

Coated Si_3N_4 - TiC ceramic 공구의 마모 특성

Wear characteristics of coated Si_3N_4 - TiC ceramic tool

김 동 원*, 권 오 관, 이 준 근, 천 성 순

한 국 과 학 기 술 원

1. 서 론

보호피막을 입히는 방법으로는 화학증착법과 물리증착법이 주로 사용되고 있다. 고온 분위기에서 기체 상태인 반응물의 화학반응을 통하여 원하는 물질을 증착시키는 화학증착법은 물리증착법에 비해 접착성 (adhesion)이 우수하고, 보호피막층의 성분조절이 용이하며, 반응물이 기체상태이므로 대량생산이 용이하여 보호피막 증착법으로 많이 이용되고 있다. Si_3N_4 - TiC ceramic 표면에 TiC, TiN 및 Ti(C,N) coating 을 함으로써 얻을 수 있는 장점들은 표면층의 경도를 증가시키며, steel 과의 마찰계수의 감소 및 coating 층 자체가 고온에서 고체 윤활제로 작용하여 마찰열의 상당한 감소를 얻을 수 있으며, 또한 coating 층 자체가 비교적 안정한 화합물로 피삭재내의 성분원소들에 대한 diffusion barrier 로 작용되며, 내식성을 증가시킬 수 있다.

본 연구에서는 각 증착층의 미소경도, 열충격저항, steel 과의 마찰계수를 측정하였으며, 최종적으로 절삭시험을 통하여 증착층들의 내마모성을 조사, 규명하였다.

2. 본 론

2-1. 증착층의 미소경도

TiC coating 층의 미소경도는 증착온도는 1373 K, $TiCl_4$ 분압은 0.013 atm, CH_4 분압은 0.015 atm 인 증착조건하에서 최대경도 2650 Kg/mm²을 나타내었다. 또한 TiN coating 층의 미소경도는 증착온도는 1348 K, $TiCl_4$ 분압은 0.020 atm, N_2 분압은 0.49 atm 인 증착조건에서 1700 Kg/mm²을 보였다.

2-2. 증착층의 열충격저항

열 충격 저항 실험은 일정한 두께를 갖는 coating 층의 insert 를 1373 K 에서 573 K 로 냉각시킬 때, 냉각속도에 따라 나타나는 thermal crack 의 정도로서 비교하였다. 실험결과를 통하여 보면 Si_3N_4 - TiC 표면에 TiN coating 층은 표면 crack 을 나타낸 반면에 TiC coating 층은 표면 crack 을 나타내지 않았다. 이와 같은 열적으로 기인된 표면 crack 은 coated tool 에서 failure 를 조장하는 역할을 하므로 되도록 표면 crack 을 방지하여야 한다. 따라서 위와 같은 결과로부터 Si_3N_4 - TiC ceramic 표면에 TiC coating 층이 TiN coating 층에 비해 열충격저항이 우수함을 알 수 있다.

2-3. steel 과의 마찰계수 및 화학적 안정성

Si_3N_4 - TiC ceramic, TiC coating, TiN coating 들과 steel 과의 마찰계수를 조사하기 위하여 LFW-1 마모시험장치를 이용하였다.

Specimen 과 steel 과의 측정된 마찰계수값은 dry condition 하에서, steel 과 Si_3N_4 - TiC ceramic 간의 마찰계수값은 0.58, TiC coating 층의 경우에는 0.44, TiN 의 경우에는 0.33 이었다. 또한 Fe 와 공구재료의 용해도를 조사하여 본 바에 의하면, Si_3N_4 - TiC 의

경우에는 6.50×10^{-2} , TiC 의 경우에는 1.86×10^{-3} , TiN 의 경우에는 1.04×10^{-3} 으로 보고되어있다. 이상과 같은 결과로 부터 TiN coating 층은 TiC coating 층에 비해 steel 과의 마찰계수및 화학적 안정성이 우수하였다. TiC coating 층과 TiN coating 층의 미세구조적 성질및 기계적 성질들을 요약하여 Table 1 에 나타내었다.

2-4. 증착층의 내마모특성

실제로 절삭시험을 통하여 Si_3N_4 - TiC ceramic 과 coated insert 간에 내마모성을 비교하여 Fig.1 과 Fig.2 에 나타내었다.

Fig.1 의 경우에는 flank wear 와 cutting time 과의 관계를 나타내었다. Si_3N_4 - TiC ceramic insert 에 비해, TiN coated insert 의 경우 내마모성이 약 9 배 정도 증가하였으며, TiC 및 multilayer coated insert 의 경우에는 내마모성이 약 12 배 정도 증가하였다.

Fig.2 의 경우에는 crater wear 와 cutting time 의 관계를 나타내었다. Si_3N_4 - TiC ceramic insert 에 비해, TiC coated insert 의 경우 내마모성이 약 8 배 정도 증가하였으며, TiN 및 multilayer coated insert 의 경우에는 내마모성이 약 12 배 정도 증가하였다.

3. 결 론

- (1) TiC 및 TiN coating 층은 stoichiometric 조성에서 최대 미소경도 값을 나타내었다.
- (2) Si_3N_4 -TiC ceramic 위에 증착된 TiC coating 층이 TiN 층에 비해 경도, 미세구조적 성질, 열충격저항 및 결합강도가 우수한 반면에 TiN 층은 TiC 층에 비해 steel 과의 마찰 계수가 낮고, 화학적 안정성도 우수하였다.
- (3) Steel 을 절삭할 때 Si_3N_4 -TiC ceramic 에 비해, TiC 및 TiN coated insert 의 경우가 flank 및 crater wear resistance 가 우수하였다.
- (4) Steel 을 절삭할 때 Si_3N_4 -TiC ceramic 위에 TiC/Ti(C,N)/TiN multilayer coating 된 경우가 monolayer coating 된 경우보다 내마모성이 우수하였다.

Table 1. Microstructural and mechanical properties of TiC and TiN coating on Si₃N₄ - TiC ceramic.

Coating material	Microstructure*	Interfacial width** (μm)	Microhardness (kg mm ⁻²)	Thermal shock resistance	Friction coefficient with steel***	Chemical stability
TiC	Randomly oriented equiaxed structure	1.3	2650	poor	0.44	good
TiN	Columnar structure with (220) preferred orientation	0.6	1700	good	0.33	very good

* Microstructure of stoichiometric composition.

** This value is measured by AES depth profile.

*** The friction coefficient in dry condition.

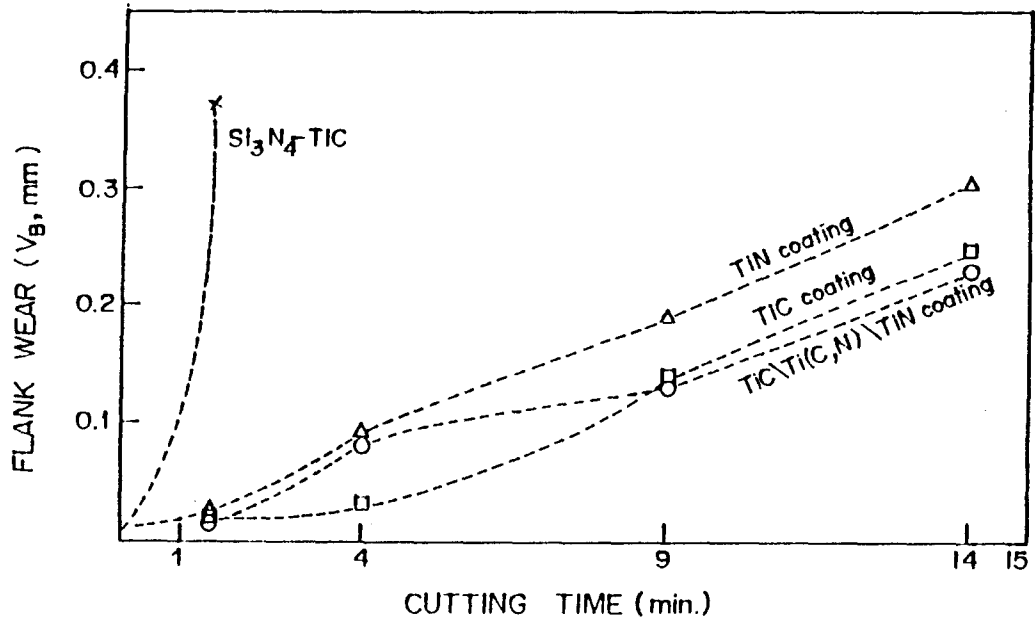


Fig. 1 Average flank wear with time for different tools
 (cutting speed:250m/min, feed rate:0.3mm/rev, depth of cut:1.5mm, workmaterial:SM48C, cutting fluid:dry).

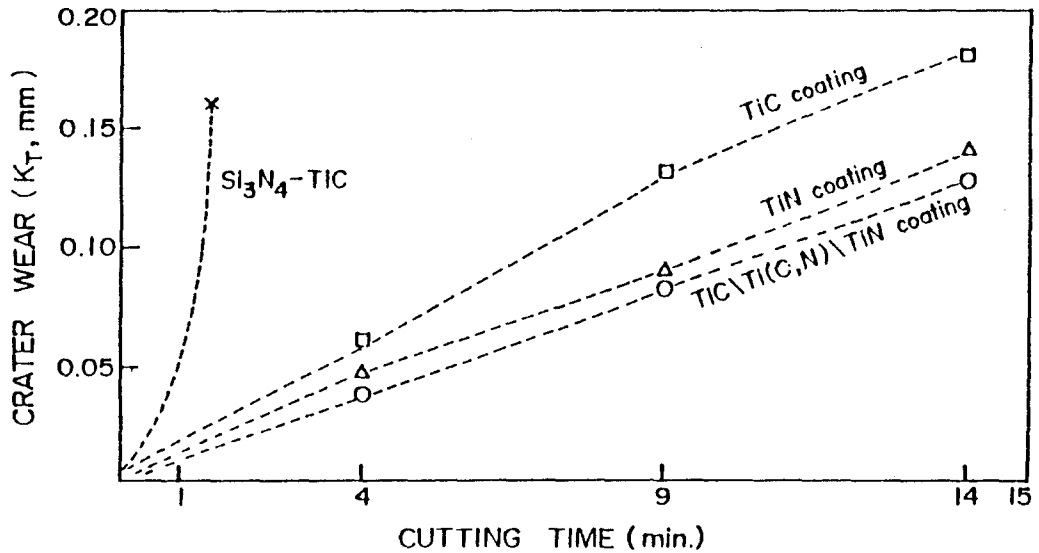


Fig. 2 Crater wear with time for different tools (cutting speed :250m/min, feed rate :0.3mm/rev, depth of cut: 1.5mm, workmaterial:SM48C, cutting fluid:dry).