

令和 5 年 4 月 30 日現在

機関番号：34407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K06102

研究課題名（和文）耐凝着性及び耐アブレシブ性に優れた切削工具用被膜の開発

研究課題名（英文）Development of Coating Films for Cutting Tool with Excellent Adhesion and Abrasion Resistance

研究代表者

和田 任弘（Wada, Tadahiro）

大阪産業大学・工学部・特任教授

研究者番号：10141912

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：いくつかの異なる（Al、Cr、W、Si）ターゲットを使用して、超硬合金ISO K10に、硬質被膜をPVDコーティングした。反応ガスとしてN₂および（N₂、CH₄）ガスを使用した。また、バイアス電圧を変化させた。まず、被膜特性を調べた。次に、ASTM D2 焼入れ鋼（60HRC）の切削を行い工具摩耗を調べた。これらの結果をもとに、耐凝着性及び耐アブレシブ性に優れた切削工具用被膜の開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的、すなわち、（Al、Cr）ターゲットにタングステン（W）、およびシリコン（Si）を加えた合金をターゲットに使用した新しいタイプの（Al、Cr、W、Si）系被膜を開発し、この被膜が耐凝着性及び耐アブレシブ性に優れた切削工具用被膜であることを明らかにできれば、製造業、とくに切削加工における生産性向上に大きく寄与することができる。

研究成果の概要（英文）：Cemented carbide ISO K10 was PVD coated using several different (Al, Cr, W, Si) targets. N₂ and (N₂, CH₄) gases were used as reaction gases. Also, the bias voltage was varied. First, the coating properties were investigated. In cut ASTM D2 hardened steel (60HRC), tool wear was investigated. Based on these results, coating films for cutting tool with excellent adhesion and wear resistance were developed.

研究分野：機械工作

キーワード：PVDコーティング (Al, Cr, W, Si)系被膜 被膜特性 工具摩耗 ASTM D2焼入れ鋼60HRC

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、切削工具用硬質被膜の開発は、従来の Ti 系被膜から、(Al、Cr)系被膜の開発に重点がおかれている。これは、(Al、Cr)系被膜は、低摩擦係数、高酸化温度という優れた被膜特性を有するためである。しかしながら、(Al、Cr)系被膜は耐凝着性、および耐アブレシブ性に劣る。

2. 研究の目的

上記の切削工具用硬質被膜開発における背景から、研究代表者は、超硬合金母材の主成分である WC に着目し、(Al、Cr)系被膜にタングステン(W)を加えることで耐凝着性を高め、さらに被膜組織の微細化に有効なシリコン(Si)を加え、被膜を高硬度化することにより耐アブレシブ性を高めることが可能であると考えた。本研究の目的は、(Al、Cr)ターゲットにタングステン(W)、およびシリコン(Si)を加えたターゲットを使用した新しいタイプの(Al、Cr、W、Si)系被膜を開発し、この被膜が耐凝着性および耐アブレシブ性に優れた切削工具用被膜であることを明らかにすることである。

3. 研究の方法

研究の目的を達成するために、次の3つのステップによって研究を進めた。

【ステップ1】

上述のように、近年、被膜の開発は、従来の Ti 系被膜から、(Al、Cr)系被膜の開発に重点がおかれている。これは、(Al、Cr)系被膜は、低摩擦係数、高酸化温度という優れた被膜特性を有するためである。しかしながら、(Al、Cr)系被膜は耐凝着性、および耐アブレシブ性に劣る。そこで、研究代表者は、超硬合金母材の主成分である WC に着目し、(Al、Cr)系被膜に W を加えることで耐凝着性を高め、さらに被膜組織の微細化に有効な Si を加え、被膜を高硬度化することにより耐アブレシブ性を高めることが可能であると考えた。

(1) 試作被膜の組成割合の決定・・・

(Al、Cr)とWの組成割合については、(Al、Cr):W=85:15(atm%)、Al:Cr=70:30(atm%)とした。また、(Al、Cr、W)とSiの組成割合については、(Al、Cr、W):Si=90:10(atm%)とした。

(2)(Al、Cr、W、Si)合金ターゲットの製作および被膜成形・・・

種々の被膜を成形させるために、ターゲットである(Al、Cr、W、Si)合金を用い、超硬合金 ISO K10 を母材とし、PVD コーティング法によって、(Al、Cr、W、Si)N、(Al、Cr、W、Si)(C、N)、(Al、Cr、W、Si)C 被膜を成形した。

(3)(Al、Cr、W、Si)系被膜の被膜特性の測定・・・

成形された被膜について、被膜特性(被膜厚さ、被膜硬度、密着強度)の測定を行った。

(4)(Al、Cr、W、Si)系被膜の切削性能の測定・・・

(Al、Cr、W、Si)系 PVD コーテッド超硬合金工具で ASTM D2 焼入れ鋼(JIS SKD11、60HRC)の切削を行い、市販の(Ti、Al)N、(Al、Cr)N膜コーテッド超硬合金工具との比較を行った。比較項目は、工具逃げ面の最大摩耗幅とした。さらに、被膜の摩耗機構を明らかにするために、被膜摩耗面の SEM 観察を行った。

(5) 最適被膜の決定・・・

上記(3)(4)の実験結果から、切削工具用被膜として使用可能かどうかの判断を行い、さらに切削工具用被膜として有効な(Al、Cr、W、Si)系被膜の決定を行った。

【ステップ2】

(1) 上記【ステップ1】で行った研究結果について考察を行い、(Al、Cr、W、Si)の組成割合の検討を行った。新たに、組成割合の異なる(Al、Cr、W、Si)合金ターゲットを製作した。

(2)(Al、Cr、W、Si)系被膜の被膜特性の測定・・・

成形された被膜について、被膜特性(被膜厚さ、被膜硬度、密着強度)の測定を行った。

(3)(Al、Cr、W、Si)系被膜の切削性能の測定・・・

(Al、Cr、W、Si)系 PVD コーテッド超硬合金工具で ASTM D2 焼入れ鋼(JIS SKD11、60HRC)の切削を行い、市販の(Ti、Al)N、(Al、Cr)N膜コーテッド超硬合金工具との比較を行った。比較項目は、工具逃げ面の最大摩耗幅とした。さらに、被膜の摩耗機構を明らかにするために、被膜摩耗面の SEM 観察を行った。

(4) 最適被膜の決定・・・

上記(2)(3)の実験結果から、切削工具用被膜として使用可能かどうかの判断を行い、さらに切削工具被膜として有効な(Al、Cr、W、Si)系被膜の決定を行った。

【ステップ3】

上記【ステップ2】の研究実施計画をもとに

- (1) 適用範囲を広げるために、被膜の多層化についても検討を加えた。
- (2) 旋削用工具（スローアウェイチップ）以外にフライス用工具（エンドミル）への適用について検討を加えた。

4. 研究成果

研究代表者は、超硬合金母材の主成分である WC に着目し、(Al、Cr)系被膜に W を加えることで耐凝着性を高め、さらに被膜組織の微細化に有効な Si を加え、被膜を高硬度化することにより耐アブレシブ性を高めることが可能であると考えた。

本研究を実施することにより、(Al、Cr)系被膜に W および Si を加えた、(Al、Cr、Si、W)被膜は高硬度かつ耐凝着性に優れた切削工具用被膜であることがわかった。さらに、この被膜を超硬合金 ISO K10 に PVD コーティングした切削工具で ASTM D2 焼入れ鋼 (JIS SKD11、60HRC) の切削を行った結果、耐凝着性および耐アブレシブ性に優れていることがわかった。

以上のことから、本研究の目的である、(Al、Cr)ターゲットにタングステン (W)、およびシリコン (Si) を加えた合金をターゲットに使用した新しいタイプの (Al、Cr、W、Si) 系被膜を開発し、この被膜が耐凝着性および耐アブレシブ性に優れた切削工具用被膜であることが、本研究を通じて明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Wada Tadahiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Tool wear of AlCrW-based-coatings on cemented carbide tools prepared by arc ion plating in dry cutting of alloy steel AISI 5120H	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Today: Proceedings	6. 最初と最後の頁 A2 ~ A7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.matpr.2021.02.564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu	4. 巻 303
2. 論文標題 Wear Mechanism of Multilayer AlCrWN/AlCrWSiN-coatings on Cemented Carbide Tools Prepared by Arc Ion Plating in Dry Cutting of Hardened Sintered Steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 110-115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/mateconf/201930306003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tadahiro Wada	4. 巻 Vol-6, Iss-4, Spl. Issue-2
2. 論文標題 TOOL WEAR OF ALUMINUM/CHROMIUM/ TUNGSTEN- BASED-COATED CEMENTED CARBIDE IN CUTTING ALLOY STEEL (DOI: IJASEAT-IRAJ-DOIIONLINE-14817)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Advances in Science Engineering and Technology	6. 最初と最後の頁 79-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu	4. 巻 Vol. 278
2. 論文標題 Wear Mechanism of Multi-layer AlCrWN/AlCrWSiN Coatings on Cemented Carbide Tool Prepared by Arc Ion Plating in Dry Cutting of Sintered Steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences 2018 2nd International Conference on Building Materials and Materials Engineering (ICBMM 2018)	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/mateconf/201927802001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tadahiro Wada	4. 巻 266
2. 論文標題 Tool Wear of Multi-Layer AlCrWN/AlCrWSiN-Coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Solid State Phenomena	6. 最初と最後の頁 69-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/SSP.266.69	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu	4. 巻 263
2. 論文標題 Tool Wear of Aluminum/Chromium/Tungsten/Silicon-Based-Coated End Mill Cutters in Milling Hardened Steel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Solid State Phenomena	6. 最初と最後の頁 85-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/SSP.263.85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wada Tadahiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Tool Wear of (Al, Cr, W, Si)-based-coated Cemented Carbide Tools in the Cutting of Hardened Steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 326 ~ 330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.11.5.326-330	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wada Tadahiro, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Nara College, 22 Yata Yamatokoriyama, Nara 639-1080 Japan, Nitta Akiyoshi, Fujiwara Junsuke	4. 巻 8
2. 論文標題 Tool Wear of (Al,Cr,W)/(Al,Cr,W,Si)-Based-Coated Cemented Carbide Tools in Cutting of Hardened Steel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 64 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmmm.2020.8.3.485	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu
2. 発表標題 Wear Mechanism of Multilayer AlCrWN/AlCrWSiN-coatings on Cemented Carbide Tools Prepared by Arc Ion Plating in Dry Cutting of Hardened Sintered Steel
3. 学会等名 2019 The 3rd International Conference on Building Materials and Materials Engineering (ICBMM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tadahiro Wada, Akiyoshi Nitta, and Junsuke Fujiwara
2. 発表標題 Tool Wear of (Al,Cr,W)/(Al,Cr,W,Si)-based-coated Cemented Carbide Tools in Cutting of Hardened Steel
3. 学会等名 2020 4th International Conference on Green Energy and Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tadahiro Wada
2. 発表標題 Tool Wear of AlCrW-based-coatings on Cemented Carbide Tools Prepared by Arc Ion Plating in Dry Cutting of Alloy Steel AISI 5120H
3. 学会等名 The 10th International Conference on Key Engineering Materials (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tadahiro Wada
2. 発表標題 TOOL WEAR OF ALUMINUM/CHROMIUM/ TUNGSTEN- BASED-COATED CEMENTED CARBIDE IN CUTTING ALLOY STEEL
3. 学会等名 International Conference on Recent Advances in Engineering and Technology (ICRAET) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu
2. 発表標題 Wear Mechanism of Multi-layer AlCrWN/AlCrWSiN Coatings on Cemented Carbide Tool Prepared by Arc Ion Plating in Dry Cutting of Sintered Steel
3. 学会等名 2018 2nd International Conference on Building Materials and Materials Engineering (ICBMM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田任弘、長谷川夏樹
2. 発表標題 焼入れ鋼切削におけるコーテッド超硬合金の工具摩耗
3. 学会等名 日本設計工学会 関西支部 平成 30 年度研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tadahiro Wada and Hiroyuki Hanyu
2. 発表標題 Tool Wear of Multi-Layer AlCrWN/AlCrWSiN-Coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel
3. 学会等名 2017 8th International Conference on Material and Manufacturing Technology (ICMMT 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究成果の詳細な内容については、「5. 主な発表論文等〔雑誌論文〕」参照

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------