

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 6 日現在

機関番号：54601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560149

研究課題名(和文) 高密着性・高アブレイブ性を有する新しいCr-W-Al系切削工具用被膜の開発

研究課題名(英文) Development of Cr-W-Al-based Coated Cutting Tool having High Adhesion and High Abrasive Resistance

研究代表者

和田 任弘(WADA, Tadahiro)

奈良工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：10141912

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：(Al、Cr)ターゲットにタングステン(W)を加えた(Al、Cr、W)系被膜の有効性を明らかにした。

(1) (Al60、Cr25、W15)(C、N)および(AI64、Cr28、W8)(C、N)被膜の硬さは、3000HV0.25N以上、スクラッチ強度は、130N以上であった。

(2) 焼入れ鋼、焼結鋼、あるいは焼入れ焼結鋼の旋削において、(Al、Cr、W)系被膜は切削工具用被膜として用いることができる。

研究成果の概要(英文)：In order to improve both the scratch strength and the hardness of (Al,Cr)N coating film, the cathode material of an aluminum/chromium/tungsten target was used in adding the tungsten (W) to the cathode material of the aluminum/chromium target. To clarify the effectiveness of the aluminum/chromium/tungsten-based coating film, we measured the thickness, hardness and scratch strength of aluminum/chromium/tungsten-based coating film formed. The hardened steel, the sintered steel or the hardened sintered steel was turned, and the tool wear was experimentally investigated.

The following results were obtained: (1) The hardness of both the (Al60,Cr25,W15)(C,N) and the (Al64,Cr28,W8)(C,N) was over 3000 HV0.25N. (2) The scratch load of both the (Al60,Cr25,W15)(C,N) and the (Al64,Cr28,W8)(C,N) was over 130 N. (3) The aluminum/chromium/tungsten-based coating film can be used as a coating film of cemented carbide cutting tools in cutting hardened steel, sintered steel or hardened sintered steel.

研究分野：機械工作

キーワード：切削 (Al、Cr、W)系被膜 被膜特性 工具摩耗 焼入れ鋼 焼結鋼 PVDコーティング

1. 研究開始当初の背景

耐アブレシブ性に優れた高硬度セラミックス膜を、耐欠損性に優れた超合金母材にコーティングする技術は、新しい切削工具材を開発するために、極めて有効な方法である。切削工具用被膜としては、Tiを主成分とするTi系被膜の開発が、今まで進められてきた。

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しているため、高温下(最高使用温度 1100)でも安定して高硬度を維持することができるためである。しかしながら、(Al, Cr)系被膜は耐密着性、および被膜硬度にやや劣る。

以上のことから、耐密着性、および高アブレシブ性に優れた(Al, Cr)系被膜の開発が急がれている。

2. 研究の目的

研究代表者は、超合金母材の主成分であるWCに着目し、(Al, Cr)系被膜にWを加えることで密着強度を高めることが可能であると考え、(Al, Cr)系ターゲットにタングステン(W)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)系被膜に着目した。次に、この被膜が耐密着性、および高アブレシブ性に優れた被膜であることを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

耐密着性、および高アブレシブ性いずれにも優れた切削工具用被膜として考案した新しいタイプの被膜を実用化するために、

(1) 2種類のAl-Cr-W合金ターゲットを試作し、4種類の(Al, Cr, W)系被膜を超合金母材に形成させた。

(2) (Al, Cr, W)系被膜の被膜特性(被膜厚さ、被膜硬度、密着強度)の評価を行った。なお、密着強度は、スクラッチ試験による限界荷重によって求めた。

(3) (Al, Cr, W)系被膜をコーティングした超硬インサートで焼入れ鋼、焼結鋼および焼入れ焼結鋼の乾式旋削を行い、(Al, Cr, W)系被膜の有効性を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 被膜特性

表1に、被膜特性を示す。

(Al60,Cr25,W15)(C,N)、および(Al64,Cr28,W8)(C,N)の被膜硬度は、それぞれ3080HV_{0.25N}、および3050HV_{0.25N}で、(Al,Cr)Nの2760HV_{0.25N}、(Ti,Al)Nの2710HV_{0.25N}より高硬度である。

(Al60,Cr25,W15)(C,N)、および(Al64,Cr28,W8)(C,N)被膜の密着強度は、いずれも130N以上で、(Al,Cr)Nの77N、(Ti,Al)Nの73Nより高密着性である。

以上ことから、(Al, Cr, W)ターゲット用

いて(Al, Cr, W)系被膜を形成させる場合、窒炭化が望ましいことが分かる。

表1 被膜特性

被膜	被膜硬度 HV _{0.25N}	被膜厚さ (μm)	密着強度 (N)
(Al64,Cr28,W8)N	3140	4.4	93
(Al60,Cr25,W15)N	3110	4.4	81
(Al64,Cr28,W8)(C,N)	3050	3.5	>130
(Al60,Cr25,W15)(C,N)	3080	3.3	>130

(2) 切削性能

4種類の(Al, Cr, W)系被膜をコーティングした超硬インサートで焼入れ鋼、焼結鋼および焼入れ焼結鋼の乾式旋削を行った結果、主な工具損傷は、逃げ面摩耗幅であった。このため、切削距離(L)が逃げ面摩耗幅の最大値(VBmax)に及ぼす影響を調べた。

焼入れ鋼 SKD11 (60HRC) 旋削の場合

切削速度 0.5 m/s、送り 0.1 mm/rev、切込み 0.1 mm で、焼入れ鋼の乾式旋削を行った。使用した焼入れ鋼 SKD11 の化学成分を表2に示す。

表2 化学成分 (mass %)

Cr	C	Mo	Mn	Si	V
11.5	1.47	0.82	0.37	0.32	0.20

図1に、工具の摩耗進行を示す。(Al, Cr)系被膜に、タングステン(W)を加えた5種類の(Al, Cr, W)系被膜コーテッド超硬インサートの摩耗進行は、市販の(Al, Cr)Nコーテッド超硬インサートの摩耗進行に比べかなり遅くなっている。また、(Al64,Cr28,W8)(C,N)、および(Al60,Cr25,W15)(C,N)コーテッド超硬インサートの摩耗進行は、市販の(Ti, Al)Nコーテッド超硬インサートの摩耗進行と同程度である。

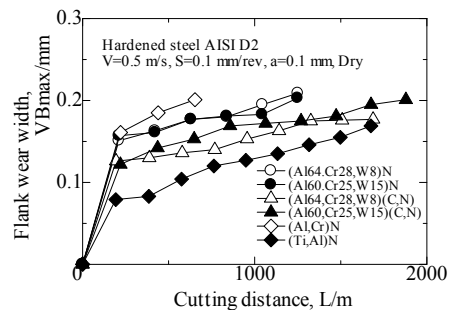


図1 工具の摩耗進行

以上のことから、(Al, Cr)系被膜に、タングステン(W)を加えることは、工具の耐摩耗性を向上させるのに有効である。

焼結鋼 (129 HBS)旋削の場合

切削速度 5.0 m/s、送り 0.1 mm/rev、切込み 0.1 mm で、焼結鋼の乾式旋削を行った。使用した焼結鋼の化学成分を表 3 に示す。なお、焼結鋼の密度は、7.1 Mg/m³ である。

表 3 化学成分

C	Cu	Ni	Mo
0.3~0.7	1.0~2.0	3.0~5.0	0.2~0.8

焼結鋼切削においては、(Al, Cr) N コーテッド超硬インサートの摩耗進行は、(Ti, Al) N コーテッド超硬インサートの摩耗進行に比べ、かなり遅いことが報告されている。このため、焼結鋼の旋削では、市販の (Al, Cr) N コーテッド超硬インサートの摩耗進行と比較した。また、4 種類の (Al, Cr, W) 系被膜をコーティングした超硬インサートの内、焼入れ鋼の切削に有効な (Al64, Cr28, W8)(C, N)、および (Al60, Cr25, W15)(C, N) コーテッド超硬インサートを使用した。

図 2 に、工具の摩耗進行を示す。焼結鋼旋削の場合も、(Al, Cr, W) 系被膜コーテッド超硬インサートの摩耗進行は、市販の (Al, Cr) N コーテッド超硬インサートの摩耗進行に比べかなり遅くなっている。また、(Al64, Cr28, W8)(C, N) コーテッド超硬インサートの摩耗進行がかなり遅くあり、焼結鋼の旋削では、(Al64, Cr28, W8)(C, N) が耐摩耗性に有効な被膜であることが分かる。

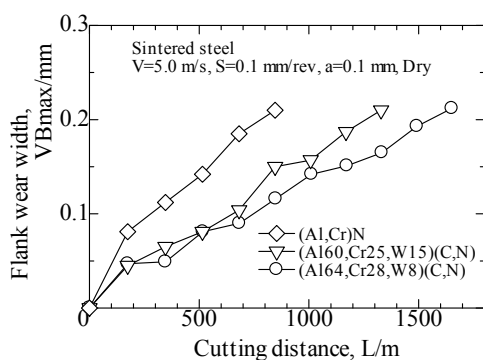


図 2 工具の摩耗進行

焼結焼入れ鋼 (339HBS)旋削の場合

切削速度 0.42、1.67 m/s、送り 0.1 mm/rev、切込み 0.1 mm で、焼入れ焼結鋼の乾式旋削を行った。使用した焼入れ焼結鋼は、表 3 に示した焼結鋼に熱処理を施し、高硬度にしたものである。

図 3 に、工具の摩耗進行を示す。なお、切削速度は、0.42 m/s の場合である。焼入れ焼結鋼旋削の場合も、(Al, Cr, W) 系被膜コー

テッド超硬インサートの摩耗進行は、市販の (Ti, Al) N コーテッド超硬インサートの摩耗進行に比べかなり遅くなっている。また、(Al64, Cr28, W8)(C, N) コーテッド超硬インサートの摩耗進行と、(Al60, Cr25, W15)(C, N) コーテッド超硬インサートの摩耗進行を比較すると大差ない。そこで、切削速度を 1.67 m/s に上昇させて焼入れ焼結鋼の高速度旋削を行った。

図 4 に工具の摩耗進行を示す。なお、切削速度は、1.67 m/s の場合である。また、図 4 には、切削速度 0.42 m/s の場合も示す。高速度旋削では、(Al64, Cr28, W8)(C, N) コーテッド超硬インサートの摩耗進行は、(Al60, Cr25, W15)(C, N) コーテッド超硬インサートに比べ遅くあり、焼結焼入れ鋼の高速度旋削では、(Al64, Cr28, W8)(C, N) が耐摩耗性に有効な被膜であることが分かる。

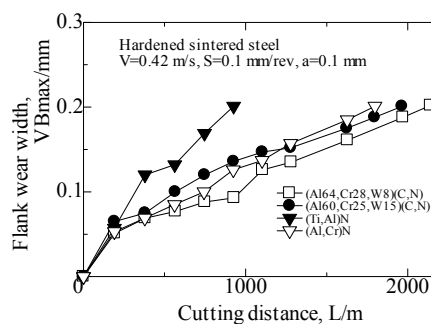


図 3 工具の摩耗進行 (切削速度 0.42 m/s)

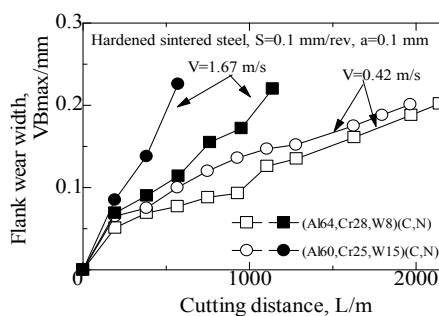


図 4 工具の摩耗進行 (切削速度 1.67 m/s)

<引用文献>

Tadahiro Wada, Mitsunori Ozaki, Hiroyuki Hanyu, and Kinya Kawase: Tool Wear of Aluminum-Chromium Based Coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel, LACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol.6, No.3 (2014), pp. 223-226

Tadahiro Wada: Tool Wear of Aluminum-Chromium Based Coated

Cutting Tool, Abstract of NANO KOREA 2012, August 16-18 2012, Seoul, KOREA, P1208_030

和田任弘、岩本晃二、羽生博之、川瀬欣也：焼結鋼切削における(Al,Cr)N コーテッド超硬合金の工具摩耗、粉体および粉末冶金、Vol.58、 No.8、(2011)、pp.459-462

奈良工業高等専門学校・機械工学科・教授
研究者番号：10141912

(2)研究分担者
なし

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Tadahiro Wada, and Hiroyuki Hanyu: Wear Mechanism of Aluminum/Chromium/Tungsten-based-coated Cemented Carbide Tools in Dry Cutting of Hardened Sintered Steel, International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME) Volume 3, Issue 2 (2015), pp.56-60.

Tadahiro Wada, and Hiroyuki Hanyu: Tool Wear of Aluminum/Chromium/Tungsten-based-coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel, Applied Mechanics and Materials, Vol. 772(2015), pp 72-76.

〔学会発表〕(計3件)

Tadahiro Wada, and Hiroyuki Hanyu: Tool Wear of Aluminum/Chromium/Tungsten-based-coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Steel, 2014 IMSS International Conference on Future Materials Engineering (ICME 2014) 2014. 10.27 ~ 10.28, フランス・パリ Holiday Inn Paris.

Tadahiro Wada, and Hiroyuki Hanyu : Tool Wear of Aluminum/Chromium/Tungsten-based-coated Cemented Carbide in Cutting Hardened Sintered Steel, 2014 3rd International Conference on Power Science and Engineering (ICPSE 2014), 2014.12.19 ~ 12.20. スペイン・バルセロナ Hotel Avenida Palace ****s.

Tadahiro Wada, and Hiroyuki Hanyu: Wear Mechanism of Aluminum/Chromium/Tungsten-based-coated Cemented Carbide Tools in Dry Cutting of Hardened Sintered Steel, ICAMME'15 : 3rd International Conference on Aerospace, Mechanical, Automotive and Materials Engineering, 2015.3.29 ~ 3.30, シンガポール Bayview Hotel.

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

和田 任弘 (WADA, Tadahiro)