

化學蒸着法에 의한 TiN被覆 超硬合金 切削工具에 관한 研究(第二報)

鄭 埜

材料工學科

(1980. 11. 10 접수)

〈抄 錄〉

WC-TiC-TaC-Co系의 超硬合金위에 TiN蒸着時 $TiCl_4$ 分壓에 따라서 $TiCl_4$ 에서 TiN으로 되는 理論的인 Yield (ξ_{TiN})를 溫度 1,000°K~1,500°K範圍에서 計算하였으며 또한 $TiCl_4$ 分壓과 Substrate의 Co含量이 Deposition rate에 미치는 影響을 調査하였다. 이때 얻어진 結果는 Coating두께가 增加함에 따라 Coated Tool의 抗折力은 減少하며, Tool의 Co含量 增加에 따라 顯著하게 鈍化됨을 알 수 있었다. Coated Tool의 Surface Roughness는 蒸着溫度에 依해 支配를 받으며 TiN Coating의 微小硬도는 1,700~2,000kg/mm² 값을 갖는다. TiN Coating을 하므로서 磨耗抵抗은 현저하게 增加하여 uncoated tool에 비해 Crater Wear resistance는 20배, Flank Wear resistance는 6배 增加함을 確認하였다.

The Chemical Vapor Deposition of TiN on Cemented Tungsten Carbide Cutting Tools (Part II)

Eun Chung

Deptment of Materials Science

(Received November 10, 1980)

〈Abstract〉

In developing a TiN Coating for cobalt bonded WC-TiC-TaC, theoretical calculations of percent conversion of $TiCl_4$ as a function of $TiCl_4$ partial pressure were carried out in the temperature range of 1,000°K—1,500°K.

In addition, the effect of the $TiCl_4$ partial pressure and cobalt content of the substrate on the deposition rate were investigated.

The transverse rupture strength is noticeably reduced by the coating, the extent of this decrease depending thickness.

Concerning the deposition of the smooth coating layers, it was observed that surface roughness is influenced by deposition temperature

The TiN coating had hardness values of 1,700—2,000Kg/mm²

The wear resistance of TiN layers is tested in turning steel and it was observed that Crater resistance is 20 times, Flank resistance is 6 times better than uncoated tools.

I. 緒 論

本 研究 第1報⁽¹⁾에서는 超硬合金 위에 CVD法(化

學蒸着法)으로 TiN을 蒸着시켰을 때 蒸着因子인 Gas의 組成(H_2/N_2 流量比), 蒸着時間, 蒸着溫度가 TiN의 Deposition Rate에 미치는 影響에 對하여 研究하였다. 本報에서는 第1報에 이어

첫째 : $TiCl_4$ 분압 변화에 따른 TiN Deposition rate의 理論的인 計算과 實際 $TiCl_4$ 분압에 따른 Deposition rate의 影響

두째 : 反應管內의 位置에 따른 Coating의 影響 및 Tool의 Co含量에 따른 Deposition rate의 影響

세째 : Coating層 및 Tool의 Cobalt含量에 따른 抗折力의 影響

네째 : 蒸着溫度 變化에 따른 Coating層의 Surface Appearance의 影響

다섯째 : TiN Coating層의 微小硬度

여섯째 : Coating層의 X-ray 觀察

일곱째 : 磨耗抵抗 試驗

에 대한 研究를 遂行하였다.

II. 實驗方法

1. 蒸着裝置 및 方法

本 實驗에 使用된 蒸着裝置 및 實驗方法은 第1報⁽¹⁾의 同一하다.

2. 試片의 準備

本 實驗에서 使用한 Substrate는 大韓重石(株)의 製品으로 試片의 規格은 Table (1)과 같다.

Table 1. Chemical Composition of C. T. C used in this Study.

GRADE	STYLE	COMPOSITION(w/o)			
		WC	Co	TaC	TiC
KTP 25	SNGN 432	74-76	6-8	10-12	2-4
KTP 30	"	70-73	8-9	11-12	8-9
KTE 10	T. R. S Specimen (A. S. T. M)	94	6		
KTD 40	"	88	12		
KTD 70	"	75	25		

3. 試片의 試驗

蒸着層 두께 측정은 Microderm® (Model MD-4), Coated Tool의 抗折力 測定은 ASTM B406-70(Standard Method of Test: Transverse Rupture Strength of Cemented Carbides)에 依한 抗

折力 Fixture, Coating層의 微小硬度는 Microvic-kers硬度計(load 50g)로 各試片에 對해 7回以上 測定하여 平均값을 求하였다. Coating層의 成分 分析은 X-ray Diffractometer (Cu, $K\alpha$ radiation Ni Filter)를 使用하였고 磨耗抵抗 試驗은 旋盤으로 (American Pace Maker B14×30) 切削性能 試驗하여 Flank Wear와 Crater Wear를 工具顯微鏡에 依해 測定하였으며 磨耗抵抗 時 Chip과의 反應 部分에 對해서는 Electron Probe Micro Analyzer에 依해 調査하였으며 測定條件은 加速전압 25 KV, 糸로전류가 $30\mu A$, X線사출 角度가 35° 이었다.

III. 實驗結果 및 檢討

1. 化學蒸着法에 依한 TiN Deposition rate의 理論的인 計算

가. 蒸着反應 : $TiCl_4(g) + \frac{1}{2}N_2(g) \rightarrow TiN(s) + 4HCl(g)$ $\Delta G_R^\circ = 12,230 - 12.62 T$ (cal/Formula Change)

나. 蒸着條件: $P = P_{0, TiCl_4} + P_{0, N_2} + P_{0, H_2} = 1$ atmosphere

$$Y = \left(\frac{P_{0, TiCl_4}}{P_{0, N_2}} \right) = \text{Stoichiometry Parameter}$$

TiN Coating層의 Deposition rate를 蒸着溫度 1,000°K, 1,200°K, 1,400°K, 1,500°K에서 $TiCl_4$ 分壓의 變化에 따라 理論的으로 計算한 結果를 Table (2)에 나타내었다.

여기서

P: Total Pressure

P_{0, N_2} : Initial Partial Pressure of N_2

P_{0, H_2} : Initial Partial Pressure of H_2

$P_{0, TiCl_4}$: Initial Partial Pressure of $TiCl_4$

Y: Stoichiometry Parameter

ξ_{TiN} : Extent of Reaction or Yield with respect to a component TiN

$100P_{0, TiCl_4} \xi_{TiN}$: Relative Maximum Deposition Rate

이다.

Table.2. Theoretical Yields for the Chemical Vapor Deposition of TiN.

		1,000°K		1,200°K		1,400°K		1,500°K	
$P_{0, TiCl_4}$	Y	ξ_{TiN}	$100P_{0, TiN_4} \times \xi$	ξ_{TiN}	$100P_{0, TiCl_4} \times \xi$	ξ_{TiC}	$100P_{0, TiCl_4} \times \xi$	ξ_{TiN}	$100P_{0, TiCl_4} \times \xi$
0.001	2	~1,000	~0.100	~1,000	~0.100	~1,000	~1,000	~1,000	~0.100
0.010		0.979	0.979	0.989	0.989	0.993	0.993	0.995	0.995
0.050		0.794	3.970	0.868	4.340	0.908	4.540	0.921	4.605
0.100		0.609	6.090	0.702	7.020	0.765	7.650	0.788	7.880
0.150		0.487	7.305	0.574	8.610	0.638	9.570	0.664	9.960
0.200		0.400	8.000	0.476	9.520	0.535	10.700	0.559	11.180
*0.286		0.294	8.408	0.352	10.067	0.397	11.354	0.415	11.869
0.001	0.2	~1,000	~0.100	~1,000	~0.100	~1,000	~0.100	~1,000	~0.100
0.010		0.999	0.999	~1,000	~1,000	~1,000	~1,000	~1,000	~1,000
0.050		0.902	4.510	0.955	4.775	0.976	4.880	0.982	4.910
0.100		0.578	5.780	0.675	6.750	0.743	7.430	0.770	7.700
0.150		0.199	2.985	0.227	3.405	0.246	3.690	0.253	3.795

*Stoichiometric Reactive Gas Phase Mixture at 1 Atmosphere: $P_{0, TiCl_4}=0.286$, $P_{0, N_2}=0.143$, $P_{0, H_2}=0.571$ atm.

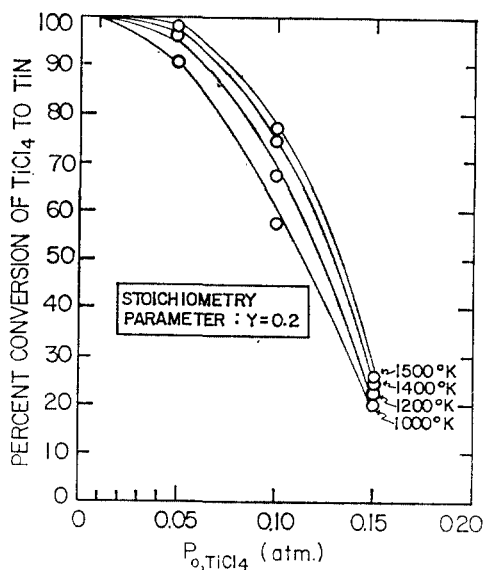


Fig.1. Maximum yield in the deposition of TiN at Various temperatures as a function of $P_{0, TiCl_4}$. (Conditions: $P_{0, N_2} + P_{0, H_2} + P_{0, TiCl_4} \sim 1$ atm Y = 0.2)

Fig(1), (2)는 Stoichiometry Parameter(Y)가 各各 0.2, 2일때 蒸着溫度 1,000°K, 1,20°K, 1, 400°K, 1,500°K에서의 $TiCl_4$ 分壓에 따른 TiN Yield를 圖示한 것이며 Fig(3), (4)는 各 蒸着溫度에서 $TiCl_4$ 分壓에 따른 Maximum Deposition rate를 圖示한 것이다. Fig(1), (2)에서 보면 $TiCl_4$ 分

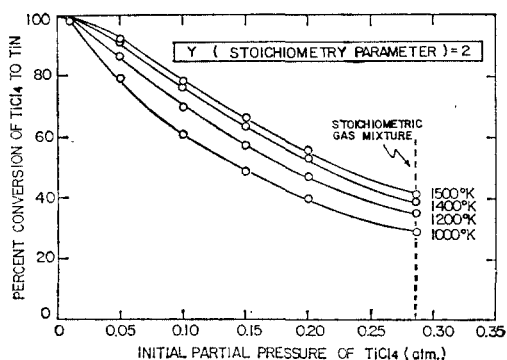


Fig.2. Maximum yield in the deposition of TiN at Various temperatures as a function of $P_{0, TiCl_4}$ (Conditions: $P_{0, N_2} + P_{0, H_2} + P_{0, TiCl_4} \sim 1$ Y = 2)

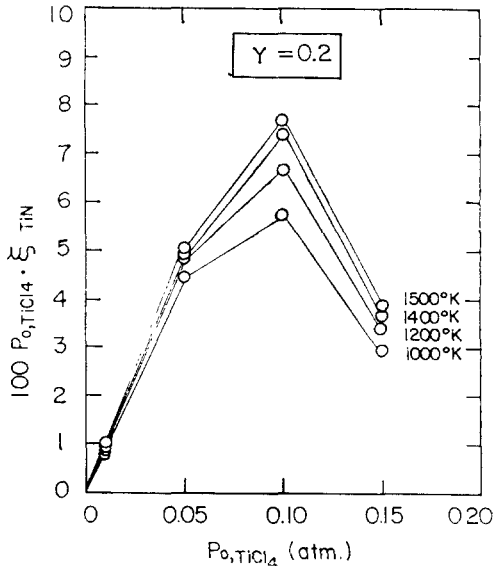


Fig.3. Graph of Maximum Deposition rate vs P_{0, TiCl₄}. (Conditions: Y=0.2)

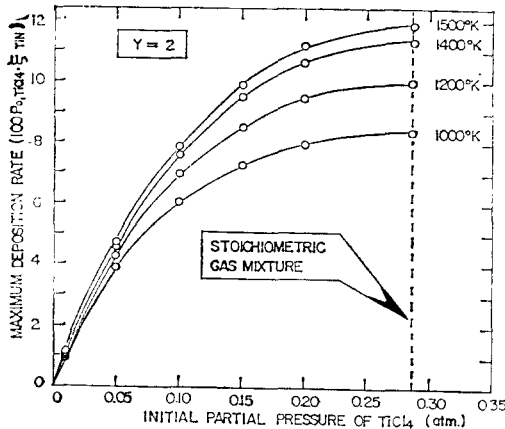


Fig.4. Graph of Maximum Deposition rate vs. P_{0, TiCl₄}. (Conditions: Y=2)

壓이 증가함에 따라 TiN Yield (ξ_{TiN})는 減少하고 Fig(3)의 경우(Y=2일때) Deposition rate(100 P_{0, TiCl₄} · ξ_{TiN})는 P_{0, TiCl₄}에 따라 Parabolic하게 增加하는 반면에 Y값이 0.2인 경우 Deposition rate(100 P_{0, TiCl₄} · ξ_{TiN})는 P_{0, TiCl₄}에 따라 0.1atm까지는 增加한다. 그 이후부터는 減少하는 것을 알 수 있다. 또한 全壓力(P)이 1기압일때 반응 Gas의 Stoichiometric mixture는 P_{0, TiCl₄}=0.286atm, P_{0, N₂}=0.143atm, P_{0, H₂}=0.571atm일때이다. Fig(5)는 H₂, N₂ Gas의 流

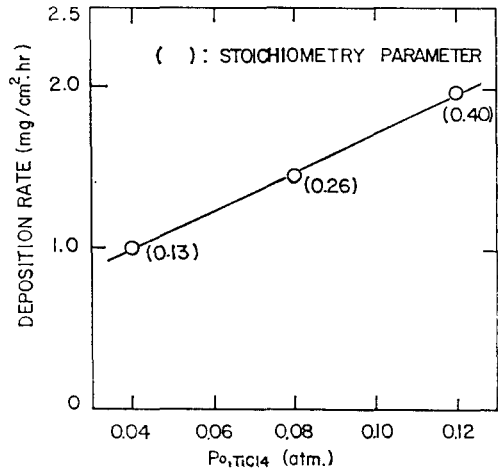


Fig.5. Effect of P_{0, TiCl₄} on Deposition rate of TiN.

량을 각각 1,000ml/min, 500ml/min, 증착온도를 1,030°C, 증착시간을 2시간으로 유지하고 TiCl₄分壓을 0.04atm, 0.08atm, 0.12atm으로 變化시켰을 때 Deposition rate를 조차한 것이다.

TiCl₄의 分壓은 溫度의 函數이고 一般的인 式은 logP_{mm}=A-B/T(°K)로 나타낼 수 있으며 본 實驗에서 使用한 常數 A, B는 各各 7.644, 1,948이며 溫度 範圍는 -20°C~84°C이다.

Fig (5)에서 알 수 있듯이 TiCl₄의 濃度가 增加함에 따라서 即 Vaporizer의 溫度를 增加시킨수록 反應 Gas의 濃度가 增加되어 Deposition rate가 增加하는 것을 알 수 있다.

Takeshi와 그의 동료들⁽²⁾의 研究에 依하면 Vaporizer에 N₂ Gas를 通過시켰을 때 單位 時間當 TiCl₄의 消耗量 增加는 TiN層의 두께를 增加시킨다고 報告하고 있으며, J. A. Bloom⁽³⁾도 Ti(CN) Coating에 있어서 TiCl₄의 分壓 變化에 따른 Coating層의 影響에 따라서 實驗한 결과 TiCl₄의 濃度(mole fraction)를 增加시키면 Deposition rate가 增加한다고 報告하고 있다.

2. 反應管 內의 位置에 따른 Coating層의 影響 및 Tool의 Cobalt含量에 따른 Deposition rate의 影響

反應管 內에서의 Gas흐름 방식⁽⁴⁾⁽⁵⁾은 Substrate 形態, Gas入口의 배열, Gas흐름 速度와 같은 因子에 依해 影響을 받는다. 또한 Substrate近處의 局

部的인 溫度, 反應 Gas의 濃度 句配에 依해서 不均一한 Coating層이 얻어진다.

이러한 局部的인 句配이외에도 反應 Gas의 枯渴과 反應管에 따라서 反應生成物 때문에 化學的인 濃度 句配가 發生한다. 本 實驗에서도 反應管의 Gas 入口로부터의 距離에 따른 Coating層의 差異를 確認할 수 있었으며 結果를 Fig (6)에 圖示하였다. Fig (7)은 一定한 蒸着溫度에서 Tool의 Cobalt含量

이 많을수록 Deposition rate가 增加하는 現象을 圖示한것으로 그 原因은 TiCl₄에서 遊離된 Ti가 Tool의 成分인 WC, TiC, TaC, Co와 反應시 WC-Ti, TiC-Ti, TaC-Ti,의 Wettability보다도 Ti-Co의 Wettability가 크기 때문이라고 說明할 수 있다.⁽⁶⁾ 또한 Hinterman과 Gass⁽⁷⁾에 依하면 TiC Coating時 Carbon이 豊富한 Cobalt相에서 Nucleation Density가 크고 이로 인하여 Coating層이 優先的으로 成長한다고 報告하고 있다. C. V. D.(化學蒸着) Process에서도 適用될 수 있는 Modern Nucleation 理論에 依하면 安定한 Nuclei(대개 몇개의 atom으로 이루어진) Substrate Surface위의 Preferred Site에서 生成되며, Nuclei의 成長은 直接的인 反應 Gas흐름이나 Substrate에서의 表面 擴散에 依해서 atom이 增加 되기 때문이라고 說明할 수 있다.⁽⁸⁾

3. Coating層 및 Tool의 Cobalt含量 變化에 따른 Tool의 抗折力의 影響

切削工具의 Toughness는 工具를 選擇하는데 重要な 因子가 된다. 3點 굽힘시험에 의해 Toughness를 測定한 결과 Coated Tool은 uncoated Tool에 비해 Brittle하다고 報告되고 있다.⁽⁹⁾ Richman과 Lee⁽¹⁰⁾에 의하면 Coated tool의 Toughness減少는 uncoated Tool의 20%~30%가 된다고 發表하고 있다. Fig (8)는 本 實驗에서 얻어진 結果로서 Coating層이 두꺼울수록 抗折力은 減少하는 現象을 나타내었으며, Cobalt含量이 增加함에 따라 減少하는 程度는 顯著히 鈍化되는 것을알 수 있다. 이는 Coating層에 의한 影響보다는 Substrate의 影響을 받기 때

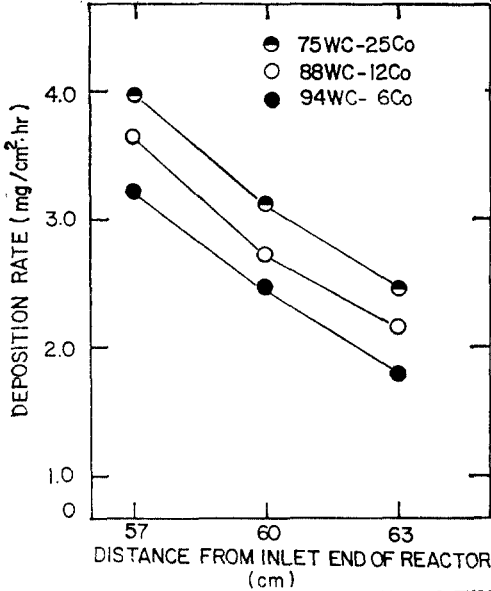


Fig. 6. Typical Thickness Profile of TiN Coating.

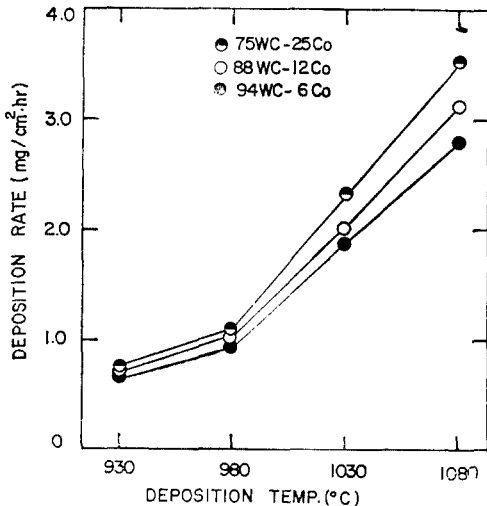


Fig. 7. Effect of Deposition Temp. on Deposition Rate.

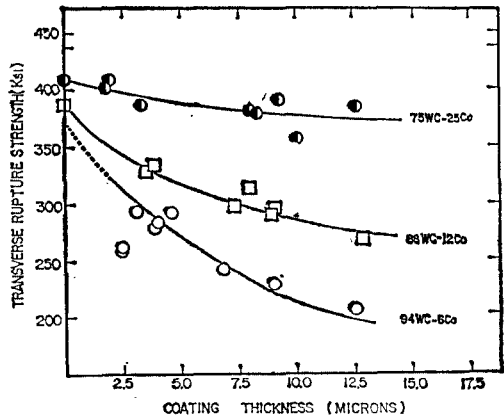


Fig. 8. Effect of Coating Thickness on Transverse Rupture Strength.

문이라고 생각된다.

Fracture Toughness가 減少하는 現象은 다음과 같이 說明할 수 있다. 蒸着 反應 初期에 表面 近處의 Cobalt Binder가 Evaporation되기 때문에 Ductile한 Binder phase가 Crack을 防止시킬 수 있는 能力을 喪失하게 되기 때문이며 또한 蒸着 反應에서 η -carbide ($M_{12}C$ or M_6C type)가 生成되기 때문에 說明할 수 있다.

Schintlmeister⁽¹¹⁾의 研究에 依하면 Coating組織도 또한 抗折力을 減少시키는 因子가 된다고 강조하고 있다. Cemented Carbide Tool위에 TiC를 Coating하였을시 Coating組織이 Grainy(Equiaxed)組織을 가질때 보다도 Columnar組織을 가질때가 抗折力 減少率이 더욱 顯著하다고 報告하고 있으며 그는 또한 Coating層과 Substrate의 Young's Modulus 左翼에 依한 Fracture Mechanism을 說明하

였다.

4. 蒸着溫度 變化에 따른 Coating層의 Surface Appearance 影響

Fig (9)은 蒸着溫度를 930°C, 980°C, 1,030°C, 1,080°C로 變化시켰을 時의 Surface Morphology 變化를 나타낸 것으로 蒸着溫度를 增加시킬때 따라 TiN Grain들이 成長하는 것을 알 수 있다. 또한 蒸着時間을 增加시킬때 이라도 Grain들이 成長하는 것을 闡釋하였다. Hinterman과 Gass⁽¹²⁾도 Grain Size나 Surface Roughness는 蒸着溫度, 反應 Gas의 壓力, Gas의 組成에 依해 支配된다고 報告하고 있다. 例를들면 다른 因子가 一定할시 蒸着溫度가 낮을수록 Smooth한 Surface를 얻을 수 있다고 볼 때 본 研究 結果와도 一致함을 알 수 있다.

Schintlmeister⁽¹³⁾는 TiN Coating의 Surface는

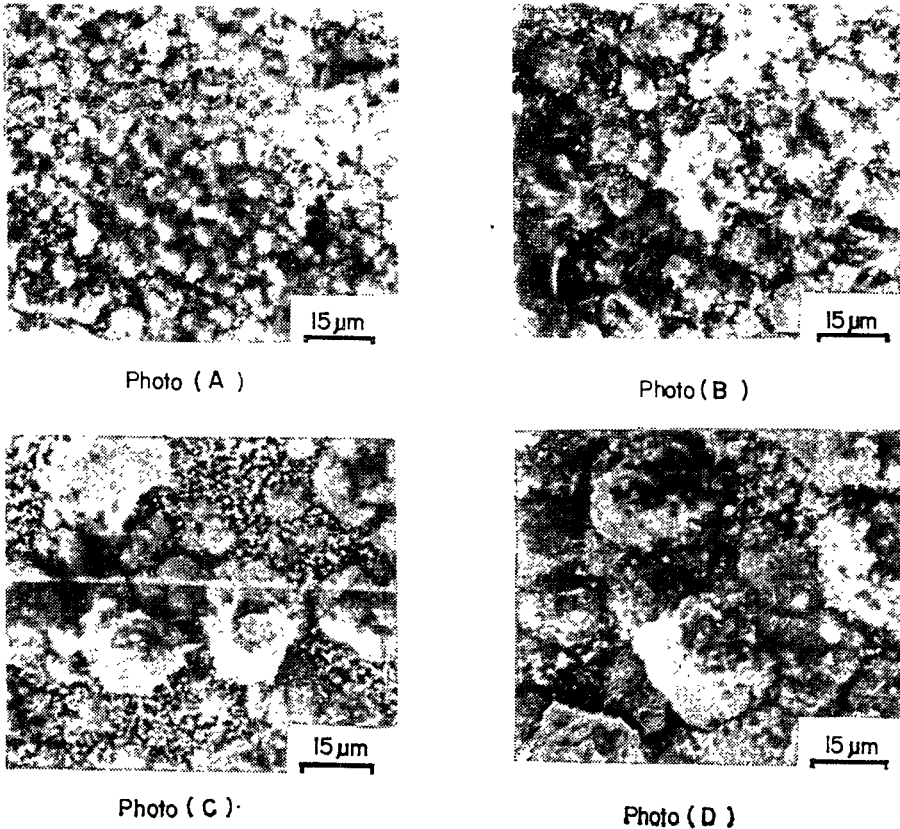


Fig. 9. Scanning Electron Micrographs of as-coated TiN Surface on C.T.C Tools.

(A) 930°C (B) 980°C (C) 1030°C (D) 1080°C

電子顯微鏡으로 觀察한 결과 Pyramid, Stellate 形態의 Crystal이 發見되기도 한다고 報告하고 있으나 본 研究 結果에서는 Crystal이 Whisker 狀態의 針狀結晶이 存在함을 確인할 수 있었다. 어떠한 形態의 Grain들이 Metal Cutting시에 Wear Resistance를 增加시키는지 여부는 본 研究에서는 確인할 수 없지만 Takeshi와 그의 동료들⁽²⁾에 의하면 Grain들이 緻密하고, 微細한 Grain들이 random orientation을 가질 때 Cutting Performance 면에서 優秀하다고 報告하고 있다.

5. TiN Coating 層의 微小硬度

Fig (10)은 C. V. D. Coating材의 微小硬度를 圖示한 것으로 TiN Coating層의 微小硬度는 1,700~2,700kg/mm²의 값을 갖는다고 報告하고 있다.⁽¹⁴⁾ Fig (11)는 Kennedy와 Scheuermann⁽¹⁵⁾이 Reactive Ion Plating法에 의해서 TiN Coating層의 Hardness Gradient를 나타낸 것으로 Substrate 表面으로부터 距離가 멀어질수록 硬度가 增加하는 것을 알 수 있다. 본 研究에서 얻어진 結果는 Substrate表面으로부터 距離에 따라 測定한 값이 아니며 硬度를 測定기 爲한 試片準備가 余의치 않아 滿足할만한 Coating層의 硬度만을 測定 調査하였다. Synielnikowa⁽¹⁶⁾는 TiN Coating層의 硬度를 測定한 결과 $H=1,550 \pm 20 \text{ kg/mm}^2$, Samsonov와 그의

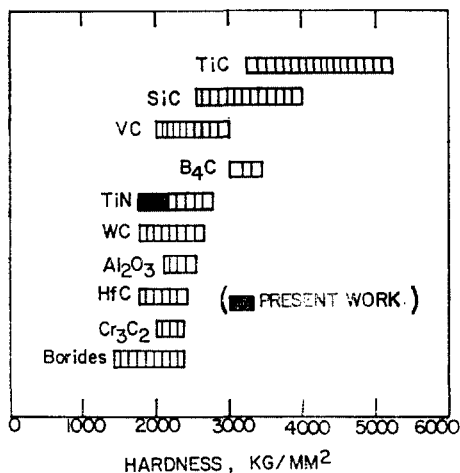


Fig. 19. Microhardness (HV) of Some C. V. D Coatings.

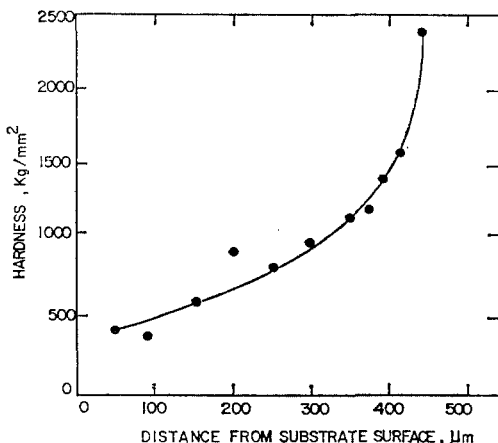


Fig. 11. Hardness Gradient of TiN Coating. (Data From Kennedy & Scheuermann)

동료들은⁽¹⁷⁾ 1994kg/mm²를 갖는다고 報告하고 있다. Metal Cutting時 硬度의 影響을 考慮할때 Tool이 被削材에 비해 어느정도 Hard해야 되는가 하는 문제는 아직 完結하게 確立되고 있지 않지만, Slip line field theory(슬립 線場理論)에 의하면 Tool의 塑性變形을 防止하기 위해 被削材 硬度의 4.2배를 가지야 한다고 報告하고 있다.⁽¹⁸⁾

6. Coating層의 X-ray 觀察

Fig (12)은 代表的인 TiN Coated Tool의 X-ray Diffraction Pattern이며 測定된 試料의 蒸着條件은 Table (3)과 같다. 여기서 얻어진 X-ray Diffraction peak를 分析한 결과 TiN相, WC相, η 相 및 不純物이 存在함을 알 수 있으며, WC相이 나타난 것은 Coating層의 弱한 부분에 X-ray beam이 Coating層을 通過하였기 때문이다. 不純物 peak의 成分은 分析할 수 없었으나 不純物의 生成 原因은 反應 Gas內의 不純物이거나 또는 Stainless Steel로된 反應管의 不純物이 反應溫度에서 H₂, N₂, TiCl₄ Gas등과 反應하여 Coating層 內에 생겼을 가능성이 있다.

그러나 본 實驗에서 使用한 Gas中 H₂ Gas는 Dew Point가 -65° F로 매우 純度가 높으며, N₂ Gas는 Deoxidizer 및 乾燥탑을 通過시켰기 때문에 Coating層 內에 不純物이 생겼을 가능성은 없다. 그러므로 不純物은 Stainless Steel 反應管의 不純物때문에 생겼으므로 생각된다.

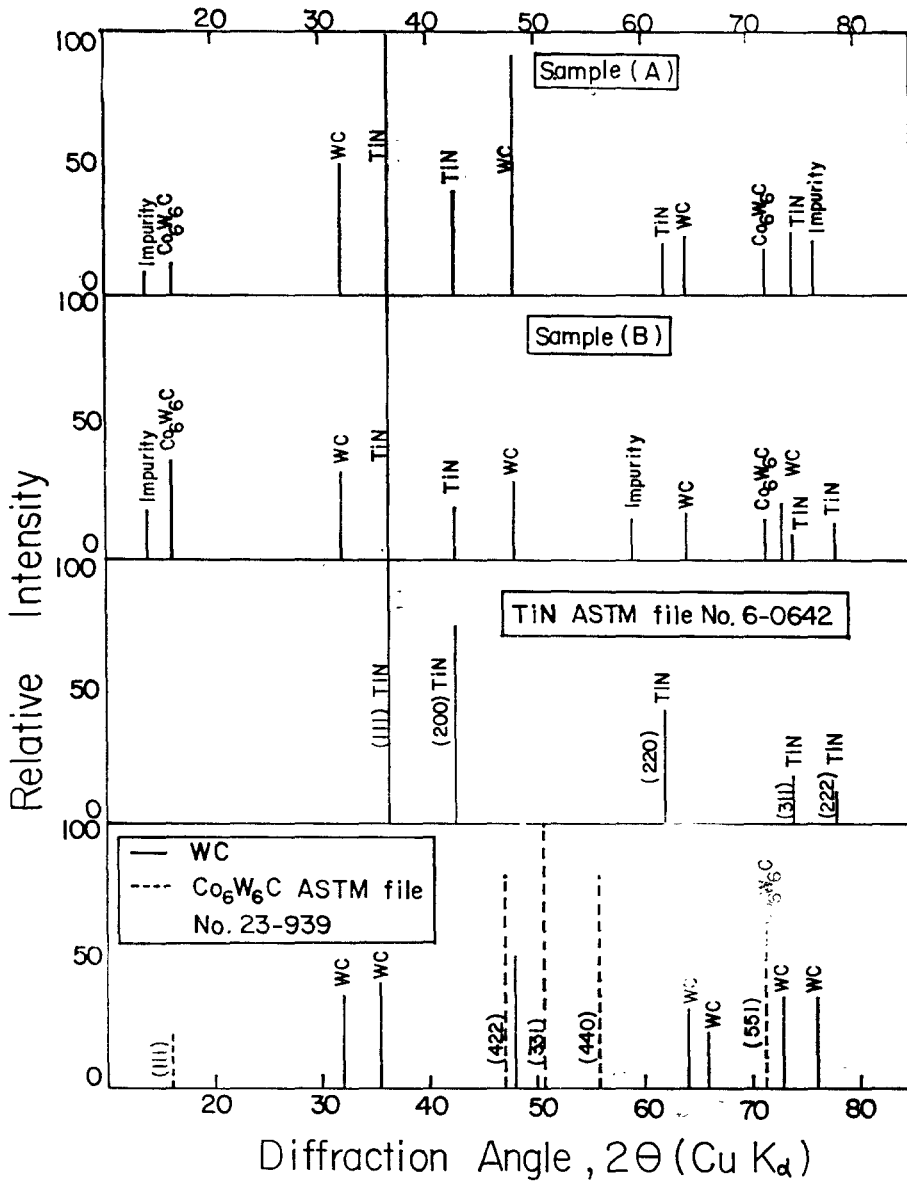


Fig.12. X-ray Diffraction Patterns of TiN Coating on C.T.C Substrate and A.S.T.M. FILE.

Table.3. Deposition Conditions for TiN.

Sample	Deposition Temperature	Deposition Time	$P_{O_2, TiCl_4}$	$P_{O_2, H_2}/P_{O_2, N_2}$	Coating Thickness
A	1030°C	3hrs	0.121atm	2	12 μ m
B	1030°C	7.5hrs	0.089atm	2	20 μ m

Richman과 그의 동료들도⁽¹⁸⁾ Stainless Steel 反應管을 使用할 경우(Fe, Cr)不純物 層의 存在를 顯微鏡 觀察를 통하여 確認하여 報告하고 있기 때문 이다.

Diffraction Pattern에서 나타난 η -相은 Co, W, C의 化合物로서 그 종류는 $M_{12}C$ type (Co_8W_6C), M_6C type (Co_3W_3C , Co_2W_4C)가 있으며 TiC Coating의 境遇는 주로 M_6C type인 Co_3W_3C 와 $M_{12}C$ type인 Co_8W_6C 가 생기며, η -相은 너무 脆弱하여 좋지않다는 理論^(19,20)과 Coating層과 Substrate와 의 結合力을 強하게 하고 磨耗試驗시 Diffusion barrier役割을 하기 때문에 좋다는 理論이 있다.⁽¹⁰⁾
²¹⁾ 本 研究에서 生成된 η -相의 Diffraction peak를 A. S. T. M Card No. 23-939와 比較하면 一致하므로 η -相의 成分은 Co_8W_6C 임을 알 수 있다.

Takeshi⁽²²⁾ 研究에 依하면 TiC Coating時 Gas層의 炭素와 同時에 Substrate에서도 炭素를 取하기 때문에 η -相이 生成하기 容易하지만 TiN Coating時는 이러한 η -相이 生成되지 않는 利點이 있다고 報告하고 있다. 또한 그는 反應溫度가 높을 경우 (220) peak가 가장 큰 強度를 가지며 TiN의 蒸着層이 Substrate 表面에 (110)面이 于先背向된다고 報告하고 있으며, Mah와 Nordin⁽²²⁾ 등은 Sputtering法에 依해서 TiN Coating時 Substrate에 나타난 (100)面이 于先背向 된다고 發表하고 있다. 本 研究에서는 代表的인 Sample에 대해서만 Diffraction pattern을 얻을 수 있었기 때문에 蒸着因子를 變化 시킴에 따라 于先背向 關係를 자세히 言及할 수 없으나 Sample A, B에 對해서 說明하면 TiN Coating層의 于先背向은 (111)面이라 말할 수 있다.

7. 磨耗抵抗 試驗

工具에 發生하는 磨耗量은 磨耗가 發生하는 接觸 部위를 기준으로 Flank Wear와 Crater Wear로 分類하며, Flank Wear는 Tool과 被削材가 直接 닿 는 部分에서 生成되며, 이때 生成된 Flank Wear 量을 Wear land의 길이로서 表示되며 Crater Wear는 Chip이 닿는 部分에 生成되며 이때 生成된 Crater Wear의 量을 Max. Crater Depth로 表示 한다. 本 研究에서는 磨耗抵抗 試驗은 1,030°C에서 3時間 Coating한 試片이 대해서만 調査하였다.

Fig (13)은 Uncoated와 Coated Tool의 Comparative Machining Data로서 切削時間 變化에 따른

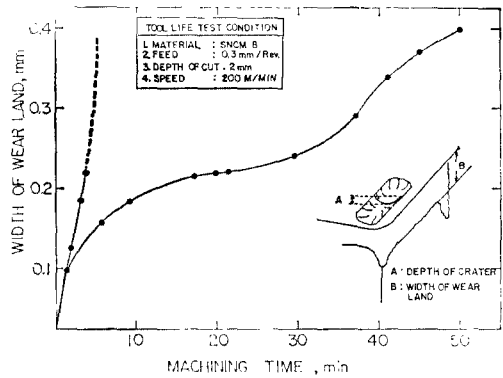


Fig.13. Comparative Machining Data on Coated & Uncoated Carbide Tools.

Flank Wear量을 나타내고 있으며 Uncoated Tool의 Flank Wear는 急激히 增加하지만(0.22mm/3분 40초) Coated Tool의 Flank Wear는 切削時間이 50분이 되어야 0.4mm에 到達하게 되며, Uncoated Tool의 Flank Wear 0.22mm를 基準으로 할 때 Coated Tool이 0.22mm에 到達하는 切削時間은 22분으로 Flank Wear抵抗은 Uncoated Tool에 比해 6倍 增加 現象을 보았다. Fig (14)은 Uncoated와 Coated Tool의 Comparative Machining Data로서 切削時間 變化에 따른 Crater Wear의 量을 나타내고 있으며 Uncoated Tool의 Crater Wear는 急激히 增加하여 切削時間이 3分 경과하였을 때 95 μ m에 到達하게 되며 3分 40秒 경과하였을 때는 250

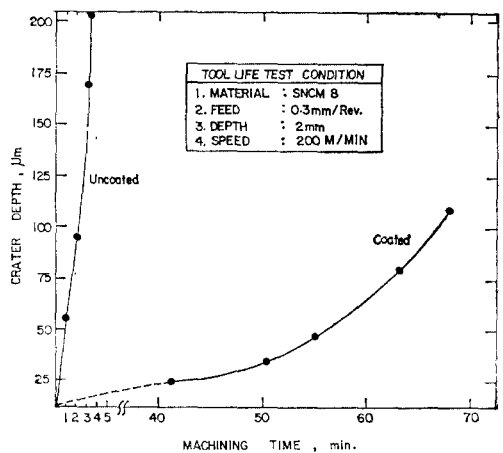


Fig.14. Comparative Machining Data on Coated & Uncoated Carbide Tool.

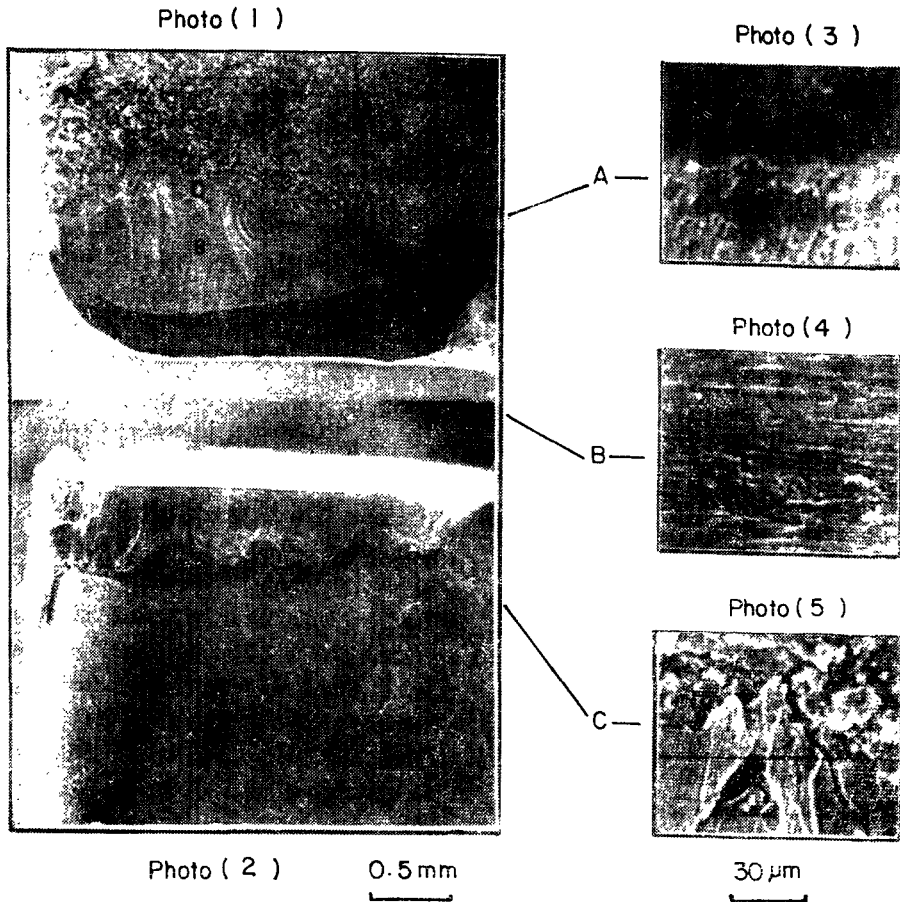


Fig. 15. Crater & Flank Wear of Coated Tool After Cutting for 68.5 Minutes at a Speed of 200m/min. (Feed: 0.3mm/rev., D-C: 2mm).

◦ Depth of Crater: 110 μ m

◦ Width of Wear Land: 0.55mm.

μ m에 도달하였다. Coated Tool의 Crater Wear는 처음에는 거의 생성되지 않고 34분이 경과한 후부터 생성되기 시작하여 68.5분이 경과한 후에는 110 μ m에 도달하게 되어 도구 수명을 다하게 된다.

Crater Wear는 100 μ m으로, 정당한 Coated Tool의 Flank Wear Resistance는 Uncoated Tool에 비해 20배 증가하는 현상을 보인다.

Fig (15)은 Cutting Speed 200m/min, Feed 0.3 mm/rev, Depth of Cut은 2mm의 條件으로 Normal Cutting時 68.5분 경과후의 Coated Tool의 Depth of Crater(photo 1), Width of Wear Land(photo 2)을 圖示한 것으로 이때의 Crater Wear는 110 μ m

Flank Wear는 0.55mm이었다. photo(3), photo (4)는 Crater의 바깥부분과 중앙부분으로서 Workpiece와 Tool이 Welding된 現象을 確認할 수 있었 으며 photo(5)에서는 Coating층과 Welding된 現象이 共存하는 것을 알 수 있다. Fig (16)은 Workpiece와 Tool이 Welding된 부분의 E.P.M.A에 의한 결과를 나타낸 것이고 photo(6) X-ray Image의 사진이고 photo(7)은 Line Profile (Fe 성분)을 나타낸 사진이다. photo(6)에서의 최부분은 Workpiece에서의 Fe성분의 Weld된것을 보여준 것이고 photo(7)에서의 Fe성분의 peak를 나타낸 것이다. Fig (17)은 Cutting Speed 200m/min, Feed 0.3

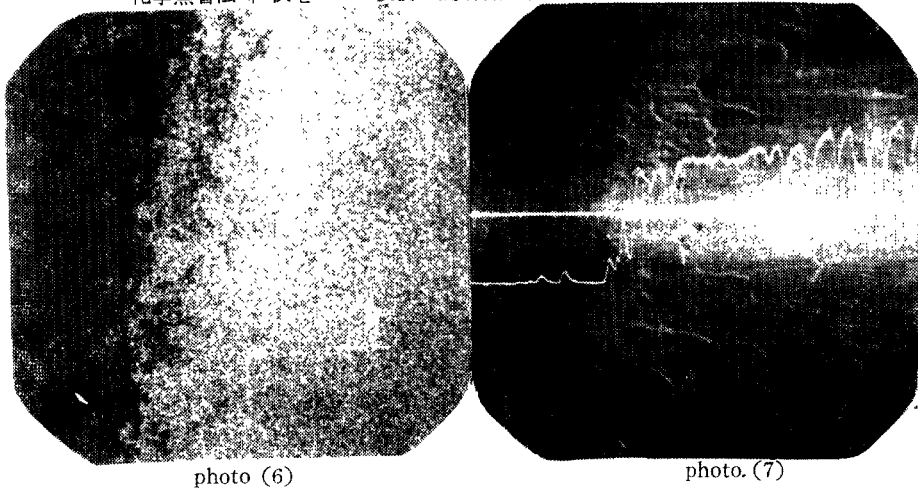


photo (6)

photo. (7)

Fig.16. Electron Probe Micro Analysis of Welding Zone.

photo(6); X-ray Image Method

photo(7); Line profile Method

Photo (8)

Photo (10)

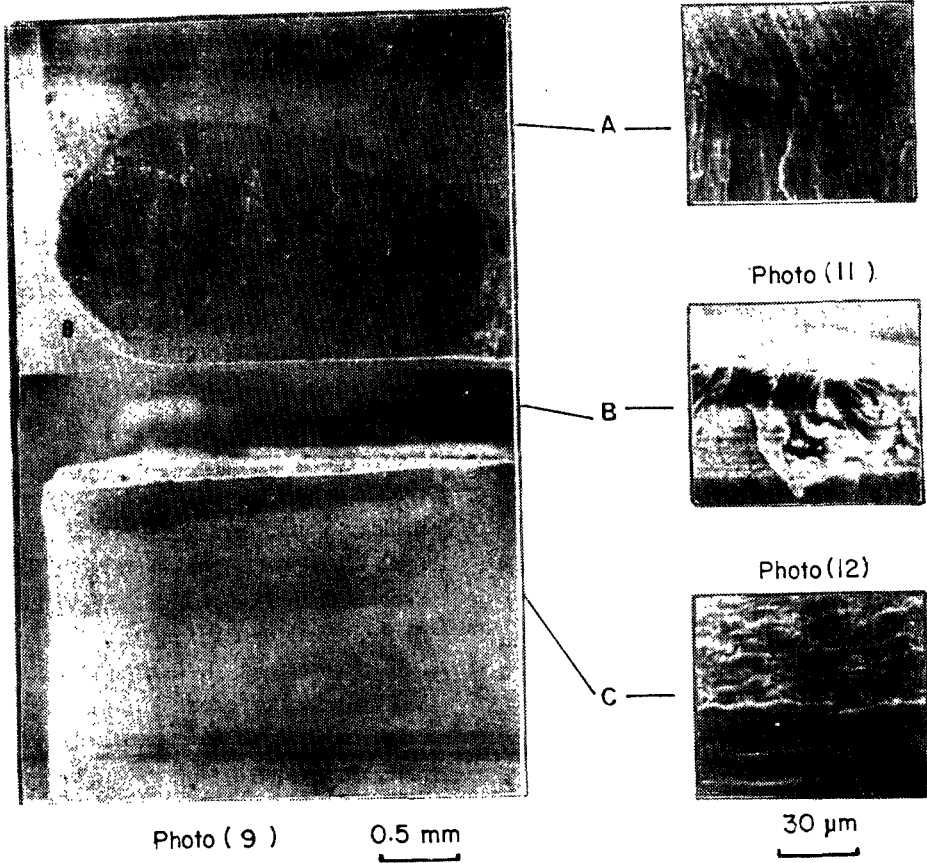


Photo (9)

0.5 mm

Photo (11)

Photo (12)

30 μm

Fig.17. Crater & Flank Wear of Uncoated Tool After Cutting for 3.7Minutes at a Speed of 200m/min (Feed: 0.3mm/rev., D:-2mm).

◦ Depth of Crater:295μm

◦ Width of Wear Land:0.22mm

mm/rev. Depth of Cut 2mm의 條件으로 Normal Cutting時 3分40초 경과 후의 Uncoated Tool Depth of Crater(photo8), Width of Wear land (photo9)를 도시한 것으로 이때의 Crater Wear는 205 μ m, Flank Wear는 0.2mm이었다. photo(10) photo(11)에서는 Workpiece와 Tool이 Welding된 현상을 확인할 수 있으며 photo(12)는 Tool의 Corner部分으로 Build-up Edge 현상을 확인할 수 있다.

IV. 結 論

本 實驗 結果 얻어진 結論은 다음과 같다.

1. TiCl₄分壓 (P_{0, TiCl₄}), Tool의 Co含量 增加는 Deposition rate를 增加시킨다.
2. Coating Thickness가 增加함에 따라 Coated Tool의 抗折力은 減少하며 Tool의 Cobalt含量 增加에 따라 顯著하게 鈍化된다.
3. Coated Tool의 Surface roughness는 증착온도 증착시간에 의해 支配된다.
4. TiN Coating의 Microhardness는 1,700~2,000kg/mm²의 값을 갖는다.
5. X-ray回折法에 의해 成分을 分析한 결과 Coating層이 TiN임을 확인하고 一部에서는 η -Carbide (Co₆W₆C)와 Reactor内部에서 混入될 수 있는 Impurity를 확인하였다.
6. TiN Coating을 함으로서 磨耗抵抗은 현저하게 增加하여 Crater Wear Resistance는 Uncoated Tool에 비해 20倍 增加하며 Flank Wear Resistance는 Uncoated Tool에 비해 6倍 增加한다.

참 고 문 헌

1. E. Chung: UIT Report, Vol.11. No.2(1980) p.239.
2. Takeshi Sadahiro, Toshiati Cho and Susumu Yamaya: "Chemical Vapor Deposition of TiN on Cemented Carbides"
3. G. F. Wakefield and J. A. Bloom: "Preparation and Properties of Titanium Carbonitride" Proc. of Conference on CVD(3rd) p.397.
4. H. Mantle et. al: Proc. of 5th International Conference on CVD(1975) p.540.
5. R. Takahashi et. al: J. Electrochem Soc.

(1972) 119, 1406.

6. C. K. Jun: Private Communications.
7. H. Gass, H. Mantle and H.E. Hintermann: The 5th Int. Conf. on CVD (1975) p.99.
8. J.P. Hirth and G.M. Pound: "Condensation and Evaporation" Pergamon Press, Oxford (1963).
9. Nam. P.Suh: "Coated Carted Carbides-Past, Present and Future" Carbide Journal Vol.9 No.1 (1977), p.3.
10. M.H. Richman and M. Lee: Metals Technology Vol.1, part 12 (1974) p.538.
11. W.Schintlmeister, K.Packer K.Pfaffinger: Proc. of the 5th. Int. Conf. on CVD (1975) p.523.
12. H.E. Hintermann and H. Gass: Schweiz. Arch. 33(No.6) 6 (1967).
13. W. Schintlmeister and O. Packer: J. Vac. Sci. Technol. Vol.12 No.4 July/August(1975) p.743.
14. N. J. Archer and K.K. Yee: "CVD Tungsten Carbide Wear-Resistant Coatings Formed at low Temperature" 9th plansee Seminar preprints(1977) part29.
15. K. D. Kennedy and G. R. Scheuermann: U.S. patent No.3,900, 592(1975).
16. W. Synielnikowa, T. Niemyski, J. panczyk. J. Less Common Metals 23 (1971) 1.17.
17. G. W. Samsonov: Nicridy, Naukova Dumka, Kiev (1969).
18. M. Lee and M. H. Richman: Metals Technology Vol.1. part 12 (1974) p.538.
19. R. Ljungqvist: "Development of Titanium Carbide Coated Cemented Carbide Inserts" 3rd Int. Conf. on CVD p.383.
20. W. Ruppert, et al: Interlayers between CVD Coatings and Base Materials" 3rd Int. Conf. on CVD(1972). p.340~351.
21. W. D. Sproul, et al: "Effect of the Eta hayer on TiC-Coated, Cemented-Carbide Tool Life" J. Vac. Sci. Tech., 12(4), 842~844
22. G. Mah, C. W. Nordinin, J.F. Fuller: J. Vac. Sci. Tech. Vol.11(1974) 371.