009)1439-1443.
- 2) T. Ishikawa, K. Inoue: “Structure and properties of Al-Cr-N and Al-Cr-Si-N coatings prepared by a cathodic arc ion plating method for high-speed cutting applications”, Journal of The Japan Society for Heat Treatment, 49(2009)268-271.
- 3) 中山明, 瀬戸山誠, 吉岡剛: “アーキイオンプレーティング法によるTiN/AlN超格子薄膜の作成と評価”, 真空, 37, 11(1994)55.
- 4) 瀬戸山誠, 中山明, 吉岡剛, 野村俊雄, 柴田彰彦, 中堂益男, 有本浩: “TiN/AlN超格子膜の開発と切削工具への応

用”, 住友電気, 146, 3(1995)225.