



Title	切削工具用被膜材料の高性能化に関する研究
Author(s)	福井, 治世
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27564
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	福 井 治 世
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 26181 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学 位 論 文 名	切削工具用被膜材料の高性能化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 安田 秀幸 (副査) 教 授 荒木 秀樹 准教授 古矢 真人 教 授 中谷 彰宏 教 授 浅田 稔 教 授 菅沼 克昭 教 授 平田 勝弘 教 授 南埜 宣俊

論文内容の要旨

本論文では、ドライ・ニアドライ切削や高速切削への本格的移行に際し、工具寿命の観点から高硬度（ならびに耐摩耗性被膜に必要とされる高強度）と耐酸化性を両立させた被膜材料、ならびに切削油剤を削減あるいは不要とする極低摩擦被膜材料の創成とその過程で得られた現象を科学的・定量的に捉えて被膜材料設計の一般化を目指した。被膜材料の高性能化のためには、被膜の残留応力を被膜中で制御し表面で高圧縮応力とすること、結晶粒径を微細化させること、工具すくい面の摩擦低減が重要であることを報告した。

第1章は緒論であり、目的と概要をまとめた。

第2章では被膜の耐欠損性と耐剥離性の両立を目指し、TiAlN膜中の圧縮残留応力制御を目的に基板バイアス電圧値を勾配変化させる方策を提案し、SPRING-8のシンクロトロン放射光を使った応力の深さ方向分布測定で検証した。その結果、基盤バイアス電圧値の変化に対応し内部応力値が変化することを明らかにし、最表面の応力を高めることで膜の耐チッピング性が向上することを示した。

第3章ではAlCrN膜は高温での膜特性に優れ高速加工で耐逃げ面摩耗性は良好であるが、ノッチ摩耗が進行してしまう課題を指摘した。

第4章では膜の密着性を向上させる目的で耐酸化特性はAlCrN膜に比べて低いが密着性と韌性に優れるTiAlN膜とナノ多層膜を形成させる方策を提案し、その効果を結晶配向性ならびに微細構造組織評価により検証した。その結果、nmオーダーの層厚で異種の膜を繰り返し積層すると、結晶粒径が微細化し、各々単層の場合の物性に比べて特性が向上でき、また異種界面の増加でクラック伝搬性を抑制できることを見出した。

第5章では刃先への凝着が問題でアルミニウム合金のドライ加工は従来事実上不可能であったが、低μ材料であるDLCをコーティングする方策を提案し、DLCコーティング工具と被削材間の摩擦係数が切りくず生成過程に与える影響に関して検証した。その結果、すくい面での摩擦係数が小さい工具を用いると切削抵抗および切削温度が減少することが、有限要素法を用いた切削シミュレーションによっても得られ、実際の切削結果と定性的に一致すること、ドライ加工にも適用可能なことを示した。

第6章は結論であり各章の結果、考察を総括した。

ドライ・ニアドライ切削や高速切削への本格的移行において、工具の十分な寿命を確保するために高硬度（耐摩耗性被膜に必要とされる高強度）と耐酸化性を両立させた被膜材料および切削油剤を削減あるいは不要とする極低摩擦被膜材料の開発が求められている。しかし、機械工学を中心に発展してきた切削技術の研究では、切削方式や切削条件、工具形状、振動などを対象にした研究が多く、工具材料に関する研究は限定的である。そのため、経験に依存した材料開発や選択が多く、学術的な体系化がなされていない。本論文は、切削工具の高性能化に対して最も重要な被膜材料の創成とその過程で得られた現象を科学的に捉えて被膜材料設計の一般化を目指している。

第2章では、被膜の耐欠損性と耐剥離性の両立を目指し、TiAlN 膜中の圧縮残留応力の制御を目的に PVD 法において基板バイアス電圧を勾配変化させる手法を開発し、SPRING-8 のシンクロトロン放射光を使った応力の深さ方向分布の測定によりその効果を検証している。基板バイアス電圧の変化に応じて、膜内部の残留応力が変化する現象を定量的に明らかにし、膜表面の圧縮応力を高めるように基板バイアス電圧を制御することにより耐チッピング性が向上した TiAlN 膜の作製を実現している。

第3章では AlCrN 膜の特性を調べている。AlCrN 膜は、高温での膜特性に優れ高速加工で耐逃げ面摩耗性は良好であるが、ノッチ摩耗が進行するという課題を明らかにしている。

第4章では母材と膜の密着性を向上させる目的で、AlCrN 膜に比べて、耐酸化特性は低いが密着性と韌性に優れる TiAlN 膜に注目し、AlCrN と TiAlN のナノ多層膜を形成させる手法を開発し、ナノ多層膜の結晶配向および微細組織を詳細に調べている。その結果、nm オーダーの周期で AlCrN と TiAlN を積層すると、結晶粒径が微細化し、AlCrN 膜あるいは TiAlN 膜が単体で膜を形成している場合に比べて、膜特性を向上できることを見いだしている。さらに異相界面の増加によりクラックの伝搬を抑制できることを明らかにしている。

第5章では、低摩擦材料である DLC（ダイヤモンドライカーボン）を工具材料にコーティングする手法を開発し、刃先への凝着が起こるためドライ加工が困難であったアルミニウム合金において DLC コーティング工具と被削材間の摩擦係数が切りくず生成に与える影響を明らかにしている。すくい面での摩擦係数が小さい工具を用いると切削抵抗および切削温度が減少することを、実験および有限要素法を用いた切削シミュレーションにより明らかにしている。これらの成果に基づいてアルミニウム合金のドライ加工が可能であることを示している。

以上のように、本論文は、残留応力を制御する手法、ナノスケールの多層構造による結晶粒の微細化、工具すくい面の摩擦を低減するコーティングを報告しており、切削工具用被膜開発分野への応用が期待されるだけでなく、学術的意義も高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。