

초경 합금의 제조 기술 및 응용 현황

하국현 · 홍성현 · 김병기
한국기계연구원 재료연구부

Fabrication and Applications of Cemented Carbide

Gook Hyun Ha, Seong Hyeon Hong and Byoung Kee Kim
Materials Technology Department, Korea Institute of Machinery & Materials
66 Sang nam dong, Changwon, Kyungnam, Korea

1. 서 론

초경 합금(Cemented Carbide)은 주기율표 제 IV, V, VI族의 경도가 높은 탄화물계 분말과 Ni, Fe, Co 등과 같은 인성을 가지는 금속의 소결 혼합물¹⁾로서, 이들의 조합에 의하여 많은 종류가 있으나, 그 중에서 WC-Co 합금이 가장 많이 사용되고 있으며 이 합금계를 보통 초경 합금이라고 한다.

초경 합금은 고속도강계 재료와, 고온 경도가 높은 세라믹계 재료의 중간 성질에 위치하므로, 실온에서 뿐만 아니라 고온에서도 경도와 항절력이 높고 내마모성, 내충격성, 내식성 등이 우수하여, 현재 가공용 공구 및 광산 또는 토목 분야의 굴착용 공구, 각종 기계와 기구의 내마모 부품으로 사용되어 왔으며, 최근에는 초고압 발생용 금형 재료 등 그 사용 범위가 확대되고 있다²⁾.

따라서 본 글에서는 대표적인 공구용 소재인 초경 합금의 현황에 대하여 현재까지 개발된 초경 합금과 함께 제조 공정, 응용 현황 및 최근 많은 관심을 모으고 있는 초미립 초경 재료에 대하여 기술하고자 한다.

2. 초경 합금의 특성

2.1. 초경 합금의 WC 분말 제조법

철망간 광석(wolframite)와 회중석(scheelite) 형태로 존재하는 텅스텐 광석으로부터 추출한 APT(ammonium para tungstate, 파라텅스텐산)를 공기 중에서 하소하여 산화 텅스텐을 제조한다. 공기중에

서 하소하면 황색의 산화물(WO₃)이 되며, 비산화성 분위기에서 하소하는 경우는 청색 산화물(WO_{2.8-2.9})이 된다. 이들 산화물은 800°C~1100°C의 수소 분위기에서 환원시켜 텅스텐 분말을 제조한다. 텅스텐 분말의 입도는 중간 원료(APT, 산화 텅스텐)의 생성 조건, 환원 온도, 시간, 수소 가스의 노점, 수소 유량, 환원 보트중의 산화물의 장입량, 장입 두께 등에 따라 변화한다. 공업적으로 제조되고 있는 WC제조법으로는 W의 탄소 분말에 의한 탄화법이 사용되고 있으며, 적당한 입도의 W분말에 6.20~6.30 wt.%의 카본 블랙 분말을 혼합한 후, 비 산화성 분위기에서 탄화하여 보통 0.20 wt.%의 유리 탄소를 가지는 WC를 제조한다. 탄화는 보통 1400°C에서 완료되지만 실제 공정에서는 소정의 WC 입도에 맞는 탄화 온도가 설정되고 있어, 1400°C~1600°C 온도에서 탄화시키고 있다.

2.2. 초경 합금의 특성

초경 합금은 화학적 조성, WC입자의 입도 분포, 합금 중 탄소의 양, 미세 조직과 기공, 유리 탄소, 이물질 등과 같은 결함에 의하여 영향을 받는데, Co의 양이 증가할수록 경도는 지속적으로 감소하지만 항절력은 약 20 wt.%Co에서 최대치를 나타내고 있다(그림 2). 또한, Co 함량이 일정할 경우, WC입자 크기와 WC입자 사이의 mean free path는 초경 합금의 특성을 결정하는 가장 중요한 변수로서 WC입자 크기가 감소할수록 초경 합금의 경도, 압축 강도, 항절력 뿐만 아니라, 내마모 특성이 향상되며, WC입자 사이의 mean free path가 짧아질수록 초경 합금

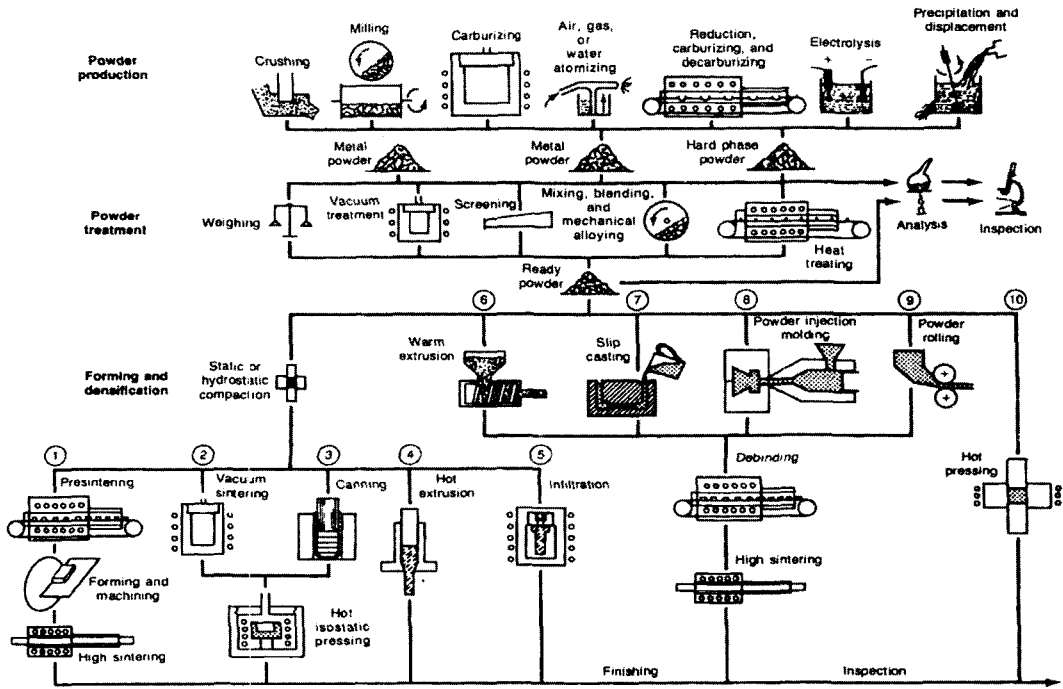


그림 1. 초경 합금의 제조 공정도.

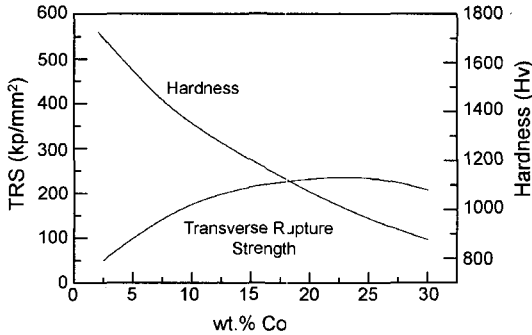


그림 2. WC/Co 초경 합금의 기계적 성질에 미치는 Co량의 영향³⁾.

의 기계적 특성이 향상된다(그림 3)^{4,5)}.

초경 합금의 항절력은 Co량이 일정한 경우 특정한 평균 WC 입도 또는 Co상의 mean free path에서 최대값을 나타내는데, Co량이 증가할수록 미세한 WC입도에서 최대치를 나타내게 된다.

WC/Co 초경 합금은 Co기지 내에 정한 WC가 분산됨으로서, WC입자 사이에 Co가 아주 얇은 막과 같은 형태로 존재하는 분산 강화형 합금을 형성하며 Gurland에 의하면 초경 합금의 경도는 Co기지 내에서 WC입자 사이의 거리가 감소함에 따라 선형적으

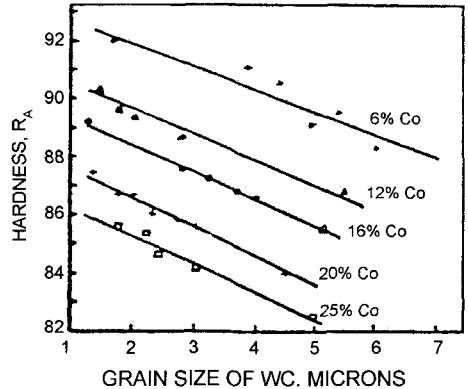


그림 3. WC/Co 초경 합금의 경도에 미치는 WC입자 크기의 영향⁶⁾.

로 증가한다고 하였다^{7,8)}. 또한, WC입자 사이의 평균 거리의 감소에 따라 강도는 증가하나 이와는 대조되는 효과로서, WC입자 사이의 정합성의 증가와 취성이 강한 상에 생성된 균열의 전파에 의하여 결과적으로 재료의 항절력이 감소하게 된다(그림 4).

그러나, 이러한 항절력의 변화 결과는 후에 초경 합금 자체의 탄소함량조정(고탄소합금 또는 저탄소합금으로), 미세 조직 내의 결합 분포(잔류 기공, 조대한 WC 입자와 Co풀의 존재)등에 따라 현저히 다른

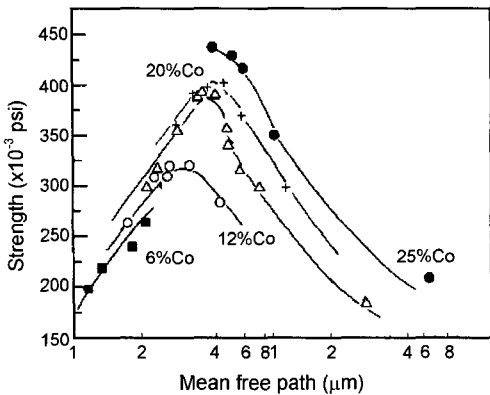


그림 4. WC/Co 초경 합금의 항절력에 미치는 mean free path의 영향⁹⁾.

결과를 낼 수 있으므로 초경 합금이 최고의 기계적 특성을 얻기 위해서는 WC와 Co가 균일하게 혼합하여 기공과 조대한 WC의 성장이 없으며, 유리탄소나 중간상인 η상의 석출없이 완벽한 WC와 균일하게 분포된 Co합금 상으로 만드는 기술이 필요하다. Co액상이 유리 탄소와 η상의 개제없이 두 가지 상만이

존재하는 영역은 매우 좁으며, Co 함량이 낮을수록 그 범위는 더욱 좁아진다. WC/Co계 합금에서 탄소가 적정 범위에 있을 때에는(WC+γ)의 건전상 영역에 있지만 탄소가 부족하면 W₂C 또는 η상(Co₃W₃C)의 복 탄화물 상이 형성되기 쉽고, 탄소가 많은 경우에는 유리 탄소가 생성되며, 그림 5에서 이때의 소결 조직 등을 각각 나타내고 있다.

이와 같이 WC/Co계에서 잔류하는 탄소의 농도에 따라 WC-Co외에 η상이 생성되거나, 유리 탄소가 존재하게 되므로 그림 6에서 보는 바와 같이 탄소 함량이 증가함에 따라 WC/Co 초경 합금의 경도는 지속적으로 감소하였으며, 항절력은 초경 합금의 화학양론 조성치에서 최대의 값을 나타내었고, 화학양론치에서 벗어나서 η상이 형성되거나, 잉여 탄소가 있는 경우에는 항절력이 점차 감소하였다. 즉 탄소 함량이 화학양론치보다 낮은 경우 취성이 강한 η상이 생성되면서, 기지 조직내의 Co를 흡수하므로, 이것을 피하기 위하여 실제로는 소결시 탈탄되는 양을 고려하여 WC/Co합금 내에 잉여 탄소를 약간 더 첨가하게 된다.

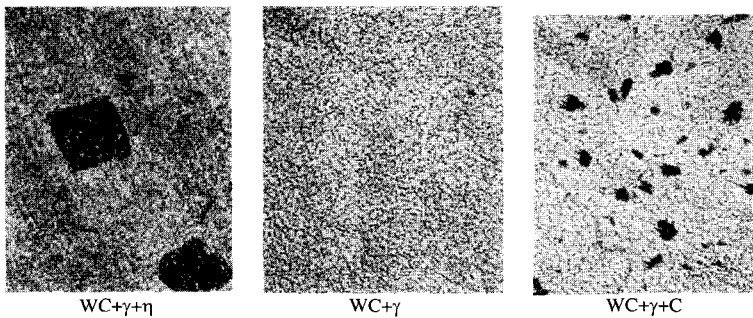


그림 5. WC/Co 초경 합금의 합금 조직.

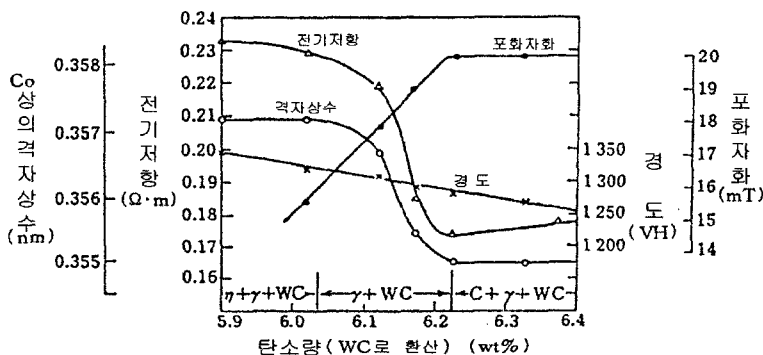


그림 6. WC-16 wt%Co 초경 합금의 특성에 미치는 탄소량의 영향.

3. 초경 합금의 응용

초경 합금은 주로 공구용 소재로서 사용되며, 크게 절삭 공구용, 내마모 공구 및 금형 부품용, 광산 공구용으로 나눌 수 있다. 내마모공구 및 부품에 사용되는 WC-Co계 초경 합금의 WC 평균 입도와 Co함량에 따른 각종제품의 응용범위를 도시하면 그림 7과 같다. 여기에서 충격치와 강도가 동시에 높아야 하는 냉간 가공용 톨은 Co 함량이 높은 쪽에 있고, 열간 가공용 톨은 Co함량이 10%전후이며 WC입도가 보다 큰 쪽에 있으며, 고 내마모성이 요구되는 신선용 다이어나 PCB드릴 등은 WC입도가 미세하고

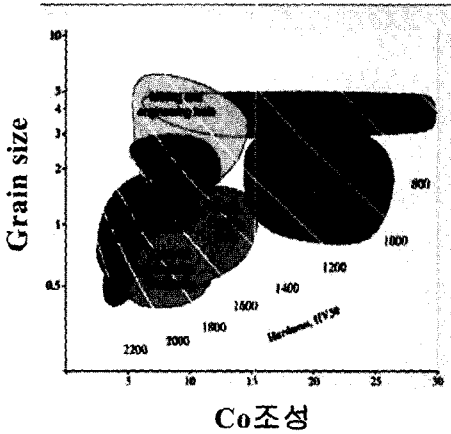


그림 7. WC 입자 크기 및 Co 조성에 따른 초경 합금의 응용 예.

Co함량이 아주 낮은 쪽에 있는 것을 알 수 있다.

o 절삭 공구용

초경 합금의 재종 선택 기준과 사용 조건을 표 1에 나타내었다. 절삭 공구로는 마이트, 커트, 엔드밀, 리머, 톱, 드릴, 로터리바 등에 사용하는데, WC/Co 조성의 K계는 불연속 칩이 나오는 주철이나 비금속 재료를 절삭하는 경우에 사용되며, P계열은 연속 칩이 나오는 강이나 주강을 절삭하는 경우, M은 P와 K의 중간형으로 강, 주강, 고 Mn강을 절삭하는 경우에 사용되는데, P와 M계는 강을 절삭할 때 내용착성, 내크레이트성을 방지하기 위하여 TaC, TiC 등을 첨가하였다.

o 내마모 공구 및 금형용

내마모용 공구 및 금형은 고온에서 사용하는 경우가 드물므로 주로 WC-Co계 합금을 사용한다. 따라서 내마모용 초경 합금은 WC 입도와 Co양의 조절에 따라 WC 입도가 미세하고 Co양이 적은 고경도, 내마모성 재종에서 WC 입도가 크고 Co양이 많은 내 충격성 재종까지 용도에 맞게 선정된다.

o 압연 톨

냉간 압연용 톨은 세립자 탄화물을 사용한 합금으로 고경도와 더불어 고압축 강도를 지니고 있으며 특히 내충격성이 우수하므로 금형 소재용으로 많이 사용되고 용도에 따라 내마모 공구용으로 널리 사용된다. 그러나 열간 압연용 톨은 일반 초경과는 달리 WC-Co-Cr-Ni계로 내마모성, 내열 균열성, 내식, 산화성이 요구되며, 이를 향상시키기 위하여 바인더를

표 1. 초경 합금의 재종별 특성

분류*	절삭 조건	피삭재	재종	조성	특징	용도
P	절삭저항 大	연속적인 chip배출	P10	WC+TaC +TiC+Co	TaC, TiC등 탄화물 첨가량이 많고, 내열성이 우수	강, 주강용
			P20			강, 주강, SUS, 가단주철
			P30			강, 주강, SUS
			P40			강, 주강, SUS
M	절삭저항大	연속적인 chip배출	M10	WC+TaC +TiC+Co	TaC, TiC등 탄화물 첨가량이 많고, 내열/기계적 마모 특성이 우수	SUS, 주강, 합금주철, 합금강
			M20			연질패삭강, 비철금속
			M30			
K	절삭저항 小	절삭력이 작고, 짧은chip 배출	K10	WC+Co	TaC, TiC등탄화물 첨가량이 거의없고, 기계적 마모 특성 우수 하나, 열적 특성 떨어짐.	주철, 고경도강, Chilled, Si-Al 합금
			K20			주철, 경질주철, 비철
			K20M			주철, 경질주철
			K30			연질주철, 비철금속

강화시켰고, 탄화물 입자도 열간 압연이 적합하게 하여 표면 조도가 우수하고, 열 균열이 적게 발생하게 하는 것이 특징이다.

o 정밀 금형

초경 합금제 금형은 선, 봉, 파이프 등을 신선 인발하는 것이 종래의 대표적인 용도였으나 지금은 각종 펀칭 및 블랭킹의 순차 이송 금형(progressive dies), 금속 가공 금형, 분말 성형 금형 등에 초경 합금의 사용이 필수 조건으로 되었다. 블랭킹, 펀칭 및 피어싱에 사용되는 것은 WC-(9~16)%Co합금이며, WC입자의 크기가 1.4 μm 인 것이 일반적이다.

o 절단용 공구

강판이나 지류 등을 절단하는 공구로서 로터리 슬리터 나이프(rotary slitter knife), 샤프 에지 툴(sharp edge tool), 시어 블레이드(shear blade), 리드선 커터, 자기테이프 슬리터 등이 초경 합금으로 제조되고 있다.

제지·인쇄·제본 등에 사용하는 절단용 공구는 초미립자 초경 합금이 사용되고 있다. 제본 도서 등을 재단하는 절단용 공구에는 초경 합금제로 대체가 많이 이루어졌는데, 이것에는 보통 입도 WC-(10~15%)Co합금이 사용되고 있다.

o 광산 공구용 초경 공구

광산·토목·건설 분야에서의 초경 합금 공구의 역사는 오래 되었으며, 세계적으로 지하 자원 개발이 활발할 무렵 초경 합금 중에서 가장 큰 비중을 차지한 적도 있었다. 최근에 와서 광산용 공구 쪽보다는 토목·건설용 공구 쪽에서 그 수요가 많아지는 경향을 보이고 있다. 비트용 초경 합금 팀은 그 용도에 따라 내충격성과 내마모성을 모두 구비한 초경 합금이 필요하다. 최근에 기계가 다양화되고, 또 토목·건설 분야에서는 지역에 따라 토질이 다르므로 규격에 포함되어 있지 않은 보다 더 경도가 높거나, 보다 더 경도가 낮은 초경 합금 팀을 사용하는 경우도 증가하고 있다.

4. 초미립 초경 합금

최근에는 반도체 산업, 전자 산업 및 정밀 공업의 발전으로 초경 합금이 사용되는 환경이 복잡 다양화 되면서 고성능의 초경 재료가 요구되고 있다. WC/Co계 초경 합금의 특성은 화학적 조성, WC입자의 입도 분포 및 합금중의 탄소량, 미세 조직, 기공도,

이 물질과 같은 결합 등에 의하여 영향을 받는다¹⁰⁾. 이 중에서 특히 WC입자의 크기와 WC입자 사이의 Co층의 두께(mean free path)는 초경 합금의 특성을 결정하는 가장 중요한 변수로서 WC입자의 크기가 감소하고, mean free path가 짧아질수록 초경 합금의 기계적 특성이 향상되므로 WC/Co초경 합금의 특성을 향상시키기 위해서는 WC입자의 크기가 작고, Co와 WC의 혼합 균일성을 높이는 것이 필요하다¹¹⁾.

4.1. 초미립 초경 합금의 개발 현황

미립 초경 분말 제조에 대한 본격적인 연구는 1960년도부터 시작하여 1967년 Dupont사에 의하여 미립 WC/Co 초경 분말이 제조된 이후 0.9 μm 크기의 WC-Co-Cr₃C₂, 0.7 μm 정도의 크기를 갖는 WC-Co-(TaC,Cr₃C₂), WC-Co-(Ta,Nb)초경 합금이 잇따라 개발되었고, 1984년 직접 침탄법에 의하여 0.36 μm ~0.57 μm 정도의 입도를 가지는 미립 초경 분말이 개발되었다. 현재는 약 0.5 μm ~0.6 μm 입자의 초경 합금이 상품화되어 있으며, 스웨덴의 Sandvik사, 미국의 Kennametal사, 독일의 H.C.Starck사, 일본의 Tungaloy사 등에서 end mill 등에 적용하여 판매중이며 현재 이보다 더욱 미세한 카바이드 입자 크기를 가지는 100 nm~200 nm급의 초경 합금을 산업화하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.

기존의 미립 초경 분말 제조법은 분쇄 공정과 소결 공정 개선에 의한 미립화를 시켰지만 보통 입도의 WC를 사용하여 초미립으로 분쇄하는 것은 불가능하기 때문에 원료 분말 자체를 미세하게 만드는 연구가 처음으로 1980년도에 엑슨사로부터 시작하여 현재는 몇 개의 초경 분말 제조 회사에서 제품 개발을 추진 중에 있다. 초미립 초경 분말 제조의 선두 주자로는 미국의 Nanodyne사로서 1990년에 Spray Conversion법으로 카바이드 입자 크기가 100 nm 이하의 초미립 초경 분말인 Nanocarb(그림 8)의 제조에 성공한 이후로 양산화를 꾸준히 추진한 결과, 1999년부터 연간 500톤을 생산하고 있다. 또한 OMG사에서 RCR법(rapid carbothermal reduction)으로 200 nm급의 초경 분말(그림 9)을 개발하여 현재 국내에 공급하고 있다. Sandvik사의 Sandvick PN90과 DOW chemical사, 중국의 Xiamen사에서 개발한 초미립 초경 분말의 경우 입자 크기가 200 nm정도로서 DOW chemical사에서도 연간 500톤 규모의 초미립 초경



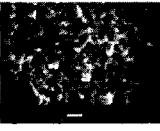
Co/VC/Cr ₃ C ₂ %	9.4/0.4/0.8	6.0/0.8/-0-
WC Grain Size	0.15 μ m	0.25 μ m
Powder	sintered 1250 $^{\circ}$ C	sintered 1350 $^{\circ}$ C
		
Hardness H _{RA}	94.2	94.5
Coercivity(Oe)	593	550

그림 8. 초미립 초경(Nanodyne사) 초경 분말 및 소결체.

분말 생산을 준비중에 있으며, Xiamen사의 경우에도 현재 국내에 분말을 일부 공급이 하고 있다.

국내의 초미립 분말 제조에 관한 연구는 1992년부터 산학연 협동으로 초미립 초경 공구 제조에 관한 연구를 시작한 이후로 Thermochemical(TCP)법에 의하여 카바이드 입자의 크기가 60 nm인 초미립 초경 분말 제조에 성공한 이후로, 최근에 초미립 초경 분말의 산업화를 위하여 공정 가격을 대폭적으로 절감한 새로운 프로세스인 Mechanochemical((MCP)법을 이용하여 카바이드 입자의 크기가 100 nm급의 초미립 초경 분말을 개발하여 현재 분말이 양산화 되고 있다.

4.2. 초미립 초경 합금의 제조 공정

기존의 초경 합금의 제조 방법은 보통 입도의 WC를 사용할 경우 분쇄, 혼합 공정에서 아무리 강하게 분쇄하여도 0.1 μ m 이하의 입도 까지 분쇄하는 것이 불가능하기 때문에 초미립 초경 분말을 제조하기 위

하여는 원료 분말 자체가 미세하게 제조되어야 하고, 낮은 온도에서 공정이 이루어져야 하며 또한 합금 강도에 유해한 불순물을 함유하고 있으면 원하는 강도를 얻을 수가 없으므로 고순도로 제조되어야 한다. 이러한 관점에서 화학적인 제조 방법은 W와 Co용액을 이용하여 침전법과 분무 건조법¹²⁻¹⁵⁾에 의해 고순도의 시초 분말을 제조할 수 있는데, 이렇게 제조된 분말은 W와 Co원자들이 용액에서부터 균일하게 분산, 혼합되어 있기 때문에 환원, 침탄 및 소결시에 저온에서 빠른 반응 속도를 나타낼 수 있다. 분무 건조법에 의한 시초 분말 제조 방법은 Co와 W이 혼합되어 있는 용액을 빠른 속도로 기화시킴으로써 제조되기 때문에 W와 Co가 균일하게 혼합된 미세 분말을 제조할 수 있고, 밀링 등의 공정이 필요하지 않으므로 고순도의 분말을 제조할 수 있으며, 용액을 제조 할 때 단순히 Co와 W의 혼합 비율을 조절함으로써 조성을 변화시킬 수 있으므로, 조성 변화가 용이하며, 연속 조업으로 양산화가 가능한 장점을 가지고 있다. 이 시초 분말은 탄소와 기계적으로 혼합하여 800 $^{\circ}$ C~900 $^{\circ}$ C에서 침탄하는 MCP법, 약 600~800 $^{\circ}$ C 사이에서 CO, Co₂ 또는 CH₄ 등의 가스에 의한 침탄 TCP을 거쳐 WC/Co가 제조된다. 새로운 화학적인 방법은 종래의 일반적인 제조 방법과 비교할 때 모든 공정이 650~800 $^{\circ}$ C 사이의 저온에서 이루어지므로 미세한 입자의 분말을 제조할 수 있다. 또한 공정 횟수가 적고 고순도의 분말을 제조할 수 있으며, 침전법과는 달리 WC와 Co의 조성 변화가 용이한 장점을 가지고 있다(그림 9).

초미립 초경 분말은 또한 입도가 미세하기 때문에 소결 반응이 빠르게 진행되므로 공정 온도 바로 위

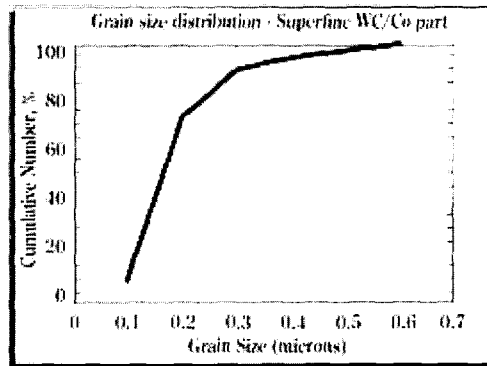
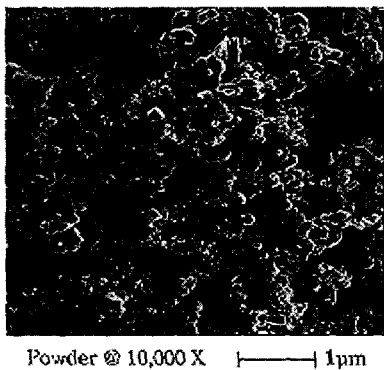


그림 9. 초미립 초경(OMG사) 분말의 형상 및 입도 분포.

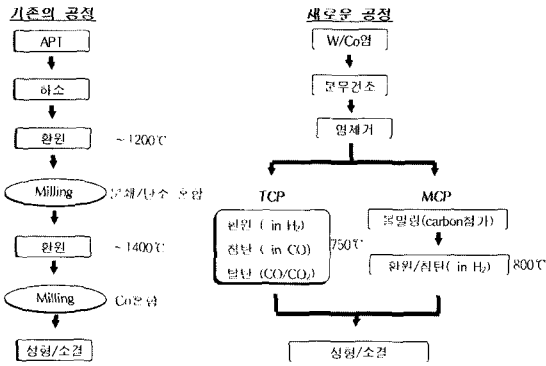


그림 10. 초경 합금 제조 방법.

에서 약 1분 정도의 소결 만으로도 기공이 거의 없는 초미립 초경 합금을 얻을 수 있으나, 소결 중에 조대한 결정립이 국부적으로 생기기 때문에 일반 초경 합금의 소결 공정과는 다른 입자 성장 억제제의 첨가와 소결 조건이 필요하다.

4.3. 초미립 초경의 특성

초미립 초경 합금은 보통 입도의 초경 합금에 비하여 대단히 미세한 WC 결정립 조직을 가지고 있으며, Co와의 결합 강도도 높기 때문에 여러 가지 우수한 특성을 가지고 있다. 일반적으로 초경 공구에 있어서 대표적인 성질인 경도와 항절력은 반대되는 특성을 가지고 있으며, 경도가 증가하면 항절력은 오히려 감소하게 된다. 그러나 초미립 초경 합금은 일반 초경 합금보다 높은 경도 값을 나타내며, 같은 경도의 일반 초경 합금보다 높은 강도와 인성을 가지고 있는 것으로 나타나는데 그 이유는 입자 미세화에 의한 강화 효과뿐만 아니라 Co상과 WC 입자가 균일하게 분산되어 있는 효과에 기인된다. 따라서 WC 입자의 미세화로 경도와 항절력을 동시에 향상

시킬 수 있다. 그림 11은 초경 합금에서 WC의 입자 변화에 따른 경도와 항절력 변화를 나타낸다. 초미립 초경 합금은 일반 초경 합금보다 높은 경도 값을 나타내는데, 경도의 경우 Hall-Peach관계를 벗어나는 급격한 증가를 보이고 있으며, 항절력의 경우에도 입자 크기의 감소에 따라 항절력이 감소하는 일반적인 경향을 벗어나고 있다¹⁶⁾. 그림 12는 MCP법으로 제조한 초경 합금의 경도 및 항절력과 종래의 방법으로 제조한 sub-micron과 1-2 μm급의 초경 합금의 경도 및 항절력을 비교한 것으로서, MCP법으로 제조한 초미립 초경 합금의 경우 경도 뿐만 아니라 항절력도 향상된 것을 알 수 있다.

4.4. 초미립 초경 합금의 응용

초미립 초경 합금은 고경도, 고강도, 고내마모성을 겸비한 것으로서 저속 절삭에서는 대단히 우수한 성능을 발휘하므로, 예리한 모서리가 요구되고, 인성과 내마모성이 요구되는 용도로서 사용되는데, 주로 PCB(printed circuit board)용 드릴, end-mill, drill,

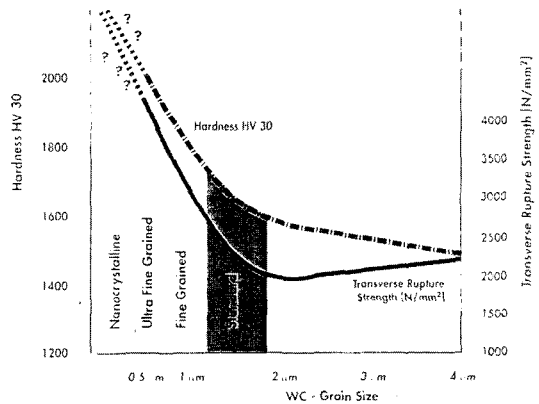


그림 12. 초미립 초경 합금의 기계적 특성.

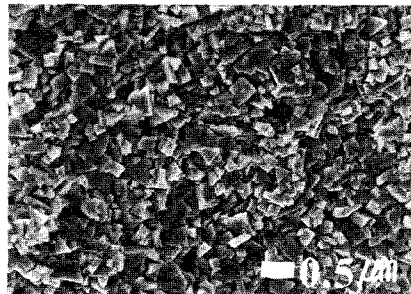
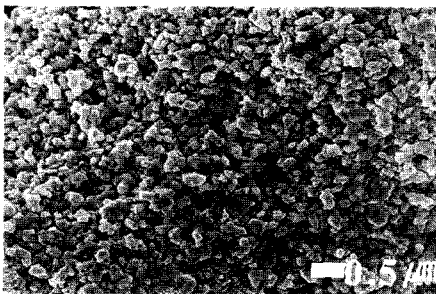


그림 11. Mechanochemical법으로 제조된 초미립 초경 분말 및 소결 조직.

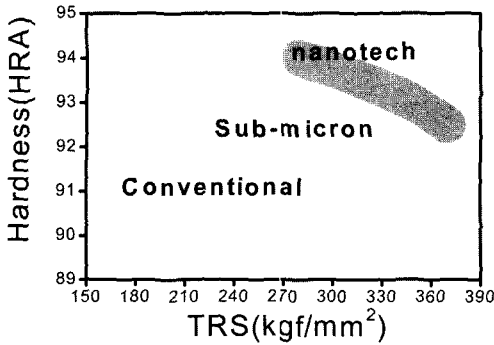


그림 13. Mechanochemical법으로 제조된 초미립 초경 합금의 기계적 특성.

slitting knife, 반도체 금형 등으로 사용되고 있다.

- 절삭 공구; 절삭 공구 중에 솔리드 엔드 밀이나 솔리드 드릴 등은 커터 끝에 피삭재의 용착과 탈락의 반복에 의해 전단 날에 칩핑(chipping)이 일어나기 쉽기 때문에 현재까지는 직경이 작은 엔드 밀이나 드릴에는 고속도강이 주로 사용되었지만, 생산성 향상의 요구와 고 강성 공작 기계의 출현 등으로 저속 영역에서 적합한 초미립 초경 합금의 사용이 가능하다.

- Solid drill; 고경도와 고인성, 그리고 고 내마모성이 요구되는 PCB가공용 드릴로서 사용되는데, 소형 드릴($\phi 0.5$ mm이하)에서는 높은 내마모 특성과 함께 고인성이 요구되므로 초미립 초경 합금이 적합하다. 특히 전자 제품의 고성능화, 소형화에 따라, 전자 제품의 심장부인 전자기판의 크기가 감소하여, 전자 기판에 직경이 0.3 mm이하의 미세공을 수 천개씩 정밀하게 가공하기 위해서는 초미립자 초경 합금만이 가능하므로, PCB드릴용 초미립 초경 합금의 이용이 더욱 늘어날 전망이다.

- End mill; 절삭 속도를 빨리하기 힘든 소형 end mill에는 주로 고속도 공구강을 사용하였으나 생산성 향상 요구와 고강성 공작 기계의 출현과 더불어 저속 절삭에 적합한 미립 초경 합금이 개발 됨에 따라 초경 합금 Solid end mill이 개발되어 현재 강의 절삭에는 대부분 미립 초경 합금을 사용하고 있으며, 본격적인 초미립 초경 분말의 제품화로 초미립 초경 합금이 향후 시장이 크게 증가될 것으로 사료된다.

- 전단 공구; 전단 공구 중에서 쉐어 브레드나 로터리 나이프 등은 edge의 예리성과 내마모성, 내 칩핑성이 요구되기 때문에 초미립 초경합금의 사용이

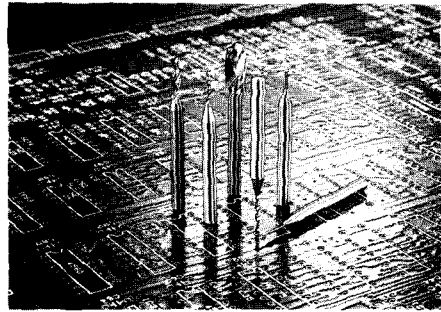


그림 14. 초경PCB용 드릴.

Figure 12.19 Large Mitsubishi helical slab-milling cutter of brazed construction.



그림 15. Slab-milling cutter.

적합하다. 종이 철판 등의 전단에 사용되는 절단 날에는 절단 부분의 고품질과 수명 향상을 위해 초경 합금을 사용하며, 이중에서도 특히 날카로운 모서리와 내마모성, 내 칩핑성이 요구되는 부분에는 초미립 초경 합금을 사용하고 있다. 또한 자기 테이프, 종이, 포일용, 강관용 등의 엄밀한 치수와 절단 부분의 정밀도가 요구되는 부분의 절단 나이프에 사용되는 로터리 나이프의 경우 내마모성이 높고 상당히 오랜 시간동안 날카로운 절단날이 지속되어야 하므로 초미립 초경 합금이 적당하다.

- 금 형; 금형에는 보통 일반 입도 초경 합금을 주로 사용하고 있지만 초미립 초경 합금은 날카로운 모서리가 요구되는 고정밀도 금형이나 펀치용 재료로서 가장 적합하며 경박단소형 부품의 제조에는 상당히 유용하다. 초미립 초경 공구의 사용 범위는 미립 초경 제품과 유사할 것으로 예상되며 또한 같은 경도에, 높은 인성의 특성을 가지므로, 현재 고속도 공구강이 응용되고 있는 부품들을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1.鈴木, 超硬合金と焼結硬質材料技術と應用, 丸

- 善(1986) 127.
2. Andrder Badzian and Teresa Badzian : Int. J. Refractory Metals & Hard Materials, **15** (1997) 3.
 3. H. Exner and J. Gurland : Powder Metallurgy, **13** (1970) 13.
 4. Lee. H.C. and Gurland. J. : Mater. Sci. Eng., **33** (1978) 125.
 5. Fischmeister. H. : Proc. Int. Conf. Science of Hard Materials, Jackon. Plenum Press, New York, p14.
 6. F.V. Lenel : Powder Metallurgy Principles and Applications, Metal Powder Instituties Federation, Princeton, NJ (1980).
 7. J. Gurland : Jour. Metals, **7** (1955) 311.
 8. J. Gurland : Jour. Metals, **6** (1954) 285.
 9. M. Gensamer, E.N. Pearsell, W.W. Pellini and J.R. Low : Metals Trans. Am. Soc. Metal, **30** (1942) 983.
 10. Geoffrey and E. Spriggs : Int. J. Refractory Metals & Hard Materials, **13** (1995) 241.
 11. H.E. Voyer and T.L. Gall : Metals hand book, American Society for Metals.
 12. K. E. Gonsalves, T. D. Xiao, G. M. Chow and C. C. Law : Nanostructured Materials, **4** (1994) 139.
 13. L.E. McCandlish, B.H. Kear and B.K. Kim : Mater. Sci and Tech. **6** (1990) 953.
 14. B.H. Kear and L.E. McCandlish : Nanostructured Materials, **4** (1994) 139.
 15. B.K. Kim, G.H. Ha and D.W. Lee : Journal of Materials Processing Technology, **63** (1997) 317.
 16. D. Kassel, G. Schaaf and K. Dreyer : MPR, April (1997) 16.