

선삭가공에서 서멧과 초경 및 코팅 초경공구의 절삭특성 비교

안동길*

Comparison of Cutting Characteristics between Cermet, Carbide and Coated Carbide Tools in Turning

Dong Gil Ahn*

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the difference in cutting characteristics of cermet, carbide and coated carbide tools in the similar application range via turning test of various conditions. The cermet and carbide tools in the range of ISO P10 grade were developed using optimum compositions with a view to obtaining a high toughness and hardness by PM process. First mechanical properties were characterized on these tools. Experimental results of wear behaviour and resistance to fracturing were presented and discussed in the turning of gray cast iron and alloy steels by cermet, carbide and coated carbide tools. The coated carbide tool shows similar cutting performance compared to the cermet, while the cermet has better combination of wear resistance and toughness of high speed ($V=500\text{m/min}$) cutting in comparison with carbide and coated carbide tools, and also shows a potentiality for cast iron cutting. Fe adhesive behaviour on the tools and surface roughness of workpieces were explained by chemical affinity between tools and workpieces.

Key Words : Mechanical properties(기계적 성질), Cermet tool(서멧공구), Coated carbide tool(코팅 초경공구), Surface roughness(표면조도), High speed cutting(고속가공), Cutting performance(절삭성능)

1. 서론

산업전반에서 각종 금속소재의 절삭가공용으로 사용되는 인서트 형태의 절삭공구는 크게 초경합금, 서멧, 세라믹 및 CBN, PCD 소결체로 대별할 수 있다^{1)~3)}. 이러한 절삭공구는 모두 분말야금법을 이용하여 제조되는 경질합금으로 각각의 재질 특성에 따라 강, 주철, 비철합금, 고경도강 등 다양한 피삭재의 절삭가공에 각각 적용되어 그 특성

을 발휘하고 있다. 현재 절삭공구로서 가장 폭넓게 사용되고 있는 것은 초경공구의 표면에 경질의 세라믹층을 피복처리하여 절삭성능과 공구수명을 크게 향상시킨 코팅 초경공구(이하 코팅공구)로 강 및 주철의 중, 고속 선삭가공에서 우수한 성능을 나타내고 있다. 또한 비피복 초경공구는 강의 밀링가공이나 저속 선삭가공에서 주로 사용되고 있고 최근 고온특성 및 내마모성이 꾸준히 개선되고 있다. 한편 주철이나 고경도강 등의 고속가공에서는 세라믹과 CBN 소결체 공구가 사용되고 있

* 대한중석초경㈜ 종합기술연구소

고⁴⁾, 세라믹과 코팅공구의 중간영역인 강⁵⁾의 정삭, 중삭가공 및 고속가공에서는 서멧공구가 사용되고 있다⁵⁾. 내열특성이 우수한 TiCN 을 주 경질상료하고 있는 서멧 절삭공구⁶⁾는 최근 고인성 서멧의 출현에 따라 사용량과 그 사용영역이 점차 확대되고 있다.

따라서 이러한 각 재종별 절삭공구는 꾸준한 절삭성능의 개선과 함께 그 사용범위와 절삭영역의 확대로 인해 동일 용도에서의 절삭공구의 선택 및 적용범위의 구분이 명확하지 않은 점이 있다. 특히 고내마모성이 요구되는 ISO P05~15 영역의 강 및 주철의 정삭, 중삭가공에서 동 용도의 서멧과 초경공구 또는 코팅공구의 각 공구별 절삭특성 비교 및 절삭성능의 차이는 명확히 보고되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 이러한 ISO P10 계열의 고인성 서멧과 초경공구를 제조하여 동일 계열의 코팅공구와 기계적 성질을 비교 평가하고, 각 공구 재종별 절삭특성을 비교 검토하기 위해 주철 및 강의 선삭가공에서 절삭성능과 공구의 손상형태를 평가, 분석하였다. 특히 주철 절삭가공에서 서멧공구의 절삭성능을 평가하였고 또한 각 피삭재에서 중속, 고속의 절삭속도별로 각 공구의 손상진행 상태와 각 절삭조건에서 공구의 인성, 피삭재의 표면조도 등도 비교 분석함으로써 공구 재종간의 절삭특성을 검토하고자 하였다.

2. 실험방법

서멧 및 초경공구의 제조에 있어서 원료분말은 H. C. Starck 사의 평균입경 1.5 μ m 의 TiCN (C/N 비 : 5/5) 및 평균입경 1.0~1.5 μ m 의 MC (M : W, Ta, Nb, Mo)분말과 Co, Ni 분말을 사용하였다. 합금설계에 따라 서멧은 TiCN-57wt%MC-13wt%Co/Ni 의 조성으로 하고, 초경공구는 WC-36wt%MC-8.5wt%Co 의 조성으로 원료분말을 칭량하여 핵산 및 초경 불을 이용한 습식 ball milling 법으로 48 시간 혼합, 분쇄하여 혼합 원료분말을 제조하였다. 건조시킨 혼합 원료분말을 초경금형을 사용하여 CNMG120408 규격의 인서트 성형체 및 항절력(TRS) 시험편을 제조한 후 각 성형체를 진공소결로를 이용하여 서멧은 소결온도 1470 $^{\circ}$ C, 초경공구는 1430 $^{\circ}$ C에서 각각 40min 소결한 후 다이아몬드 연삭기를 사용하여 소정규격으

로 연삭하였다. 제조된 소결체의 물성은 밀도, 항자력 및 포화 자화값을 조사하고 기계적성질은 경도, 항절력을 조사하였다. 경도는 비커스 경도기를 이용하였고, 항절력은 ASTM 규격의 3 점 굽힘시험편을 제조하여 측정하였다. 서멧 및 초경공구와 함께 절삭특성 비교시험에는 초경공구에 약 10 μ m 의 코팅층을 가지는 P10 계열의 코팅공구(S 사 제품)를 사용하였다. 절삭가공 시험에 사용한 공작기계는 CNC 선반이며, 각 절삭공구의 규격은 CNMG120408 이고 절삭날은 미소호닝 처리되었다. 홀더(holder) 규격은 PCNLR2525M12 을 사용하였고 이때 주경사각 및 부경사각은 -6 $^{\circ}$ 이며 절입각은 95 $^{\circ}$ 이었다.

각 공구의 절삭특성 비교시험에서 절삭속도는 V=250, 500m/min 으로 하였고 이송량 f=0.1mm /rev.과 절삭깊이 d=0.5mm 는 동일하게 하였으며 건식절삭으로 하여 각 공구간의 피삭재에 따른 손상거동을 비교하였다. 사용한 피삭재는 직경 140mm, 길이 670mm 의 주철 FC30(HB155)과 구조용강 SCM4(HB221), SNCM8(HB258) 및 S45C (HB206)를 사용하였다. 각 절삭조건에서 공구의 손상은 절삭한 공구의 플랭크면 평균 마모량으로 평가하였으며 마모량은 공구현미경을 사용하여 측정하였다.

각 공구의 내결손성은 피삭재를 폭 12mm 로 4 흡 가공하여 건식 외주 단속절삭으로 공구가 파손될 때까지의 충격횟수로서 평가하였고, 각 공구의 절삭가공에 따른 피삭재 표면조도는 동일 절삭조건에서 절삭한 후 표면조도계를 사용하여 평균조도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에 사용한 절삭공구의 주요 화학적 성분을 Table 1 에 나타내었다. 본 연구에서 제조한

Table 1 Chemical composition of tool materials

| Tool materials | WC | TiC(N) | Ta(Nb)C | Co | Coating layers |
|----------------|------|--------|---------|-----------|--------------------------------------|
| Carbide | 55.5 | 20 | 16 | 8.5 | - |
| Coated carbide | 84 | 3 | 6 | 7.0 | TiCN+ Al ₂ O ₃ |
| Cermet | 14.5 | 56 | 16.5 | 13Co / Ni | - |

Table 2 Mechanical properties and application range of cutting tool materials

| Tool materials | Hc/4π σ | Density (g/Cm ³) | Hv | T.R.S(kpsi) | Application range (ISO) |
|----------------------------|---------|------------------------------|------|-------------|-------------------------|
| Carbide | 157/166 | 10.5 | 1682 | 227 | P10 |
| Coated carbide (substrate) | 225/108 | 13.8 | 1665 | 255 | P05-P15 |
| Cermet | 170/162 | 6.8 | 1695 | 231 | P05-P15 |

서멧공구는 초경공구와는 달리 주 경질상이 TiCN이며 WC, TaC, NbC, Mo₂C 등의 제 2 탄화물과 Co/Ni 결합상으로 구성되어 있는 다성분계 서멧합금인 것을 알 수 있다. 초경공구는 경질상인 WC와 절삭특성을 향상시키기 위하여 첨가한 제 2 탄화물인 MC(TiC, TaC, NbC, Mo₂C) 및 Co 결합상으로 구성되어 있고 코팅공구는 초경합금 조성의 모재에 화학증착법(CVD)에 의해 코팅된 약 10μm의 TiCN+Al₂O₃ 코팅층을 가지고 있다.

Table 2에 3종 절삭공구의 물성과 기계적성질 및 절삭가공시 적용영역을 나타내었다. 본 연구에서 합금설계하여 제조한 서멧은 저밀도 및 고경도의 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 일반적으로 서멧은 초경합금이나 코팅 초경합금에 비해 낮은 항절력을 갖는데³⁾ 본 서멧은 동일 적용영역의 초경공구와 유사한 높은 항절력을 가지는 것을 알 수 있다. 이것은 서멧의 적정 합금설계와 함께 결합상의 고용강화와 조직의 미세화를 위하여 최적의 밀링 및 소결조건으로 제조함으로써 높은 강도를 갖는 것으로 판단된다. 본 서멧공구의 절삭가공시 적용영역은 ISO 분류 P05~P15로 내마모성 재종으로 분류할 수 있다.

한편 제조한 동일계열의 P10 계열 초경공구도 서멧과 유사한 기계적특성을 나타내었다. 절삭공구 소결체의 항자력(Hc) 및 포화자화(4πσ)값은 소결체의 생성상, 결정입도 및 결합상량에 따라 변화하는데 측정된 값으로 보아 제조된 각 공구는 건전조직의 합금공구 소결체로 판단된다. 각 절삭공구의 밀도는 탄화물상과 결합상의 조성 비율에 따라 달라지며 특히 서멧은 WC보다 상대적으로 밀도가 낮은 TiCN을 주 경질상으로 구성되어 있기 때문에 낮은 밀도를 갖는다. 경도(Hv)는 3두 유사한 값을 나타내었고, 밀도 및 항절력은 코팅공구가 가장 높은 값을 나타내고 있다. 일반적으로

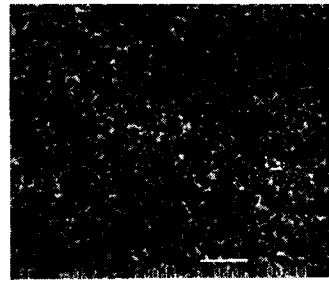


Fig. 1 SEM microstructure of cermet tool

로 초경합금의 항절력은 유사한 입경과 결합상량을 가질 때 WC 함량비가 클수록, 또한 제 2 탄화물량이 적을수록 높은 값을 가진다.

Fig.1에 본 연구에서 제조된 서멧공구의 조직을 나타내었다. 본 서멧은 주 경질상인 TiCN과 주변조직(shell structure) 그리고 Co/Ni 결합상 조직이 관찰되는데, 본 서멧공구는 전체적으로 균일한 조직을 나타내고 있다. TiCN은 WC에 비해 고온특성이 우수하며 특히 균일하게 분포된 TiCN은 고온에서 뛰어난 내마모성을 가진다. 또한 절삭시 열발생에 따른 서멧 절삭공구의 고온 안정성은 Co/Ni 결합상의 특성에 의해서 좌우되는 경우가 많으므로 절삭조건에 따른 적절한 결합상량과 탄화물의 고용강화를 통한 결합상 고온특성의 향상이 필요하다.

Fig. 2는 절삭속도 V=250m/min로 주철(FC30)을 선삭가공할 때 각 공구의 절삭거리에 따른 공구손상을 플랭크면 마모(flank wear)에서의 평균마모(Vb)로 나타내었다. 초경공구는 절삭초기부터 마모량이 크며 절삭거리 500m에서 Vb가 0.2mm에 도달하고 있다. 코팅공구 및 서멧공구는 유사한 마모량을 나타내며 초경공구에 비해서는 우수한

내마모성을 가지는 것을 알 수 있다. FC30 과 같은 주철 절삭에서는 공구의 기계적마모(abrasive wear)가 많이 일어나며 또한 주철은 탄소함량이 높으므로 절삭가공 중에 카본이 피삭재로 부터 공구로 확산되므로 공구의 확산마모도 촉진될 수 있다. 따라서 내마모성이 우수하고 고온에서도 화학적으로 안정한 서멧 및 코팅공구가 우수한 공구수명을 나타낸다. Fig. 3 은 절삭속도 500m/min 에서의 절삭결과를 나타낸 것이다. 절삭속도 500m/min

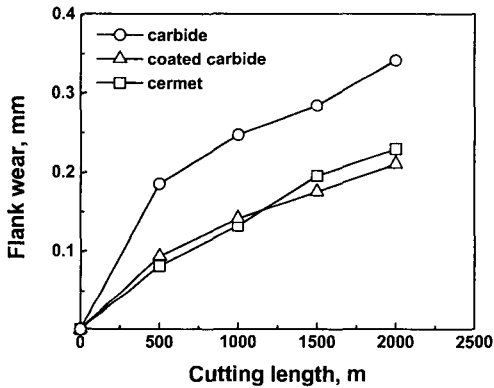


Fig. 2 Flank wear curves of various tools with cutting length in the machining of FC30
V=250m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.

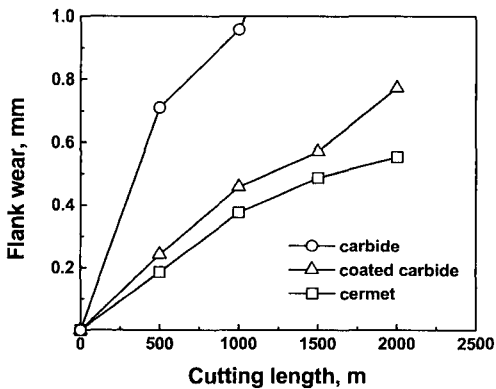


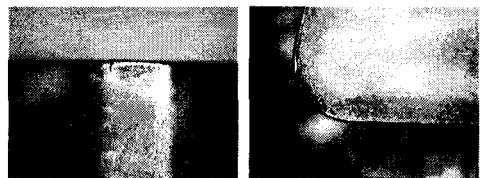
Fig. 3 Flank wear curves of various tools with cutting length in the machining of FC30
V=500m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.

의 고속가공에서 초경공구는 초기부터 급격히 마모가 진행되어 정상적인 절삭가공이 어려운 것을 알 수 있으며 코팅공구는 초기에 서멧과 유사한 내마모성을 나타내지만, 절삭거리 1500m 이후부터 급격한 마모가 일어나고 서멧보다 높은 마모량을 나타내었다. 일반적으로 주철가공에는 코팅공구 또는 세라믹공구가 주류를 이루고 있으나 본 시험에서는 서멧공구는 코팅공구와 유사한 내마모성을 나타내었고, 특히 고속절삭 (V=500m/min)에서는 우수한 내마모 특성을 나타내었다. 이는 고속가공에서 고온발생으로 코팅공구의 코팅층 박리 또는 모재의 변형이 일어나기 쉬운 반면 서멧공구는 고온 안정성이 우수하기 때문으로 볼 수 있다.

Fig. 4 는 피삭재 FC30 을 절삭속도 500m/min, 절삭길이 2000m 까지 절삭한 후, 각 공구의 마모손상을 나타내었다. 초경공구는 가장 심한 플랭크 마모를 보이고 서멧과 코팅공구는 상대적으로 낮



(a) Carbide



(b) Cermet



(c) Coated carbide

Fig. 4 Photographs of various tools after machining of FC30 V=500m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev. cutting length : 2000m

은 마모상태를 나타내고 있다. 일반적인 주철절삭에 있어서는 강 절삭에 비해 기계적마모에 의한 플랭크면 마모가 많이 일어나지만 높은 절삭속도(500m/min)에서는 기계적마모가 감소하는데 비해 확산마모, 산화마모 등의 열적마모가 증가하므로 상대적으로 고온특성이 떨어지는 초경공구의 마모가 급격하게 진행된 것으로 보인다. 본 절삭조건에서는 각 공구의 결손 등의 심한 공구손상은 관찰되지 않았다.

Fig. 5는 구조용강 피삭재 SCM4의 절삭속도 250m/min에 있어서 각 공구의 플랭크 마모를 나타내었다. 초경공구는 동일 절삭속도의 FC30 절삭결과와 유사하여, 가장 큰 마모량과 마모속도를 나타내었고 서멧과 코팅공구는 보다 우수한 내마모성을 나타내었는데, 특히 절삭초기에는 서로 유사한 마모추이를 보이다가 절삭거리 1500m 이후부터 서멧이 보다 우수한 내마모성을 나타내었다. Fig. 6은 절삭속도 500m/min에서의 절삭결과를 나타내었다. 각 공구별 공구 마모량의 변화추이는 250m/min의 경우와 유사하지만 상대적인 마모량은 대폭 증가하였다. 초경공구는 초기절삭에서부터 급격한 마모를 보이다가 절삭거리 1500m 이후에 결손이 일어났고 전체적으로는 서멧이 SCM4의 중-고속절삭에 있어서는 가장 우수한 내마모성을 나타내었다. 강의 고속절삭에서는 열적마모가 심하게 일어나므로 절삭공구로서는 높은 고온경도

와 함께 열적으로 안정한 특성을 가진공구재종일수록 확산마모 또는 산화마모를 억제할 수 있어 절삭특성이 우수하다. 여기서는 서멧공구가 가장 안정한 마모형태를 나타내어 고속가공에 가장 우수한 공구로 평가되었다.

Fig. 7은 보다 경도가 높은 SNCM8 피삭재에 대해 절삭속도 250m/min로 절삭한 결과를 나타내었다. 초경공구의 경우 절삭초기부터 높은 마모량을 나타내다가 절삭거리 1000m 이후에 결손이 일

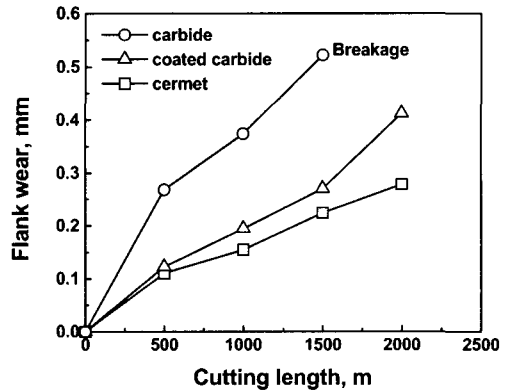


Fig. 6 Flank wear curves of various tools with cutting length in the machining of SCM4
V=500m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.

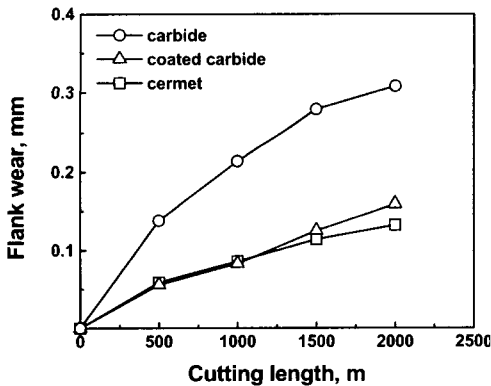


Fig. 5 Flank wear curves of various tools with cutting length in the machining of SCM4
V=250m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.

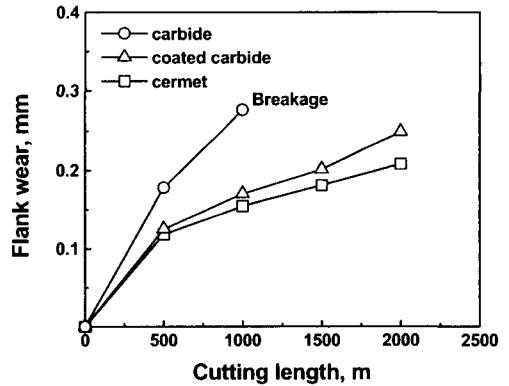


Fig. 7 Flank wear curves of various tools with cutting length in the machining of SNCM8
V=250m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.

어났으며 서멧과 코팅공구는 동일조건인 SCM4 절삭과 유사한 추이를 보이지만 마모량은 상대적으로 크게 증가했다. 이것은 상대적으로 피삭재의 경도가 높아 절삭저항이 크기 때문으로 판단된다. 본 절삭조건에서 절삭거리 1000m 에서의 공구손상을 Fig. 8 에 나타내었다. 고경도 피삭재 SNCM8 의 절삭에 있어서도 서멧과 코팅공구는 초경공구 보다도 비교적 안정한 플랭크 마모를 나타내었으며 본 절삭조건에서 각 공구는 강 절삭에서 나타나는 크레이터 마모(crater wear)는 발달되지 않았다.

선삭가공에 있어서 공구의 마모는 크게 기계적 마모, 화학적 마모 및 열적마모로 분류 할 수 있으며 절삭속도가 증가하면 열 발생이 높아져 피삭재가 먼저 연화되므로 공구의 기계적 마모는 감소하지만 상대적으로 열적마모가 급격히 증가한다.

선삭가공에 있어서는 절삭속도 250m/min 에서 절삭날의 온도는 약 1000℃이상까지 도달한다. 특히, 주철에 비해 절삭열의 발생이 높은 강의 절삭에서 고온경도가 높고 화학적으로도 안정한 공구재종의 내마모성이 우수하다. 따라서 이상의 각 공구별 주철 및 각 강 피삭재의 중-고속 선삭가공에 있어서의 내마모특성을 종합하면, 초경공구보

다는 경질 세라믹층이 코팅된 코팅공구와 고온경도가 높은 서멧의 내마모성이 우수한 것을 알 수 있다. 초경공구는 코팅처리에 따라 내마모특성이 크게 향상되며 또한 코팅물질과 코팅층의 조합에 따라서도 내마모특성이 달라진다^{7)~8)}. 본 코팅공구는 초경합금 모재에 TiCN+ Al₂O₃ 의 경질 세라믹층이 코팅되어 절삭시 피삭재와 초경모재의 화학적 반응을 방지할 뿐만 아니라 고온에서 모재의 결합상인 Co 으로 인한 소성변형을 억제함으로써 고온경도를 크게 향상시키기 때문에 강의 선삭가공에서 우수한 성능을 나타낸다. 그러나 코팅공구도 고속가공 조건에서 절삭날 부근의 절삭온도는 급격히 높아지게 되며⁹⁾ 이로 인해 코팅층의 박리가 일어나거나 모재의 변형이 일어나면 코팅공구의 수명은 급격히 떨어지게 된다¹⁰⁾.

한편 서멧은 우수한 TiCN 이 주 경질상으로 구성되어 있어 WC 보다 고온경도 및 고온에서의 화학적 안정성이 뛰어나 강의 절삭가공에서 우수한 내마모성과 피삭재 표면조도를 얻을 수 있다. 특히 본 시험에서 제조한 서멧공구는 우수한 기계적 성질을 나타낼 뿐만 아니라 절삭시험 결과로부터 피삭재 SCM4, SNCM8 의 중-고속절삭에서 가장 우수한 내마모성을 나타내었다.

Fig. 9 는 피삭재 SCM4 의 절삭에 있어서 절삭거리 1000m 에서 각 공구의 절삭날로부터 동일경사면을 EDX 분석한 것이다. 분석결과로부터 공구에 검출된 Fe 의량은 코팅공구가 가장 작고 반면에 초경공구가 가장 많은 것을 알 수 있다.

피크의 강도로부터 정량분석된 값을 보면 초경공구에서 9.6wt%, 서멧은 6.5wt%, 코팅공구에서는 5.2wt%의 Fe 가 각각 분석되었다. 검출된 Fe 는 절삭시 피삭재로부터 공구에 응착된 Fe 와 또 일부는 공구와 반응한 Fe 로 볼 수 있으며 특히 초경공구에서 가장 많은 Fe 가 검출된 것은 초경공구가 타 공구에 비해 Fe 의 응착 또는 화학적 반응이 많이 일어난다는 것을 보여 준다. 절삭시 피삭재 Fe 성분의 공구로의 응착정도는 절삭 마찰력과 용융 Fe 와 공구재종의 접촉각에 따라 크게 좌우된다고 할 수 있다^{11)~12)}. 절삭 마찰력이 큰 공구재종일수록 Fe 의 응착이 많으며, 용융 Fe 와 공구재종의 접촉각이 작을수록 응착이 많다고 볼 수 있다. 절삭 마찰력은 TiCN, Al₂O₃ 등의 코팅층을 가진 코팅공구가 가장 낮으며 비코팅 초경공구가 가장 높다고 볼 수 있다¹²⁾. 한편 용융 Fe 와 공구

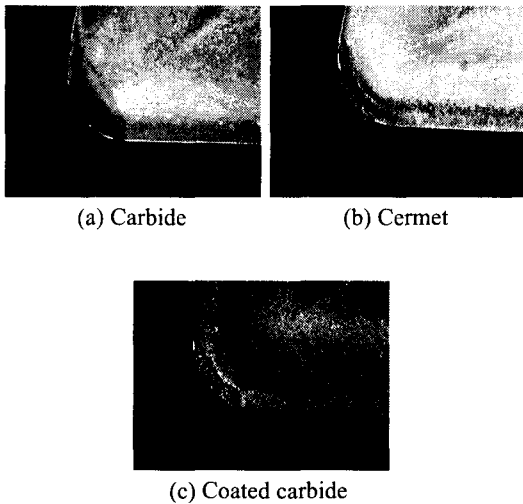


Fig. 8 Photographs of various tools after machining of SNCM8
 V=250m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.
 cutting length : 1000m

재종의 접촉각은 Ar 분위기에서 각각의 공구재료에 대해서 WC: 0°, TiC: 125°, TiN: 132°, Al₂O₃: 90° 로 보고되어 있어 초경공구보다는 서멧이나 코팅공구의 접촉각이 작아 Fe 의 응착성이 낮다고 볼 수 있다. 따라서 타 공구에 비해 절삭 마찰력이 크고 접촉각이 작은 초경공구는 Fe 응착이 크다고 판단된다. 또한 철계 피삭재와 공구와의 고온 화학반응에 있어서도 초경공구 보다는 서멧나 코팅공구가 친화성이 낮아 Fe 와의 반응이 억제된

다고 볼 수 있다.

Fig. 10 는 각 절삭공구의 내결손성 시험결과를 나타낸 것이다. 초경공구의 경우는 이송량(feed) f=0.2mm/rev. 이하에서 모두 결손되었고, 코팅공구와 서멧은 우수한 내결손성을 나타내었다. 초경공구의 내결손성이 낮은 것은 합금조성에 있어서 코팅공구에 비해 WC 의 함량이 낮고 TiCN 을 비롯한 제 2 탄화물의 조성비가 높아 인성이 떨어지기 때문으로 판단된다. 특히 서멧은 동일 사용영역의 코팅공구과 유사한 내결손성을 나타내므로 내마모성, 인성의 균형을 잘 갖춘 서멧임을 알 수 있다. 종래의 서멧은 코팅공구에 비해 내마모성은 우수하지만 인성이 떨어져 특히 단속가공에서는 사용이 제한되어 왔으나, 본 서멧은 우수한 내결손성을 가지므로 그 사용영역의 확대가 기대된다고 할 수 있다.

Fig. 11 은 피삭재 FC30 및 SCM4 를 절삭속도 500m/min, 절삭거리 1500m 를 절삭한 후, 피삭재 표면 평균조도를 나타낸 것이다. 일반적으로 화학적 조성성분에 따른 조직적 차이로 인해 강이 주철에 비해서 양호한 표면조도를 가진다. 측정결과로 부터 초경공구와 코팅공구는 유사한 표면조도를 나타내는데 비해 서멧은 각각 가장 낮은 표면조도 값으로 우수한 표면조도를 나타내는 것을 알 수 있다. 코팅공구는 표면이 경질의 세라믹층으로 피복되어 있으므로 절삭 마찰력이 작고 피삭재와의 반응도 억제되어 우수한 피삭재 표면조도가

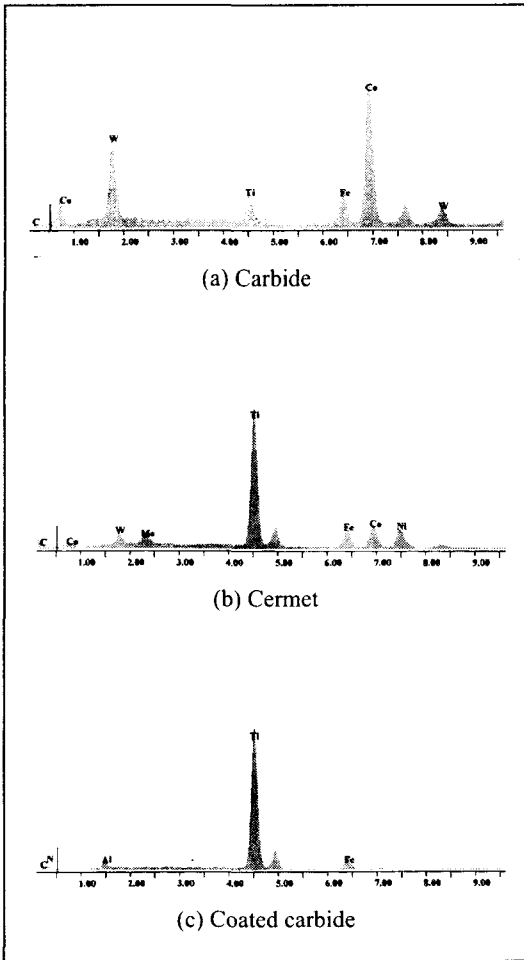


Fig. 9 EDX analysis of rake face of various tools after machining of SCM4
V=250m/min, d=0.5mm, f=0.1mm/rev.
cutting length : 1000m

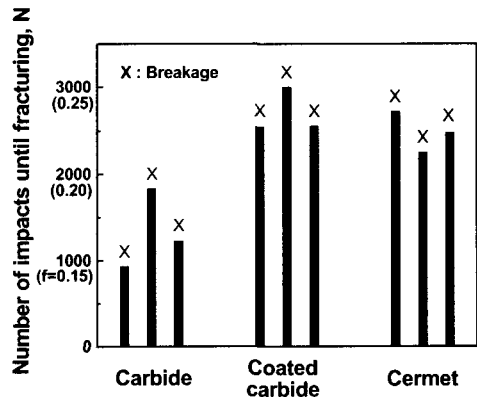


Fig. 10 Fracturing resistance of various tools with interrupt cutting of S45C
V=100m/min, d=2.0mm, f=0.15-0.25mm/rev.

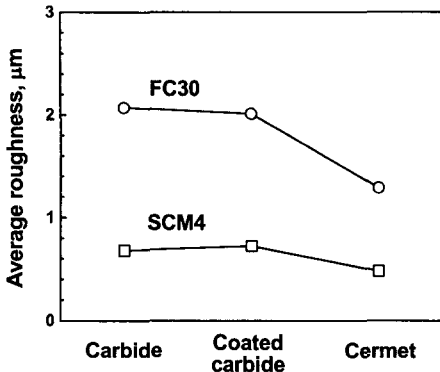


Fig. 11 Surface roughness of various tools in the machining of FC30 and SCM4
 $V=500\text{m/min}$, $d=0.5\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/rev.}$,
 cutting length : 1500m

얻어지지만 특히 고속가공과 같은 가혹조건에 있어서는 초경소재의 소성변형으로 인한 절삭날의 손상이 일어나기 쉽고 또 절삭날에서 코팅층의 박리도 일어날 수가 있는데, 이 경우 피삭재 표면조도는 떨어지게 된다. 이에 비해 서멧은 비교적 고온 안정성이 우수하고 피삭재와의 고온 반응성이 낮아 타 공구재종에 비해 절삭시 고온조건에서 피삭재와의 반응이 억제되므로 우수한 피삭면 조도를 유지한다고 볼 수 있다.

4. 결론

서멧과 초경공구 및 코팅공구와의 피삭재별 절삭특성을 비교, 검토하기 위해 ISO P10 계열의 고인성 서멧과 초경공구를 제조하여 기계적 성질을 평가하고, 선삭가공에 있어서 절삭조건에 따른 피삭재별 각 절삭공구의 절삭특성에 대하여 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 주철 FC30 절삭가공에 있어서 서멧 및 코팅공구는 초경공구에 비해 우수한 내마모성을 나타내었다. 절삭속도 500m/min 에 있어서는 서멧이 우수한 내마모성을 나타내었고 초경공구는 절삭초기부터 급격히 마모가 진행되었다. 구조용강 SCM4 및 SNCM8 절삭가공에서도 공구별 내마모

특성은 FC30 과 유사한 경향을 나타내었다. 코팅공구와 서멧공구는 유사한 경향을 나타내었으나 초기절삭 이후부터는 서멧의 내마모특성이 우수하였다.

2) 내결손성은 코팅 초경공구가 가장 우수하였으나 서멧공구도 이와 유사한 내결손성을 나타냄으로서 동 절삭조건에서는 서멧공구가 내마모성 및 인성의 균형이 가장 뛰어난 절삭공구로 평가되었다.

3) 피삭재별 각각의 절삭조건에서 초경공구의 공구손상이 가장 심하게 나타났으며, SCM4 절삭시 공구 경사면에 검출된 Fe 량도 가장 높게 나타나 서멧이나 코팅공구에 비해 Fe 와의 친화성이 높음을 알 수 있었다. 또한 FC30 및 SCM4 피삭재의 가공후 표면조도는 초경 및 코팅공구가 유사하였고 서멧공구가 가장 우수한 표면조도를 나타내었다.

참고문헌

1. 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. 45, No. 5, pp. 103-109, 1997.
2. Sanvik Coromant, “Modern Metal Cutting, A practical handbook,” pp. III2-8, 1995.
3. 鈴木 壽, “超硬合金と焼結硬質材料-基礎と應用-,” 丸善, 1986.
4. Baldoni J. G., Buljan S. T., “Ceramic for Machining,” Am. Ceram. Soc. Bull, Vol. 167, No. 2, pp. 381-387, 1988.
5. 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.
6. 植木 光生, 鈴木 壽, “窒素添加の有無による TiC-Mo₂C-Ni 系サーメットの主として切削性能の比較,” 日本粉體および粉末冶金. Vol. 38, No. 6, pp. 718-722, 1991.
7. Cho S. S., Komvopoulos K., “Wear mechanisms of multi-layer coated cemented carbide cutting tools,” J. of Tribology-Transaction of the ASME, Vol. 119, No. 1, pp. 8-17, 1997.
8. 和田 任弘, 藤原 順介, 花崎 伸作, “SCr420 の高速旋削時における工具摩耗,” 日本粉體および

- 粉末冶金. Vol. 46, No. 9, pp. 935-941, 1999.
9. Grzesik W., " Experimental Investigation of the Cutting Temperature when Turn with Coated Indexable," *Int. J. of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 39, pp. 355-369, 1999.
 10. Ezugwu E. O., " Tool Wear in Finish Turning of Medium Carbon Steel with Coated Tools," *J. of the Soc. of Tribologists and Lubrication Engineers*, Vol. 53, No. 11, pp. 25-31, 1997.
 11. 片山 昌, 橋村 雅之, " 快削鋼と工具との切削界面凝着に及ぼす工具材種の影響," *日本精密工學會誌*, Vol. 59, No. 12, pp. 1991-1996, 1993.
 12. 片山 昌, " 工具材種の條件," *機械技術*, Vol. 45, No. 11, pp. 76-80, 1997.