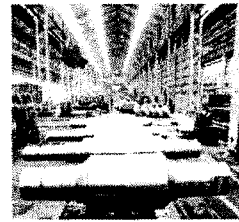
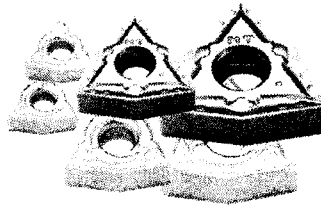
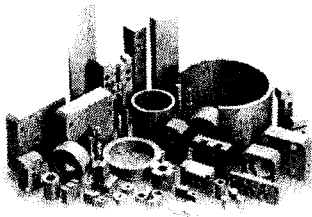


서멧(Cermet)의 제조기술과 특성 및 응용

대한중석초경주식회사
종합기술연구소

안 동 길



목 차

- ▶ 서멧 (Cermet)의 개요
- ▶ 서멧의 제조기술
 - 합금설계
 - 원료분말의 제조
 - 소결기술
- ▶ 서멧의 특성 평가
- ▶ 서멧의 응용
- ▶ 향후 전망

서멧 (Cermet)

▶ Cermet (CERamic + METal) 란?..

- 각종 탄화물, 질화물, 산화물등의 내화물 세라믹을 Ni, Co, Fe 등의 결합금속으로 결합시킨 소결 복합재료
- 통상 TiC 또는 TiCN을 경질상으로 하고 Ni, Co을 결합상으로 하는 경질 초경재료를 지칭
- WC-Co 합금의 실용화 이후 W 및 Co의 자원적 문제로 대체 경질재료로 개발
- 최근 고성능 TiCN계 서멧이 절삭공구 및 내마모 재료를 중심으로 확대 보급

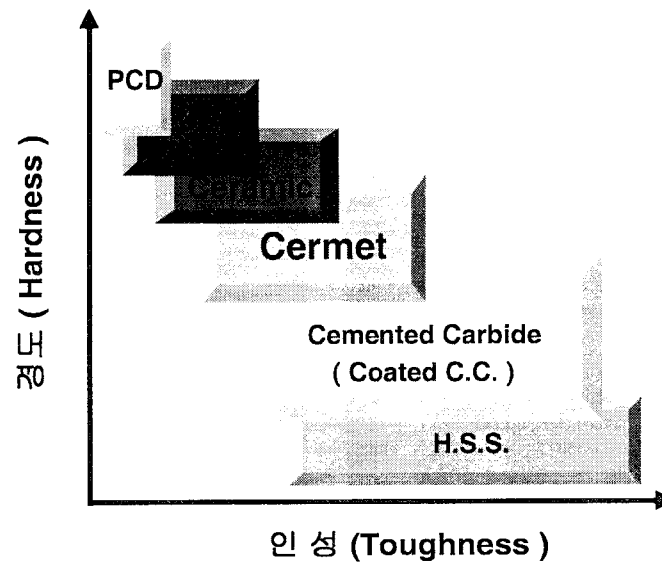
각종 고온 탄·질화물의 특성

Carbides	Unit Cell	Melting point(K)	Density (g/cm ³)	Micro-Hv (GPa)	Young's modulus (GPa)	Total carbon(%)
TiC	NaCl	3473	4.92	32.0	350	20.05
TiN	NaCl	3223	5.40	20.0	251	-
WC	Hex.	2873	15.60	18.7	722	6.13
Mo ₂ C	Hex.	2873	8.60	18.0	540	5.89
TaC	NaCl	4173	14.49	18.0	290	6.23
NbC	NaCl	3973	7.76	24.0	346	11.45

소결 경질재료 (Sintered hard materials)

- ▶ 고속도강 (High speed steel)
 - 0.7~0.85%C - 18%W - 4%Cr - 1%V
- ▶ 초경합금 (Cemented carbide)
 - WC-Co
 - WC-(Ti, Ta, Nb)C-Co
- ▶ 코팅 초경합금 (Coated carbide)
 - 초경합금 + TiN, TiC, TiAlN, Al₂O₃ 표면코팅
- ▶ 서멧 (Cermet)
 - TiCN-WC-Mo₂C-TiC-NbC-Co-Ni
- ▶ 세라믹(Ceramic) & PCD, CBN
 - Al₂O₃, Al₂O₃-TiC, Si₃N₄

서멧과 소결 경질재료의 기계적 특성



서멧의 개발과정

- ▶ 1890 ~ H. Moisson Study of hard materials (carbide, boride)
- ▶ 1914 H. Voigtländer Sintered WC, Mo₂C
- ▶ 1917 A. Liebmann W-Mo-Fe-Ni-Cr-Cr-TiC
- ▶ 1923 K. Schröter WC-Co
- ▶ 1929 P. Schwarzkopf Mo₂C-TiC-Ni-Cr (Titanit)
- ▶ 1931 Siemens Co., (Germany) TaC-TiC-Co
- ▶ 1956 Humenik TiC-Ni-Mo cermet
- ▶ 1971 ~ TiC-TiN-Ni-Mo (Japan), Al₂O₃-Cr, Cr₃C₂-Ni
- ▶ 1980 ~ TiCN-based cermet TiB₂ based cermet (TiB₂-Fe..)
- ▶ 2000 ~ High Nitrogen TiCN-based multi-carbide cermet

서멧의 조성별 특성과 공업화

- ▶ TiC-Ni : 고 경도, 난소결성



- ▶ TiC-Mo-Ni : 소결성 개선,
기계적 성질 향상



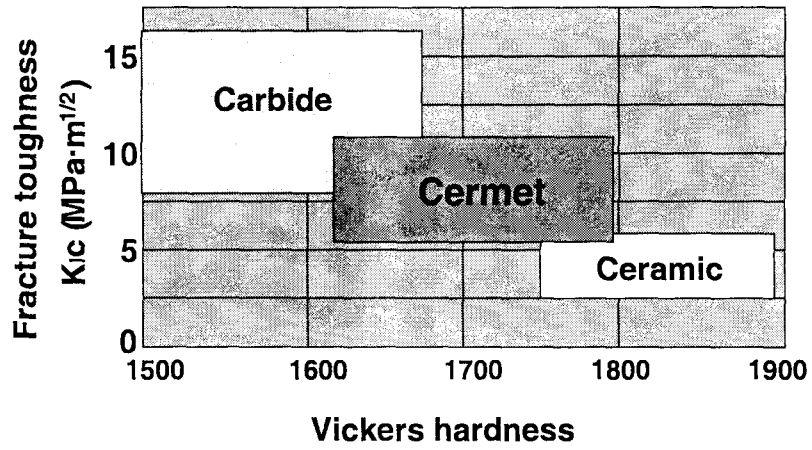
- ▶ TiCN-Mo-Ni : 조직 미세화, 인성의 대폭 개선



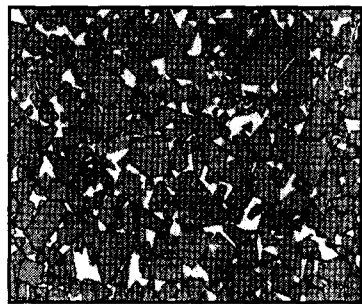
- ▶ TiCN-(W, Mo, Ta, Nb, V, Zr)C- Co-Ni : 공업화 조성, 미세조직
열-기계적 특성 우수



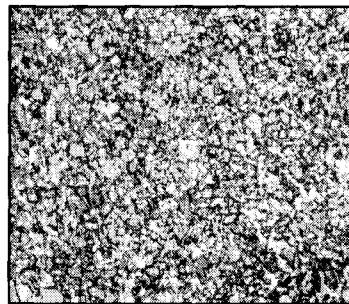
대표적 소결 경질재료의 인성 및 경도



서멧의 합금조직

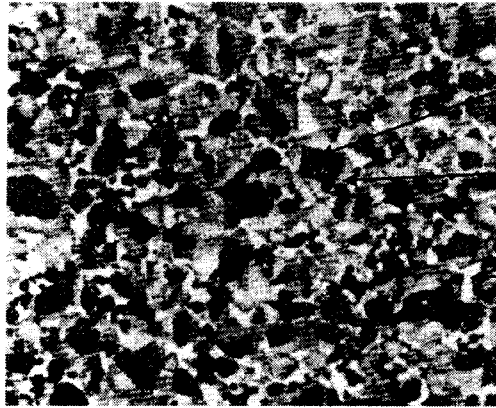


WC-Co Carbide



TiCN-Based Cermet

TiCN계 서멧의 구성상



Core : TiCN

Shell : (W,Ti, Mo,Ta)CN

Co/Ni binder

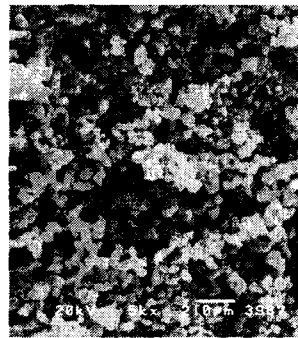
SEM micrographs

서멧 원료분말

- ▶ Titanium Carbide TiC
- ▶ Titanium Nitride TiN
- ▶ Titanium Carbonitride TiCN (C/N ; 7/3, 3/7, 5/5)



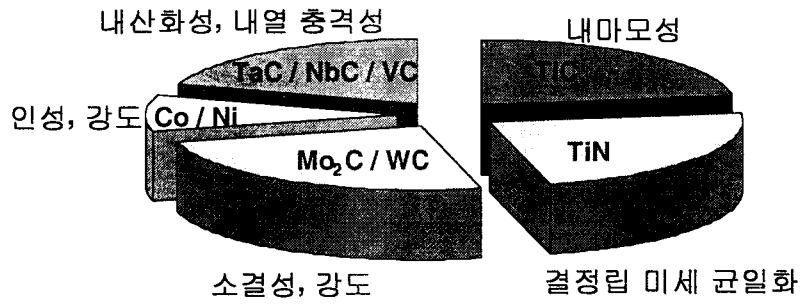
TiCN (5/5)



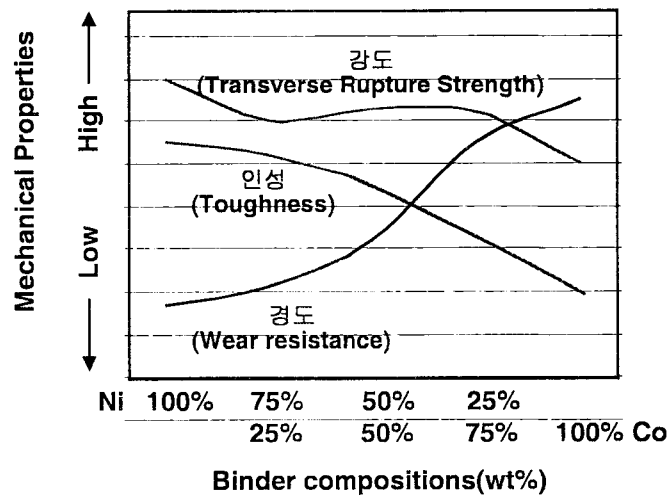
Submicron TiCN (5/5)

공업용 서멧의 합금설계

공업용 서멧의 기본조성 : TiCN-WC-Mo₂C-TaC-NbC-Co-Ni



결합상 Co/Ni 구성비에 따른 특성



원료분말의 제조

▶ 밀링(Milling) : 습식밀링(아세톤, 알코올, 핵산)

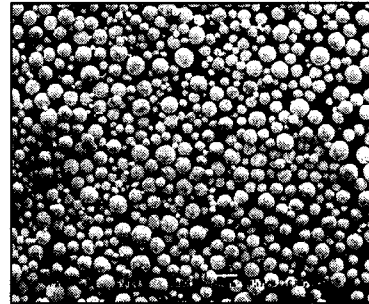
원료분말 + 용매 + 초경 볼

- 적정 밀링조건 → 균일 혼합 및 분쇄
- 과다 밀링 → 성형압 상승, 불순물 혼입

구상화 서멧 원료분말

▶ 조립구상화 (Spray dryer)

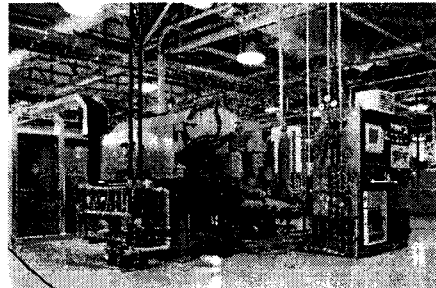
- 유동도 (Flow rate)
- 겉보기 밀도 (Apparent density)
- F.R (Filling Ratio)



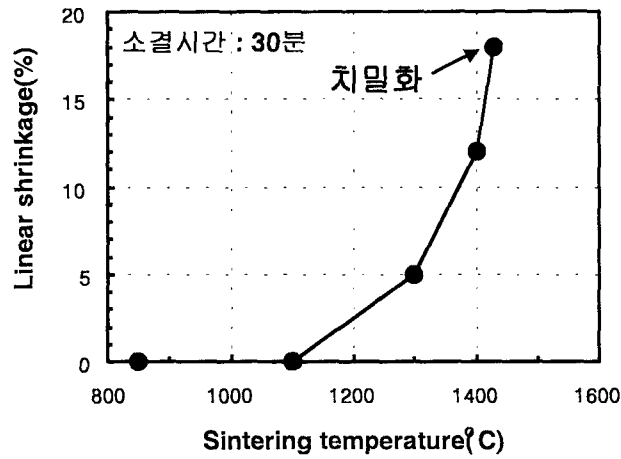
서멧의 소결

▶ 소결 (Sintering)

- 진공 또는 질소분위기 소결 → 1350 ~ 1500 °C
- 고강도 초미립 서멧 → HIP, Sinter-HIP (미세 Pore 제거)
- 소결 분위기의 제어 (소결 치밀화)
→ 탈탄, 가탄 및 탈질의 제어
- 소결 Cycle 에 따른 표면 개질층
→ 가질 및 냉각속도



서멧의 소결 수축률 거동



서멧의 액상소결

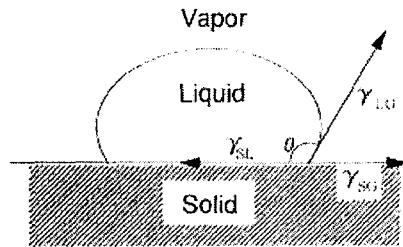
▶ 액상소결에 있어서 치밀화 조건

- 우수한 고-액 젖음성 (Good wetting)
- 액상에 대한 고상의 고용성 (reasonable solubility)
- 일정량의 액상 (Content of Liquid phase)

Solubility of carbides in liquid metals at 1673K

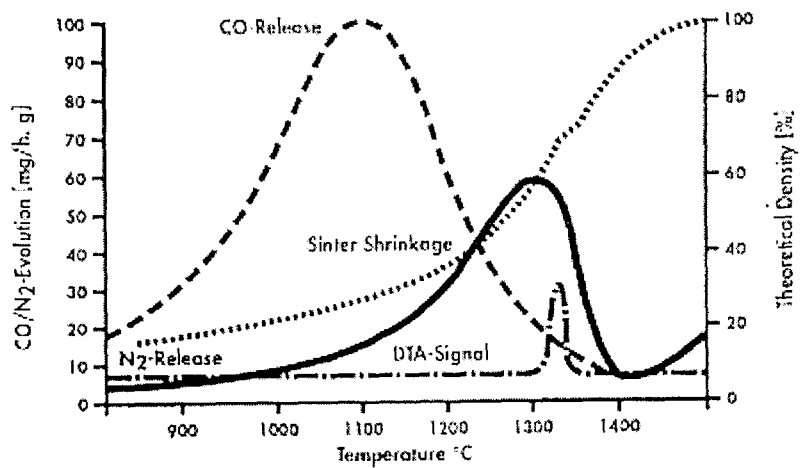
System	Solubility (wt%)	System	Solubility (wt%)
Co-TiC	10	Ni-TiC	11
Co-TiN	0.5	Ni-TiN	0.5
Co-VC	19	Ni-VC	14
Co-NbC	8.5	Ni-NbC	7.0
Co-TaC	6.3	Ni-TaC	6.3
Co-Mo ₂ C	39	Ni-Mo ₂ C	36
Co-WC	39	Ni-WC	27

젖음성(Wettability)과 접촉각(Contact angle)



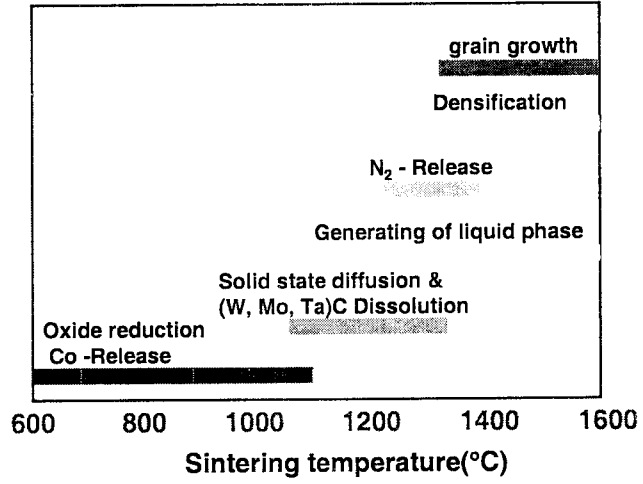
TiC - Ni	15°	TiC - Co	79°
TiC - 10Mo-Ni	0	WC - Co	0
WC - Ni	0	Mo ₂ C - Co	0
Mo ₂ C - Ni	0	Cr ₃ C ₂ - Co	0
Cr ₃ C ₂ - Ni	0	ZrC - Co	86°
ZrC - Ni	43°	TiN - Co	84°
TiN - Ni	113°	ZrN - Co	90°

TiCN 기 서멧의 소결반응

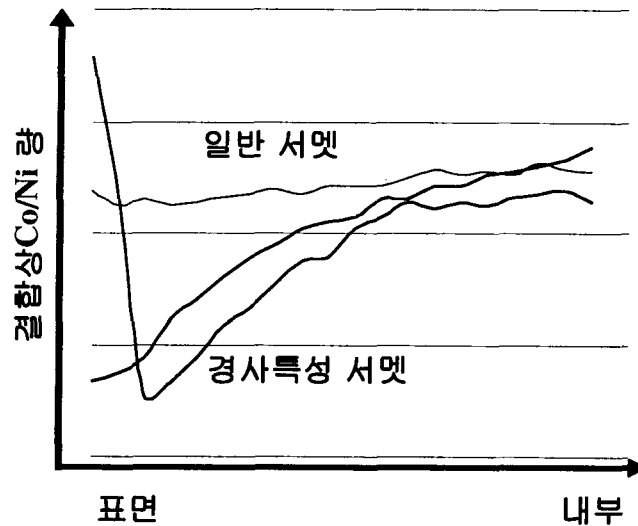


TiCN 기 서멧의 소결과정

TiCN - 15%WC - 10%Mo₂C - 5%TaC - 7%Ni - 9%Co (공업용 서멧 조성)



표면 경사특성을 가진 서멧



서멧의 특성 평가

▶ 실온 및 고온 기계적 성질 평가

- 경도 (Hardness) : 내마모성
- 항절력 (Transverse Rupture Strength) : 합금의 강도
- 파괴인성 (Fracture Toughness) : 내결손성
- 압축강도 (Compressive Strength)
- 탄성계수, 열전도도, 열팽창률...

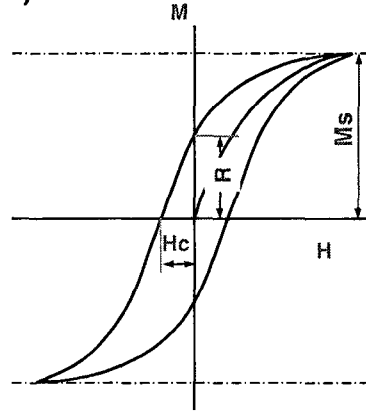
▶ 물리적 특성

- 밀도 (Density) : 치밀 합금화
- 자기적 특성
 - 항자력 (Coercive Force, H_c) : 합금의 미세화
 - 자기포화도 (Magnetic Saturation, $4\pi\sigma$) : 합금의 C, N량

서멧의 자기적 특성

▶ 자기포화도 (Co/Ni의 고유 자기포화도)

- 저탄소(질소) 서멧합금
 - Co/Ni 결합상에 W,Ti등의 고용량 증가
 - 자기포화도 저하
- 고탄소(질소) 서멧합금
 - Free carbon 형성, W,Ti등 고용량 감소
 - 자기포화도 상승



▶ 항자력 (자벽이동에 저항)

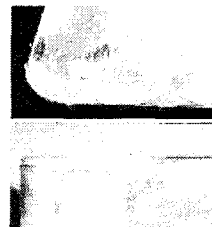
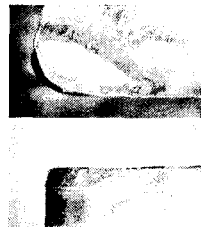
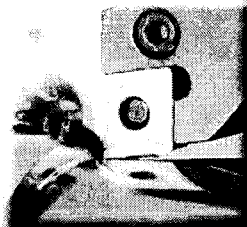
- 미립 TiCN 사용 및 결정립 성장 억제
 - 서멧조직의 미세화
 - 항자력 상승

▶ 자기적 특성으로 서멧의 조직 및 기계적 성질 예측

서멧 절삭공구

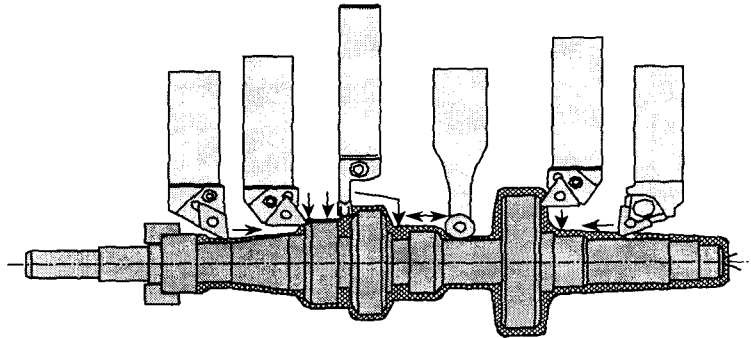
▶ 절삭공구 재료의 요구 특성

- 상온, 고온 경도 → 마모성, 소성 변형
- 인성 → 치핑 및 결손
- 내열충격성(내열 피로성) → 열균열(Thermal crack)
- 내산화성 → 산화마모, 확산마모
- 내용착성 (화학적 안정성) → 가공면 조도, 치핑, 결손

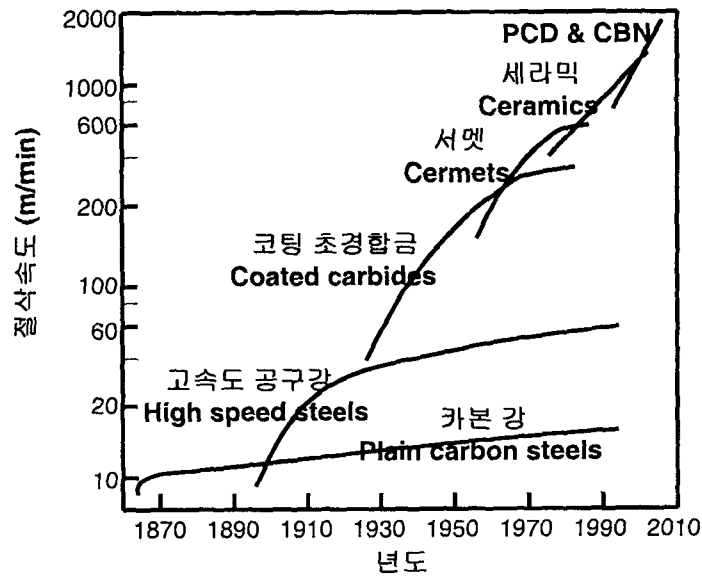


서멧 절삭공구의 특징

- ▶ 피삭재 표면조도가 우수
- ▶ 정밀가공, 고속가공에 탁월한 성능
- ▶ Near-Net-Shape가공에 적합
- ▶ 고인성-고경도 서멧공구의 공업화
- ▶ 강, 합금강, 고경도강, 금형강 절삭성능 우수



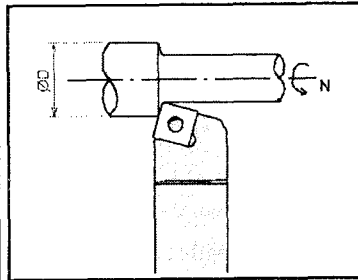
서멧공구와 절삭속도



각 절삭공구의 절삭효율

사용 공구재종	절삭속도 (m/min)	공구수명 (min)	실제 절삭 시간(min)
고속도공구강	20	9	4193
초경합금	(P30)	80	13
	(P10)	140	15
서멧	280	20	305
코팅 초경합금	250	22	340

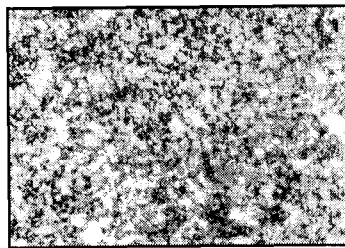
피삭재 : SCM440 (H_B250)
 절삭조건 : $f=0.3, d=2$
 가공 : $\phi 50 \Rightarrow \phi 40$ 으로
 500 개 가공(L500)



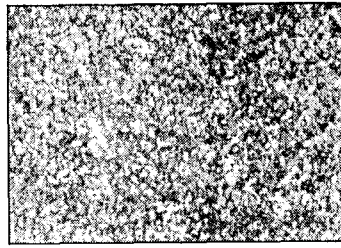
초미립 서멧 (Submicron Cermet) CT520

기존 서멧 과 초미립 서멧 CT520의 조직 및 기계적 특성

기존 서멧

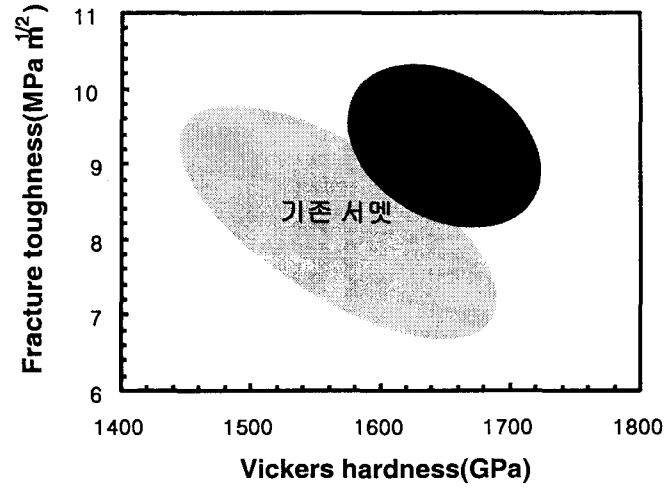


초미립 CT520



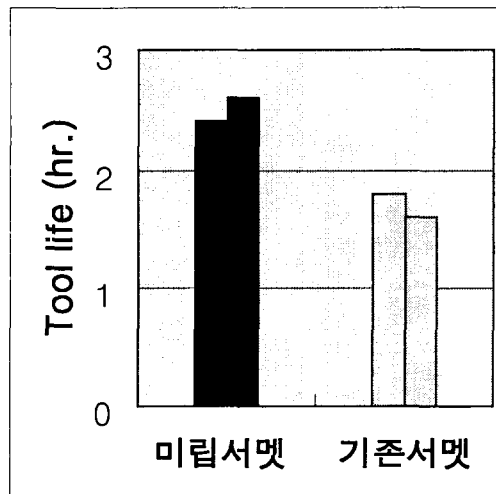
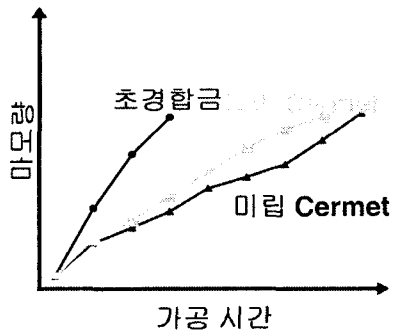
	기존 서멧	초미립 CT520
강도(kg/mm ²)	180-210	240
파괴인성(KIc)	5 - 9	9.8
경도(HRa)	92.0 - 93.0	92.8
밀도(Cm/g ³)	6.5 - 7.3	6.97

초미립 서멧 CT520의 경도, 인성



초미립 서멧 CT520의 절삭성능 비교

- ▶ 절삭조건
- 인서트 : CNMG120408
 - 피삭재 : SCM4
 - 절삭속도 : 250m/min
 - 피드 : 0.2mm/rev.
 - 절삭깊이 : 1.5mm



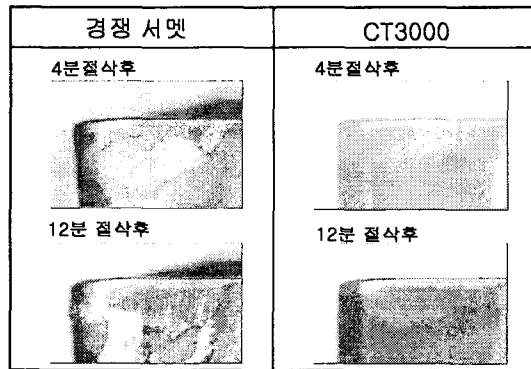
신계념 서멧 의 개발 ; CT3000

▶ 신계념 서멧 CT3000의 주요 특성

- 내마모 및 인성을 기존 서멧에 비해 대폭개선
- 새로운 합금설계로 우수한 열전도도와 내용착성 실현
- 터닝, 밀링, 그루빙가공 등에서 성능이 탁월한 전천후 서멧

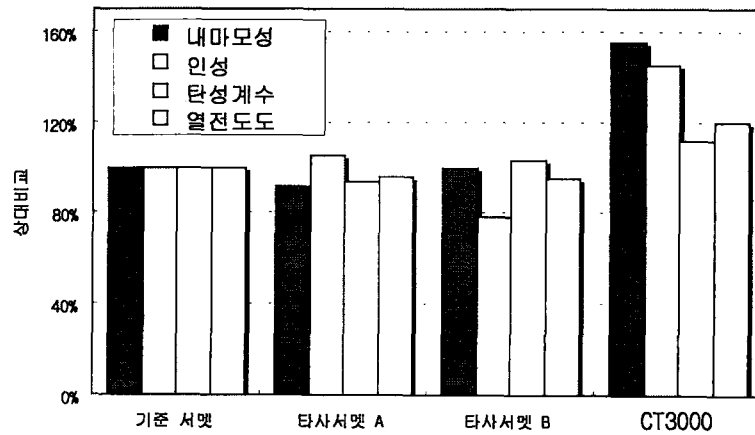
▶ 절삭조건

- 인서트 : CNMG120408MT
- 피삭재 : 0.45% 탄소강
- 절삭속도 : 390m/min
- 피드 : 0.25mm/rev.
- 절삭깊이 : 1.5mm, 건식



신계념 서멧 CT3000

특성 비교



CT3000의 절삭성능 비교(밀링가공)

▶ 밀링가공시 서멧공구의 손상
열균열(Thermal crack), 마모, 치핑
→ 피로균열 → 인선부 결손

▶ 절삭조건

- 인서트 : CNMG120408MT
- 피삭재 : 0.45% 탄소강
- 절삭속도 : 390m/min
- 피드 : 0.25mm/rev.
- 절삭깊이 : 1.5mm, 건삭

3.2m 절삭후 각 서멧공구의 손상 비교



CT3000

경쟁사 A 서멧

경쟁사 B 서멧

경쟁사 C 서멧

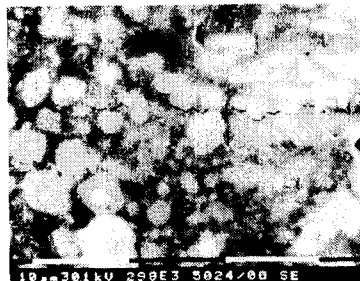
경쟁사 D 서멧

신 서멧재료의 개발

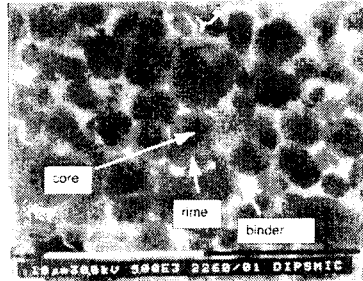
▶ Boride계 차세대 서멧재료

- 2~3원계 붕화물계 서멧 TiB_2 , Mo_2NiB .
- 고경도(고 내마모성), 저비중, 열적-화학적 안정성

TiC-TiB₂-Ni



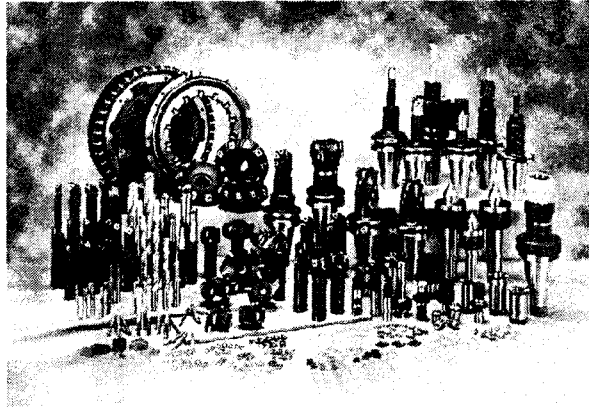
TiC-TiB₂-Mo₂C-Ni



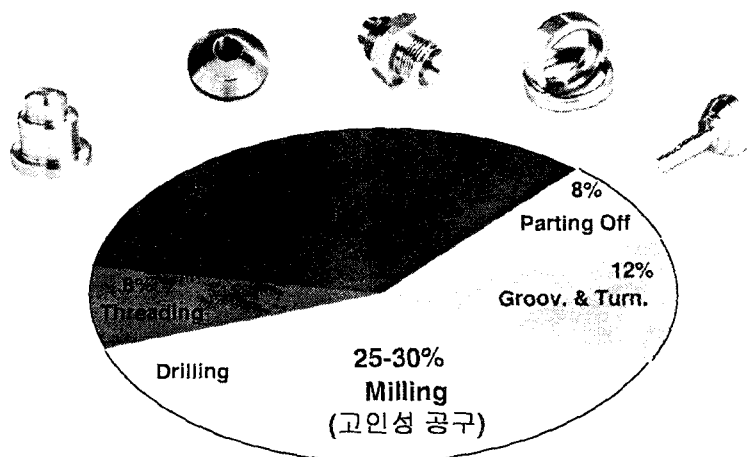
서멧의 응용분야 (절삭공구 재료)

▶ 각종 절삭공구 재료

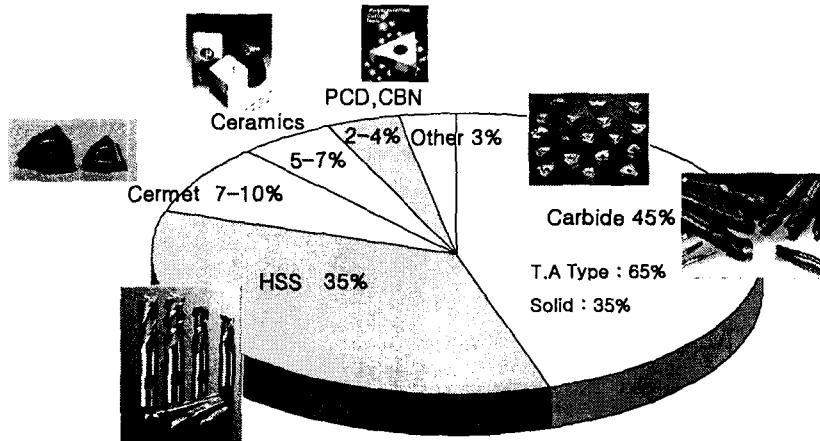
- 정삭, 중삭용 인서트
(정삭, 정밀가공, 고속가공)
- 터닝, 밀링, 나사 및
홀가공용 인서트



절삭공구의 작업형태별 비율

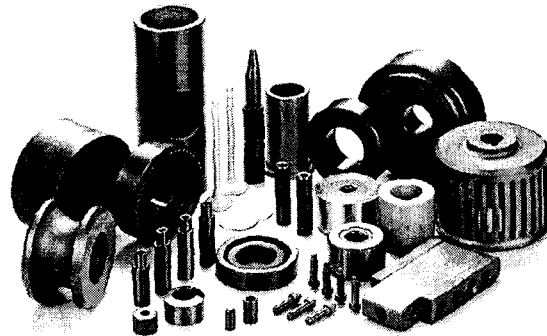


절삭공구별 국내 시장비율



서멧의 응용분야 (2)

- ▶ 각종 내마모 Tip
- ▶ 구조용 내마모 재료
- ▶ 강 및 스테인레스
인발용 Dies & Plug



서멧의 향후 전망

- ▶ 고질소 TiCN계 서멧의 개발확대
 - 고인성 서멧의 지속 개발
 - 고속 정밀가공 추세에 따른 서멧공구의 수요 증가
 - 금형재료, 고온 내마모 재료 응용 확대
- ▶ 신 서멧재료의 개발
 - 초경제품에 필적하는 범용 서멧 제품의 개발
 - 서멧공구의 절삭영역 확대 (공구시장의 확대)
- ▶ 초미립 조직의 서멧 개발
 - 미세, 균일한 조직을 갖는 신 서멧
 - 경도-인성의 지속적 개선

Thank you!

