

초미립 서멧 절삭공구의 절삭성능과 기계적 특성

안동길*

Cutting Performance of Submicron Cermet Tools and Their Mechanical Properties

Dong Gil Ahn*

ABSTRACT

TiCN based submicron cermet and similar ISO grade of the conventional cermets with TiCN of different particle size were produced by PM process, and their microstructure, mechanical properties and cutting performance were compared. The microstructure of submicron cermet was more homogeneous and showed much finer microstructure, resulting in better hardness and fracture toughness. The submicron cermet tools achieved excellent cutting performance such as wear resistance and toughness in comparison with two grades of the conventional cermets in milling test. The relationship between microstructure, mechanical properties and cutting performance of these cermet tools was discussed. The submicron cermet tools revealed for their potential to wide application range and interrupt cutting because of their superior wear resistance and toughness combinations.

Key Words : Submicron cermet (초미립 서멧), Cutting performance (절삭성능), Wear resistance (내마모성), Fracture toughness (파괴인성), Mechanical property (기계적 특성)

1. 서론

서멧 절삭공구는 코팅 초경공구와 함께 대표적인 인서트형 절삭공구로 각종 금속소재의 절삭가공에 확고한 위치를 확보하고 있다. 코팅 초경공구가 황삭, 중삭등의 절삭가공에 주로 사용되는 반면, 서멧은 그 특성상 절삭깊이(d) 2.5mm 이하, 이송량(f) 0.25mm/rev. 이하의 중, 정삭조건에서 우수한 절삭특성을 나타내며, 특히 최근 들어 각종 피삭물의 우수한 표면조도의 요구와 함께 near net shape 절삭기술의 확대에 따라 이에 적합한 서멧의 수요는 꾸준히 늘어나고 있다. 현재 공업화 되어있는 서

멧의 대표적인 조성은 TiCN-WC-Mo₂C-TaC-Ni-Co의 다원계 합금이다. 초경합금의 WC에 비해 내열특성이 우수한 TiCN을 주체로 하고 있기 때문에 내마모성 및 내열특성이 뛰어나고 특히 강제 피삭재와의 고온반응을 억제하여 우수한 피삭재 표면조도를 얻을 수 있으므로 정밀가공, 고속가공 및 정삭가공에서 뛰어난 성능을 발휘하고 있다^(1,2). 특히 표면조도와 가공 정밀도가 요구되는 각종 금형강의 절삭가공에서는 이러한 서멧공구의 사용이 보편화되고 있다. 한편 서멧은 초경공구에 비하여 내마모성 및 고온 안정성은 뛰어나지만 인성이 떨어지기 때문에 황삭가공이나 단속가공에서는 사용

* 대한중석초경(주) 종합기술연구소

상의 제한을 받기도 한다. 그러나 고인성 서멧의 개발이 꾸준히 진행되고 있고, 이에 따라 최근에는 정삭가공 이외에도 홈가공, 나사가공, 내경가공까지 그 적용범위가 크게 확대되어 각종 금속소재의 다양한 절삭가공에 폭넓게 사용되는 추세에 있다. 이러한 서멧이 다양한 절삭분야에서 안정적인 절삭가공에 사용되기 위해서는 서멧의 인성 및 경도의 개선에 따른 절삭성능의 향상이 필요하다. 서멧의 절삭성능 개선을 위해서 새로운 합금조성의 설계 및 Co/Ni 금속 결합상의 강화 등 다양한 연구로 기계적 특성의 개선이 시도되고 있지만^(3~5), 그 중에서도 초미립 초경합금과 같이 서멧 합금조직의 미립화에 따른 기계적 특성과 절삭성능의 향상은 아주 유효한 방법이라 사료된다. 초미립 서멧은 서멧조직의 주 경질상인 TiCN 입자를 미립화 시켜, 전체적으로 균일하고 미세한 합금조직을 얻음으로써 기존의 서멧공구에 비해 기계적 특성과 절삭성능의 향상이 기대된다.

본 연구에서는 초미립 서멧 절삭공구를 개발하여 기계적 특성을 조사하고, 기존의 서멧공구와 비교 하였다. 강의 밀링가공에 있어서 절삭특성을 검토하기 위하여 동일 규격의 인서트를 제조하여 각 절삭조건에서 서멧 조직의 초미립화에 따른 내마모성, 내결손성 및 공구수명 등의 절삭성능을 기존의 서멧과 비교, 고찰하였다. 또한 각 절삭조건별 피삭재의 표면조도도 비교 분석 함으로서 초미립 서멧의 절삭특성을 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 서멧의 제조 및 기계적 특성 조사

본 연구에 사용한 각 서멧 절삭공구의 주요 화학적 성분의 조성비를 Table 1 에 나타내었다. 서멧 합금의 제조에 있어서 초미립 서멧의 원료분말은 평균입경(FSSS) 0.6 μ m 의 TiCN (C/N 비 : 7/3) 및 평균입경 1.0~1.5 μ m 의 MC (M : W, Ta, Mo)분말과 Co/Ni 분말을 사용하였고, 기존의 서멧 A, B 는 평균입경 1.5 μ m 의 TiCN 을 사용하였고 기타 원료분말은 동일한 원료를 사용하였다. 각 서멧은 절삭성능이 우수한 상용 서멧공구 제품을 분석한 후 이를 기초로 한 합금설계를 통하여 통상의 분말 야금법에 의해 제조하였다.

종래의 조직을 갖는 내마모성이 우수한 서멧 A

Table 1 Chemical composition of cermets (wt%)

Tool materials	TiCN	Carbides (WC, TaC..)	Co/Ni
Cermet A	52	33	16
Cermet B	46	37	18
Submicron cermet	49	35	17

와 고인성 서멧 B 는 각각 TiCN-37wt%MC-16wt%Co/Ni 과 TiCN-42wt%MC-18wt%Co/Ni 의 2종 조성으로 하고, 초미립 서멧은 TiCN-40wt%MC-17wt%Co/Ni 로 하였다. 각 조성의 서멧 원료분말을 칭량하여 알콜 및 초경 불을 이용한 습식 ball milling 법으로 혼합, 분쇄하여 혼합 원료분말을 제조하였다. 건조시킨 혼합 원료분말을 초경금형을 사용하여 기계적 특성의 평가를 위한 항절력(Transverse-rupture strength, TRS)시험편과 절삭공구용 밀링 인서트 성형체를 제조한 후 각 성형체를 진공 소결로를 이용하여 1470 $^{\circ}$ C에서 50분간 소결하여 서멧 합금 및 절삭공구를 제조하였다. 소결체의 물성은 밀도, 항자력 및 포화자화값을 조사하고 기계적 특성은 각 10개의 항절력 시험편에 대하여 경도, 항절력, 파괴인성, 탄성계수 등을 조사하였다. 서멧의 소결밀도는 아르키메데스법을 이용하여 측정하였으며 소결조직은 연마한 후 광학현미경으로 조사하였고, 절삭성능 시험을 위한 서멧 밀링 인서트는 공구 연삭기에서 325 메쉬 다이아몬드 연삭휠을 사용하여 동일조건에서 SPKN1203EDTR 규격으로 연삭하였다. 경도는 비커스 경도기를 이용하였고, 항절력은 ASTM 규격의 19.0 \times 6.25 \times 5.0mm 3점 굽힘 시험편을 제조하여 측정하였고 서멧의 인성은 IF법(Indentation Fracture Method)⁽⁶⁾에 의한 파괴인성 값으로 평가하였으며, 탄성계수는 초음파 음속법⁽⁷⁾을 이용하여 구하였다.

2.2 절삭특성의 평가

초미립 서멧과 종래의 조직을 가진 서멧 A, B 의 절삭성능 비교시험에 있어서 내마모 시험은 90 \times 90 \times 200mm 의 피삭재 SCM4(HB240) 및 KP4(HB310)을 제조한 각각의 서멧공구로 밀링가공하여 평가하였다. 이때 사용한 밀링커터의 규격은 직경 125mm 의 M415SP05R-12B 이며, 절삭조건은 절삭속도 V=100~300m/min, 이송량

$f=0.1\text{mm/rev.}$, 절삭깊이 $d=2.0\text{mm}$ 의 건식 및 중심절삭으로 하였다. 또한 서멧공구의 내결손 시험은 피삭재 SCM4 에서 $V=100\text{m/min}$, 이송량 $f=0.15\sim 0.25\text{mm/rev.}$, 절삭깊이 $d=2.0\text{mm}$, 건식 상향절삭으로 하여 공구결손이 일어날때 까지 피드를 높히면서 각 피드에서 절삭거리 200m 로 시험하였다. 절삭속도별 공구수명 시험에서는 공구의 플랭크면 평균마모량(VB) 0.2mm 를 공구수명으로 판정하였다. 각 절삭조건에서의 공구손상은 플랭크면 평균마모량을 공구현미경으로 측정하여 평가하였고, 각 서멧공구에 따른 피삭재의 표면조도는 동일한 절삭조건에서 표면조도계에 의한 평균조도를 측정하여 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 에 본 연구에서 분말야금법으로 제조한 각 서멧 절삭공구의 합금조직을 나타내었다. 서멧합금의 조직은 Ti 를 주성분으로 하는 탄질화물(Ti, W, Ta..)(CN)의 경질상과 Co/Ni 을 주성분으로하는 금속 결합상으로 구성되어 있는데⁽⁸⁾, 조직사진으로부터 기존조직을 갖는 서멧 A, B 에 비해 초미립 서멧은 경질상이 미세하고 전체적으로 균일한 조직을 나타내고 있다. 종래의 서멧은 경질상이 1~3 μm 의 크기로 불균일한 입도를 가지며 조대입자가 존재하는데 비해 초미립 서멧은 전체적으로 1 μm 이하의 미세한 경질상으로 구성되어 있고 조대입자는 관찰되지 않았다. 서멧 합금조직에서는 초경합금에서와 같이 특히 조대입자가 결합으로 작용하여 조대입자의 파괴나 탈락이 절삭공구의 절삭날 치핑이나 공구결손의 원인이 되기도 하므로 서멧공구의 가공 안정성을 높이기 위해서는 이러한 조대입자의 제어가 필요하다. 따라서 초미립 서멧의 경질상 탄질화물은 미세한 경질상으로 존재하므로

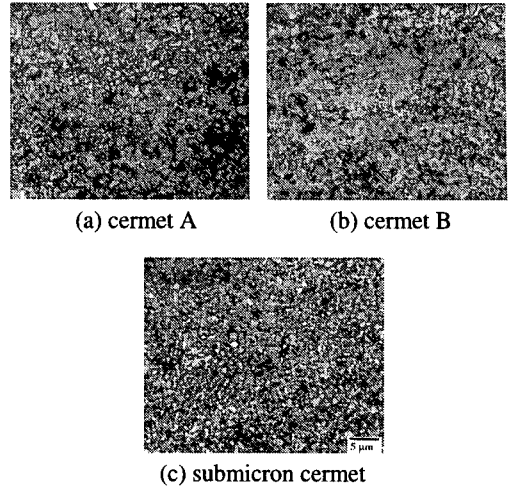


Fig. 1 Optical micrographs of conventional cermets and submicron cermet

우수한 기계적 특성과 절삭성능이 기대된다고 볼 수 있다.

Table 2 는 제조한 각 서멧의 주요한 기계적 특성을 나타내었다. 비커스 경도값은 서멧 A 가 가장 높은 값을 나타낸 반면, 항절력과 파괴인성 값은 초미립 서멧이 가장 높은 값을 나타내어 특히 초미립 서멧의 기계적 특성이 종래의 서멧에 비해 우수함을 알 수 있다. 전체적인 기계적 특성을 상용 서멧공구와 비교하여 보면, 서멧 A 는 ISO P01-P15 계열의 내마모성 재종(grade)으로 평가되고, 서멧 B 는 P05-P20 계열의 고인성 재종에 속한다고 볼 수 있으며 초미립 서멧은 이들 2종 서멧의 중간 영역에 해당하는 특성을 나타낸다고 볼 수 있다. 일반적으로 서멧합금과 같은 소결 경질합금의 경도는 주로 경질상의 체적률에 따라 좌우되는데⁽⁹⁾, 탄질화물 경질상의 체적률이 높고 Co/Ni 결합상의 체적률이 낮을수록 고경도를 갖는다. 그러

Table 2 Mechanical properties of cermet tool materials

Tool materials	Density (g/cm ³)	Hardness HV(GPa)	T.R.S (kg/mm ²)	KIc (MPa ^m ^{1/2})	E (GPa)	4πσ (μTm ³ /kg)	Hc (kA/m)
Cermet A	6.85	16.9	157	8.0	438	124	11.0
Cermet B	7.13	16.0	175	9.1	421	131	11.3
Submicron cermet	6.94	16.8	182	9.8	435	145	13.7

나 초미립 서멧트는 경질상의 체적률이 서멧 A에 비해 상대적으로 낮고 결합상 량이 높음에도 불구하고 고경도를 나타내는데, 이것은 서멧조직의 미세화 효과로 판단된다. 또한 미립 서멧은 종래의 서멧에 비해 항절력 및 파괴인성 값이 상대적으로 우수하여 경도와 인성을 균형있게 갖춘 우수한 기계적 특성을 나타내며, 이러한 기계적 특성은 조직의 미세화 및 균일화에 따른 것으로 볼 수 있다. 한편 초미립 서멧의 탄성계수는 기존 서멧과 큰 차이를 보이지 않았으나 자기적 특성 중 특히 높은 항자력 (coercive force, Hc) 값을 가지는 것을 알 수 있다. 항자력(Hc)은 자벽이동에 대한 저항의 크기 또는 자기포화 상태에서 역자장을 가하여 자화를 0으로 할 때 필요한 자장의 세기를 나타내는 것으로, 그 값이 클수록 탄질화물 경질상의 입도가 미립이며 합금조직이 미세함을 의미한다⁽¹⁰⁾. 따라서 항자력 값으로 초경합금이나 서멧합금 조직의 미세화 정도를 파악할 수 있다.

Fig. 2는 3종의 서멧과 상용 서멧의 경도와 파괴인성을 서로 비교하여 나타내었다. 각 서멧의 경도와 파괴인성은 직선적인 경향으로 반비례하는 관계를 나타내는데, 절삭공구와 같은 경질재료에 있어서는 특히 이러한 경도와 인성의 균형이 요구된다. 상용 서멧공구와 비교해 볼때 서멧 A는 내마모성이 우수한 재종에 속하며, 서멧 B는 고인성 재종에 속하는 것을 나타낸다. 이에 비해 초미립 서멧은 경도와 인성이 타 서멧에 비해 상대적으로

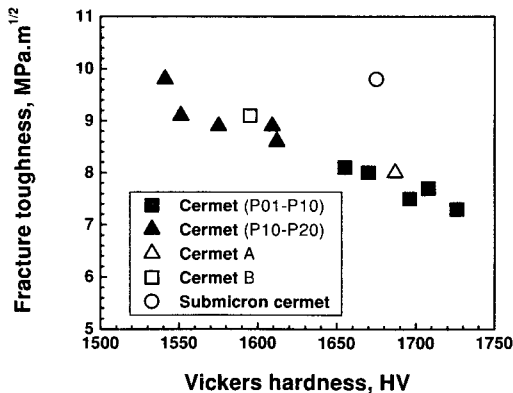


Fig. 2 Relation between hardness and fracture toughness for commercial cermets and submicron cermet

크게 향상되어 양 특성의 균형이 우수한 것을 알 수 있다. 절삭공구 재료에 있어서 경도는 공구의 내마모성을 예측할 수 있는 값으로, 경도가 높을수록 고속가공에 유리하며 인성이 높을수록 높은 이송속도의 절삭가공에 대응할 수 있다. 따라서 경도와 파괴인성 값은 절삭공구 재료의 절삭특성을 기본적으로 평가 할 수 있는 값이며, 이 두 값의 비 HV/K_{IC}는 변형에 대한 저항값인 경도와, 균열을 일으키는 파괴에 대한 저항성인 파괴인성의 비로서 구조용 재료의 취성지표로도 평가되고 있다.

Fig. 3은 절삭속도 100, 200m/min에서 피삭재 SCM4의 밀링가공에 있어서 3종 서멧공구의 절삭거리에 따른 공구의 내마모성을 플랭크 마모

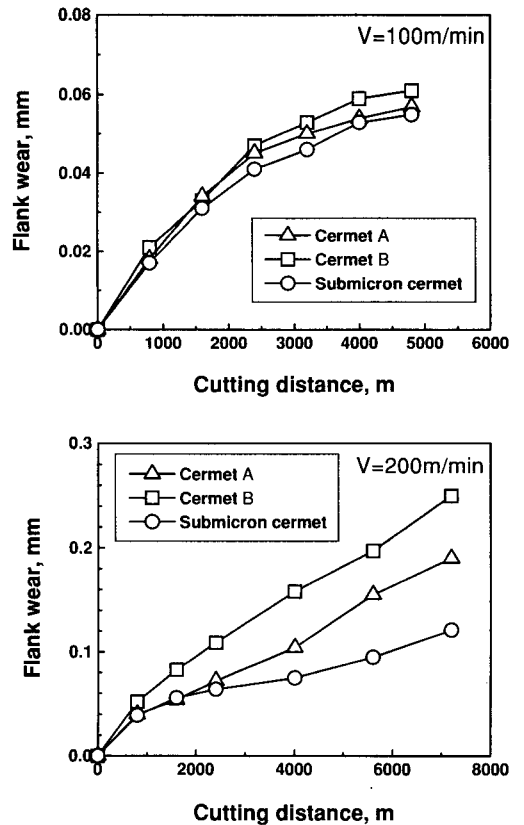


Fig. 3 Frank wear curves of various cermets with cutting distance in the milling of SCM4
V=100, 200m/min, d=2.0mm, f=0.1mm/rev., dry

(flank wear)에서의 평균마모(Vb)로 나타내었다. 절삭속도 100m/min 에서는 3종 서멧은 모두 유사한 경향의 공구마모 진행을 나타내는데, 초미립 서멧이 상대적으로 느린 마모진행을 보였고 서멧 B가 가장 빠른 마모진행을 나타내었다. 이것은 각 서멧공구의 기계적 특성중 특히 경도값이 높을수록 내마모성이 우수한 일반적인 경향을 나타내었으나, 초미립 서멧의 경우는 서멧 A보다 경도 값이 조금 낮지만 공구의 내마모 특성은 더욱 우수하게 나타났다. 본 절삭속도에서는 공구의 마모량이 작아 절삭거리 4800m 에서도 0.06mm 이하의 플랭크면 마모량을 나타내었고 각 공구간의 상대적 마모량의 차이는 크게 보이지 않았다. 절삭속도 200m/min 에서는 공구간 내마모성의 차이는 절삭속도 100m/min 에서와 같은 경향을 나타내었으나, 각 공구간의 절삭거리에 따른 마모량의 차이는 크게 나타났다. 특히 내마모성이 떨어져 공구의 마모진행이 가장 빠른 서멧 B는 마모진행이 가장 낮은 초미립 서멧에 비해 동일 절삭거리에서 약 2배 이상의 마모 진행량을 나타내고 있다. 초미립 서멧이 이와 같이 우수한 내마모 특성을 나타내는 것은 탄-질화물 경질상이 타 서멧에 비해 미세하게 분포되어 있기 때문에 절삭날에 있어서 조대한 경질상 입자에 비해 입자의 파괴나 탈락에 대한 저항성이 우수하여 상대적으로 안정한 절삭날을 유지하여 공구마모의 진행을 억제하기 때문으로 판단된다. 따라서 초미립 조직을 갖는 서멧은 기존의 서멧에 비해 가공 안정성이 우수하고 보다 긴 공구수명을 유지하는 것으로 나타났다.

Fig. 4에 피삭재 SCM4를 절삭속도 200m/min로 절삭거리 7200m까지 절삭한 후 각 공구의 마모손상을 나타내었다. 기존의 서멧은 플랭크면 마모진행이 빨라 공구손상이 심한데 비해 초미립 서멧은 마모진행이 가장 안정적인 것을 나타내고 있다. 또한 각 서멧의 절삭날에는 플랭크면을 따라 열균열(thermal crack)이 발달한 것을 알 수 있다. 이러한 열균열은 서멧공구를 사용한 밀링절삭, 앤드밀 절삭 또는 선삭가공의 단속절삭 등에서 절삭날이 절삭시에는 가열되고, 공회전시에는 냉각되는데 이것이 짧은시간 동안에 반복하므로써 절삭날의 가열-냉각효과에 의해 발생하게 된다. 열균열은 습식 절삭에서 더욱 현저하게 나타나며, 이러한 열균열이 발달하면 결국 절삭날의 결손으로 이어지게 되어 공구수명을 크게 단축시키게 된다. 절삭공구의

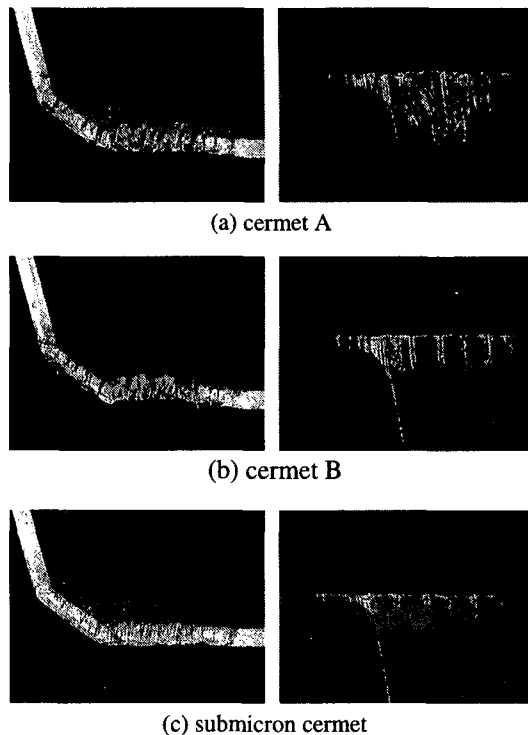


Fig. 4 Photographs of various cermet tools after 7200m machining in the milling of SCM4
V=200m/min, d=2.0mm, f=0.1mm/rev., dry

특성상 내열 충격성이 우수한 재종은 열균열에 대한 저항성이 높다고 볼 수 있는데, 각 서멧공구의 손상사진의 열균열 발생 정도로 부터 초미립 서멧이 상대적으로 열균열의 발생이 적어 내열 충격성이 우수함을 보여주고 있다. Fig. 5은 절삭속도 300m/min에서 각 공구의 내마모 특성을 나타내었다. 절삭속도 300m/min에서는 낮은 절삭속도에 비해 동일 절삭거리에서의 공구 마모량은 증가하였고 특히 서멧 B의 공구마모가 크게 증가하였다. 절삭속도가 증가하면 열발생이 높아져 피삭재가 먼저 연화되므로 기계적 마모(abrasive wear)는 감소하지만 상대적으로 열적마모가 급격히 증가하게 된다. 또한 고속가공에 있어서는 서멧의 조직중 Co/Ni 금속 결합상이 절삭열에 의해 소성변형하여 공구마모를 촉진시키기 쉬우므로 결합상량이 낮고 경도가 높은 내마모성 서멧이 유리하다. 따라서 서멧 A가 B에 비해 양호한 내마모성을 나타내었고, 초미립 서멧은 본 절삭속도에서도 가장

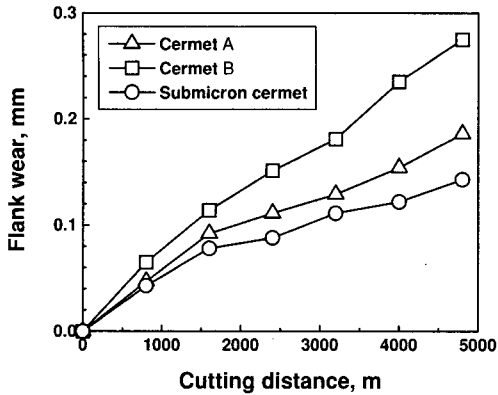


Fig. 5 Frank wear curves of various cermets with cutting distance in the milling of SCM4
 $V=300\text{m/min}, d=2.0\text{mm}, f=0.1\text{mm/rev.}, \text{dry}$

우수한 내마모성을 나타내었다고 볼 수 있다. 반면에 절삭속도 200m/min 에서는 초미립 서멧이 뛰어난 내마모성을 나타내었지만, 절삭속도 300m/min 에서는 상대적으로 서멧 A 와 다소 유사한 경향을 나타내었다.

Fig. 6 에 절삭속도 250m/min 에서 경도가 높은 합금강 피삭재 KP4 (HB310)의 밀링가공에 있어서 3종 서멧공구의 절삭거리에 따른 내마모 특성을 나타내었다. 각 서멧공구에 따른 내마모성 경향은 피삭재 SCM4 와 동일하여 서멧 B 가 가장 떨어졌고, 초미립 서멧이 가장 우수하였다. 각 서멧공구

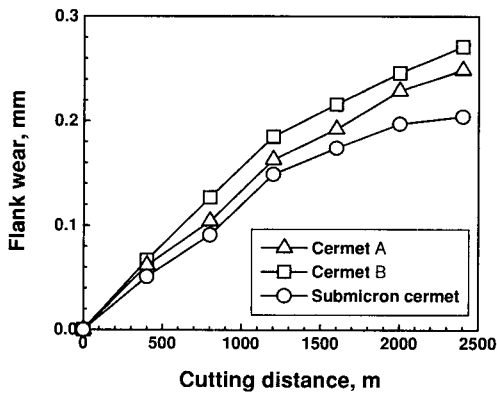


Fig. 6 Frank wear curves of various cermets with cutting distance in the milling of KP4
 $V=250\text{m/min}, d=2.0\text{mm}, f=0.1\text{mm/rev.}, \text{dry}$

의 마모진행은 피삭재 SCM4 에 비해 전체적으로 크게 증가하였는데, 이는 피삭재의 경도가 높기 때문으로 판단된다. 또한 절삭거리가 길수록 각 서멧간의 내마모성 차이가 크게 나타났지만, 피삭재 SCM4 와 비교해서는 각 공구간의 내마모성 차이가 상대적으로 작게 나타났는데, 이것은 피삭재의 경도 및 강도가 상대적으로 높아 절삭시 절삭날의 정상마모 보다는 치핑성 손상마모가 일어나므로 각 서멧간의 내마모 차이가 작게 나타나 것으로 판단된다. 또한 밀링가공에 있어서는 절삭공구가 회전하기 때문에 절삭열이 절삭날로 부터 방열되기 쉬우므로 선삭가공에 비해서 열발생이 상대적으로 적은 반면에, 절삭날의 충격효과가 크므로 고경도 피삭재에서는 정상적인 열적마모 보다는 이러한 치핑성 손상마모가 쉽게 일어날 수 있다고 보인다. 각 서멧공구의 피삭재 SCM4 밀링가공에 있어서 절삭속도 200~500m/min 의 절삭조건에서 절삭속도와 공구수명(V-T)의 관계를 Fig. 7 에 나타내었다. 공구수명은 절삭속도의 증가에 따라 크게 떨어졌으나 전체적으로 초미립 서멧의 공구수명이 가장 우수하였고, 절삭속도의 증가에 따른 각 서멧 공구간의 공구수명 감소의 경향은 거의 일정하게 나타났다. Fig. 8 에 각 서멧공구의 내결손성 시험결과를 나타내었다. 서멧 A, B 는 피드(feed) 0.15~0.2mm/rev.에서 3회 모두 결손되었. 반면에 초미립 서멧은 피드 0.25mm/rev., 절삭거리 800m 까지 2회가 결손이 일어나지 않으므로

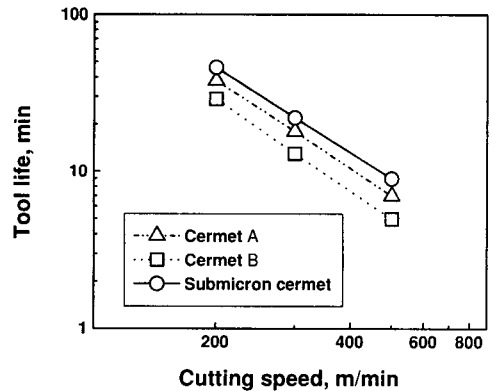


Fig. 7 Relation between cutting speed and tool life for various cermets in the milling of SCM4
 $d=2.0\text{mm}, f=0.1\text{mm/rev.}, \text{dry}$

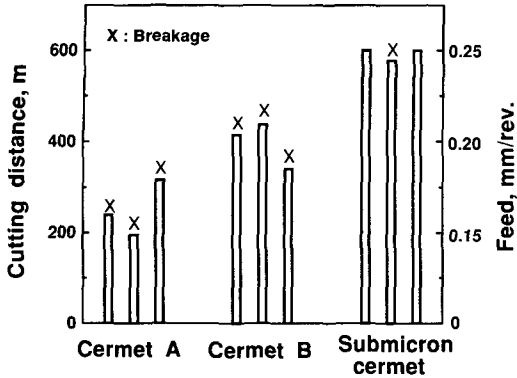


Fig. 8 Fracture resistance of various cermets with interrupt milling of SCM4
 V=100m/min, d=2.0mm, dry

가장 우수한 내결손성을 나타내었다. 각 서멧공구의 결손사진을 Fig. 9에 나타내었다. 이러한 내결손성의 차이는 각 서멧의 기계적 특성중 파괴인성의 차이와 잘 일치하였고, 초미립 서멧이 타 서멧에 비해 인성이 우수하여 0.15~0.25mm/rev.의 피드 범위에서도 안정적인 절삭가공이 가능하였다. 따라서 기존의 서멧 재종에 비해 초미립 서멧공구는 내마모성과 인성의 균형을 잘 갖춤으로서 기존 서

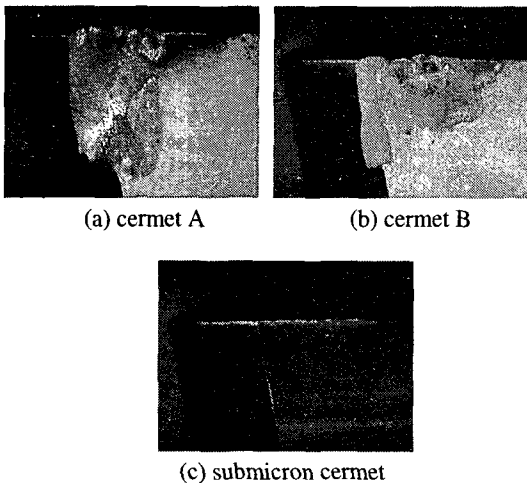


Fig. 9 Photographs of various cermet tool after interrupt test in up-milling of SCM4
 V=100m/min, d=2.0mm, f=0.25mm/rev., dry

멧의 절삭영역을 확대할 수 있고 또한 범용성이 높은 서멧공구로 평가할 수 있다.

Fig. 10에 피삭재 SCM4를 절삭속도 200m/min으로 절삭거리 1500m를 절삭 했을때 피드변화에 따른 피삭재 표면 평균조도를 나타내었다. 표면조도의 이론식에 일치하여 피드가 높을수록 피삭재 표면조도는 증가하는 경향을 나타내었고, 서멧 A의 경우 피드 0.15mm/rev.에서 표면조도 값이 크게 증가한 것은 절삭날의 미소치핑 때문으로 볼 수 있다. 전체적으로 초미립 서멧에 있어서 피삭재의 표면조도가 우수한 것은 서멧 합금조직의 차이에 기인한다고 판단된다. 즉 합금조직중 경질상이 미세한 초미립 서멧은 앞에서도 언급한 바와 같이 경질상의 파괴나 탈락에 대한 저항성이 높아 표면조도에 큰 영향을 미치는 절삭날의 미소치핑이 억제되므로 양호한 피삭재 표면조도를 얻을 수 있다고 볼 수 있다. 이상에서와 같이 본 연구에서 제조하여 절삭시험한 초미립 서멧은 기존의 서멧에 비해 기계적 특성이 우수할 뿐만 아니라 강의 밀링가공에 있어서 우수한 절삭특성을 나타내므로 기존의 서멧 절삭공구의 사용영역의 확대가 기대된다고 할 수 있다.

4. 결론

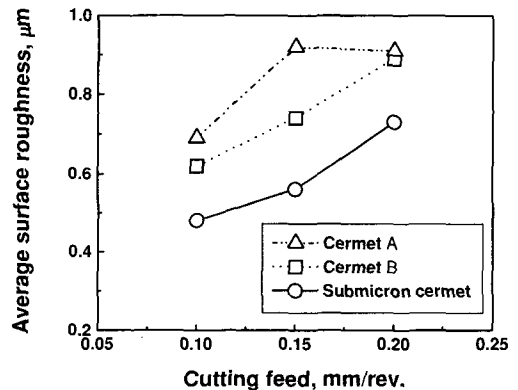


Fig. 10 Variation of average surface roughness of SCM4 milling with various cermet tools
 V=200m/min, d=2.0mm, dry

초미립 서멧을 제조하여 기존의 서멧과 기계적 특성을 평가, 비교하고, 각각의 밀링 인서트를 제조하여 강의 밀링가공에 있어서 절삭조건에 따른 피삭재별 절삭특성을 각 서멧공구별의 공구수명과 손상상태, 피삭재의 조도 등을 통하여 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제조한 초미립 서멧은 탄질화물 경질상이 기존의 서멧에 비해 미세하고 균일하게 분포된 조직을 나타내었고, 기계적 특성이 기존의 서멧에 비해 우수하였으며 특히 경도와 인성이 타 서멧에 비해 우수하였다.

2. 강 SCM4 의 밀링 절삭가공에 있어서 초미립 서멧은 가장 높은 내마모성을 나타내었고, 특히 절삭속도 200m/min 에서 기존 서멧에 비해 뛰어난 내마모 특성을 나타내었다. 고인성 재종인 서멧 B 는 내마모성이 가장 떨어져 심한 공구손상을 보였다. KP4 의 절삭가공에 있어서도 유사한 경향의 절삭특성을 나타내었으나 각 공구간의 마모량 차이는 적었다.

3. 초미립 서멧은 저속 및 고속가공에서 각 절삭속도별 공구수명이 가장 우수하였으며, 피드 0.25mm/rev.까지의 내결손성 시험에서도 안정적인 절삭가공이 가능하여 가장 우수한 인성을 나타내었다. 또한 SCM4 피삭재의 표면조도는 초미립 서멧이 가장 우수하였다.

4. 초미립 서멧이 기존의 서멧에 비해 기계적 특성 및 절삭성능이 우수한 것은 초미립 합금조직에 기인한다고 판단되었다.

후 기

본 연구의 수행에 있어서 여러가지 협조를 해주신 일본 동북 공업기술연구소에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 松原 優, 白井 敬重, 住田 克彦, “サーメット工具,” 日本精密工學會誌, Vol. 61, No. 6, pp. 769-772, 1995.
2. 狩野 勝吉, “21世紀の切削加工技術 5 切削加工のキーテクノロジー「工具材料」,” 機械技術, Vol.

- 46, No. 3, pp. 108-111, 1998.
3. P. Ettmayer and H. Kolaska, et al., TiCN cermets metallurgy and properties, Int. J. of Refractory Metals & Hard Materials, Vol. 13, pp. 343-351, 1995.
4. V. Richter, M. Ruthendorf, “Composition, Microstructure, Properties and Cutting Performance of Cermets,” Euro PM99 Properties, pp. 229-236, 1999.
5. G. E. Errico, Sante Bugliosi, Emanuele Guglielmi, “Tool-life reliability of cermet insert in millingtets,” J. of Materials Processing Technology, Vol. 77, pp. 337-343, 1998.
6. Niihara, K., Morena, R. & Hasselman, D. P. H. J. Mater. Sic. Letter, Vol. 1, pp. 13-17, 1982.
7. 實吉純一, 菊池吉充, 能本乙珍編 : 超音波技術便覽新訂版, 日刊工業新聞社, pp. 1324-1326, 1978.
8. H. O. Andren, U. Rolander and P. Lindahl, Phase composition in cermet carbides and cermets, Int. J. of Refractory Metals & Hard Materials, Vol. 12, pp. 107-113, 1994.
9. H. E. Exner and J. Gurland, “A review of parameters influencing some mechanical properties of tungsten carbide-cobalt alloys,” Powder Met., Vol. 13, pp. 13-31, 1970.
10. European Powder Metallurgy Association, Powder metallurgy of hardmetals-lecture series, pp. 103-105, 1995.