

절삭공구용 서멧의 자기적 특성과 기계적 성질의 관계

Relationship between Magnetic and Mechanical Properties of Cermet Tools

안동길*, 이정희**

Dong-Gil Ahn* and Jeong-Hee Lee**

초 록 공업용 서멧 절삭공구는 다성분계 탄화물과 강자성체(ferromagnetic material)인 철족의 Co, Ni 결합상 금속으로 구성 되어 있다. 본 연구에서는 새로운 시도로서 금속 결합상 량과 소결조건에 따른 TiCN계 서멧의 자기적 특성의 측정에 의한 기계적 성질의 평가방법을 연구하였다. 실험에서는 결합상이 다른 상용 서멧조성의 합금을 분말 야금법에 의해 제조하였다. 소결된 서멧의 자기적 특성은 합금의 조직과 탄소량에 따라 크게 변화하였다. 포화자화(magnetic saturation, $4\pi\sigma$)와 항자력(coercive force, Hc)은 비례하였으며, 고탄소 소결합금에 있어서는 Co-Ni 결합상에서의 W, Mo, Ti등의 용매원자의 농도가 낮아짐에 따라 포화자화는 증가하였다 항자력이 높을수록 경도는 증가하였고, 서멧의 강도 및 인성은 포화자화가 증가할수록 우수하였다. 서멧공구에서 자기적 특성을 측정하여 기계적 성질을 비파괴적으로 평가할 수 있었다.

주요용어 : 서멧 절삭공구, 자기적 특성, 기계적 성질, 포화자화, 항자력

Abstract The commercial cermet cutting tools consist of multi-carbide and a binder metal of iron group, such as cobalt and nickel which are ferromagnetic. In this paper, a new approach to evaluate the mechanical properties of TiCN based cermet by magnetic properties were studied in relation to binder content and sintering conditions. The experimental cermet was prepared using commercial composition with the other binder contents by PM process. It was found that the magnetic properties of the sintered cermets remarkably depended on the microstructure and the total carbon content. The magnetic saturation was proportional to increment of coercive force. At high carbon content in sintered cermet, the magnetic saturation was increased by decreasing the concentration of solutes such as W, Mo, Ti in Co-Ni binder. As the coercive force increases, the hardness usually increases. The strength and toughness of the cermet also increased with increasing the magnetic saturation. The measurement of magnetic properties made it possible to evaluate the mechanical properties in the cermet cutting tools.

Keywords: cermet cutting tool, magnetic property, mechanical property, magnetic saturation, coercive force

1. 서 론

절삭공구 또는 내마모재료로 널리 사용되는 서멧 및 초경합금은 높은 경도와 인성을 균형적으로 잘 갖추고 있는 경질특성이 우수한 소결합금이다 이러한 절삭공구용 경질합금의 조직은 카바이드 경질입자와 금속 결합상

으로 구성되어 있으며 기본적으로 경질입자와 금속 결합상의 조성비율 및 경질입자의 크기에 따라 합금의 기계적 성질과 절삭특성이 크게 변화한다. 초경합금은 경질상인 WC와 금속결합상인 Co를 기본으로 구성되고 있는데 Co는 강자성체에 속하므로 초경합금은 기본적으로 자기적 특성을 가지며, Co의 함량과 조직상태 및 카본의

함량 등에 따라 일정한 포화자화($4\pi\sigma$)와 항자력(Hc)을 갖는다. 따라서 초경합금의 내부조직 및 기계적 성질을 예측하는 데는 비파괴적 방법으로 이와 같은 자기적 특성을 검토하는 것이 공업적으로도 매우 유효한 품질관리 방법이라 할 수 있다[1].

현재 정삭가공용 절삭공구로 널리 사용되고 있는 서멧은 TiCN을 주체로 하여 WC, Mo₂C, TaC 등 제2 카바이드가 첨가되고 결합상은 경도 및 인성의 균형을 고려하여 Co 및 Ni가 함께 사용된다[2] 다성분계 합금이며, 절삭용도에 따라 통상 8~18wt%의 Co/Ni이 사용된다. 이와 같이 서멧은 조성과 조직이 복잡하여 초경합금과는 상이한 자기적 특성을 나타낼 뿐만 아니라 소결조건과 분위기 및 합금중 탄소와 질소의 함량에 따라라도 자기적 특성이 크게 변화하는 특성을 가지고 있다. 따라서 지금까지 절삭공구용 서멧의 자기적 특성과 이에 따른 합금조직 및 기계적 성질의 상호관계에 대한 구체적인 연구 보고는 아직 없는 실정이다.

본 논문에서는 이러한 절삭공구용 서멧의 포화자화와 항자력의 측정에 의한 서멧의 기계적 성질의 예측 가능성을 검토하고 서멧의 조성과 조직 및 탄소, 질소함량에 따른 자기적 특성과 기계적 성질과의 관련성을 분석하여 비파괴적 방법에 의한 서멧공구의 품질평가 방안에 관한 연구를 수행하였다.

2. 이론

강자성체에 속하는 Co, Ni은 여러가지 자기적 성질을 가지는데 그 중에서도 특히 주요한 자기특성은 자기포화(포화자화), 잔류자화, 항자력(보자력), 결정자기이방성정수, 큐리온도 등으로 평가 할 수 있다. 여기서 포화자화는 재료의 고유정수이며, 항자력, 잔류자화 등은 재료의 미세구조에 의존하는 특성을 가진다[3]. Co 또는 Ni을 결합상으로 하는 초경합금이나 서멧에 있어서 자기적 특성으로 품질을 평가할 수 있는 것으로 항자력(Hc)과 포화자화($4\pi\sigma_s$) 또는 비포화자화(specific magnetic saturation, SMS)를 이용할 수 있다[4, 5]. 초경합금과 같은 조직을 갖는 경질합금에서 항자력은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다[3].

$$H_c = \frac{bK}{I_s} \cdot \frac{\delta}{S} \cdot a^{\frac{1}{2}}$$

여기서 b=상수로 1, K는 결정 에너지 값, δ 는 bloch

wall의 폭, S는 결정립간의 거리, $I_s(\sigma_s)$ 는 포화자기밀도, a는 결정립의 체적률이다. 이 식에서 알 수 있듯이 항자력에 크게 영향을 줄 수 있는 것은 결정립간의 거리와 결정립의 체적률 및 결정 에너지 등으로서 각각 합금의 미세조직에 관련하고 있으며 조직이 미세할수록 높은 항자력을 가지는 것을 알 수 있다. 이러한 조직은 합금의 소결조건 및 가공상태에 의한 합금 내부의 잔류응력에 따라 서로 달라질 수 있다.

한편, 포화자화는 재료의 고유한 값으로 아래와 같이 주어진다[4].

$$\sigma_s = \frac{I_s}{\rho}$$

여기서 ρ 는 재료의 밀도이다. Co 및 Ni의 고유한 포화자화 $4\pi\sigma$ 는 각각 2010, 685 Gauss로 주어진다[4]. 그러나 합금의 결합상인 Co 및 Ni중에 분해된 탄화물의 금속원소인 W, Ti, Ta 등이 고용되면 고용된 금속원소량 만큼 자성을 잃게되어 포화자화도 떨어지게 된다. 초경합금의 경우 일반적으로 Co에 쉽게 고용되는 원소는 주로 W 이고 나머지는 미량이기 때문에, 포화자화는 고용된 W원자의 비만큼 떨어지게 된다. Ni의 경우에는 Co에 비하여 W 및 Ti의 고용량이 상대적으로 많다. 결과적으로 포화자화는 Co/Ni결합상에 고용된 금속원소의 양에 의해 크게 좌우되며, 이 고용량은 합금의 탄소량에 의해 결정된다. 즉, 합금이 고탄소 일수록 탄화물의 분해 및 결합상으로서의 고용량이 적어져 포화자화는 높아지게 된다. 따라서 합금의 전체 탄소량의 변화는 초경합금의 기계적 성질에 크게 영향을 미칠 수 있다[6-8]. 한편 비포화자화(SMS)는 포화자화를 Co, Ni의 질량 조성비로 나눈 각 서멧조성에 따른 상대적 포화자화값이다. 즉 비포화자화(SMS)는 포화자화 값으로부터 $SMS\% = \text{서멧의 } 4\pi\sigma / (\text{Co의 } 4\pi\sigma \times \text{Co 질량 조성비}) + (\text{Ni의 } 4\pi\sigma \times \text{Co 질량 조성비}) \times 100$ 로 구해진다. 초경합금과 같은 조직을 갖는 합금에서는 이와 같이 포화자화 또는 비포화자화를 검토하는 비파괴적인 방법에 의하여 합금조직이 건전상 영역에 있는가 또는 어떠한 조직에 있는지를 가늠할 수 있고, 이에 따라 기계적 성질도 예측할 수 있다. 즉, 초경합금의 경우 비포화자화가 약70~90%수준에 있을 때 합금의 조직은 건전상 영역에 있으며 그 이상이면 유리탄소(free carbon)가 생성되며 70% 이하이면 유해상인 Me₃C상(Co₃W₃C, Co₂W₄C 등)이 생성되어 기계적 성질을 크게 저하시킨다. 서멧의 경우에는 TiCN이 주

경질상이므로 WC-Co계 초경합금과는 달리 건전상의 영역이 보다 넓다고 볼 수 있으며, 그 경향에 다소 차이가 있을 것으로 보인다.

3. 실험

본 연구에 사용된 서멧은 절삭성능이 우수한 상용 서멧 절삭공구 제품을 분석한 후 이를 기초로 한 합금설계를 통하여 통상의 분말야금법에 의해 제조되었다. 서멧은 TiCN-WC-Mo₂C-(Ta,Nb)C-Co-Ni계로 하여 Co-Ni 결합상 양이 다른 2종의 서멧으로 하였다. Table 1에 각각 2종 서멧의 화학조성을 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of cermet materials used in this study (wt%)

Cermet	TiCN	WC	Mo ₂ C	(Ta, Nb)C	Co	Ni
A	53	15	10	10	6	6
B	49	15	10	10	8	8

서멧의 전체 탄소량을 변화시키기 위해서 TiC/(TiC+TiN)가 0.4인 조성에서 탄소를 0.1~2.5% 첨가하여 각각의 서멧합금을 제조하였다. 각 원료분말은 평균입경 1~2 μ m인 미립분말을 사용하였으며, 각 조성별로 60시간 알콜을 사용한 습식 ball milling한 후 건조 및 screen 처리하여 원료 합금분말을 제조하였다. 각 합금분말을 이용하여 ASTM 규격의 항절력(transverse rupture strength, TRS)시편의 성형체를 제조하여 진공로에서 1420 $^{\circ}$ C~1500 $^{\circ}$ C의 각 소결온도에서 60분 소결한 후, 노냉시켜 서멧합금을 제조하였다. 제조한 서멧의 소결밀도는 아르키메데스법을 이용하여 측정하였으며, 소결조직의 관찰은 연마한 후 광학현미경을 이용하였다. 자기적 특성은 LDJ Electronics사의 측정장비 Model-SM8200, 8450을 이용하여 히스테리시스 루프로 부터 포화자화($4\pi\sigma$) 및 항자력(Hc) 값을 각각 측정하였다. 한편 서멧의 조성 및 소결 조건에 따른 탄소 및 질소량은 Leco사의 분석기를 사용하였고, 결합상중에 고용된 탄화물 금속성분은 SEM-auger 분석과 함께 결합상을 혼합산에 용해하여 추출한 후, ICP(inductively coupled plasma)분석기를 사용하여 분석하였다. 서멧의 기계적 성질중 경도는 표면을 연마한 후 비커스 경도기를 이용하여 측정하였고, 항절력은 ASTM 규격의 19.0 \times 6.25 \times 5.0mm 3점굽힘 시험편을 제조하여 측정하였다. 또한 서멧의 인성은 IF법(Indentation Fracture

Method)에 의한 파괴인성 값으로 비교하였다.

4. 결과

Fig. 1 은 2종 서멧의 소결과정에 있어서 소결온도와 포화자화의 관계를 나타내었다. 각 서멧은 소결온도의 상승과 함께 포화자화는 유사한 경향으로 증가하였고, 16%Co/Ni조성의 서멧은 1480 $^{\circ}$ C까지는 증가하다가 그 이상의 온도에서는 감소하였다. 동일 소결온도에서는 전체적으로 12%Co/Ni 조성의 서멧이 보다 낮은 포화자화를 나타내었다. 본 서멧의 소결밀도는 1440 $^{\circ}$ C 이상의 온도에서 부터 full density를 얻을 수 있었으나, 높은 소결온도에서 소결할수록 보다 높은 포화자화를 가지는 것을 알 수 있었다.

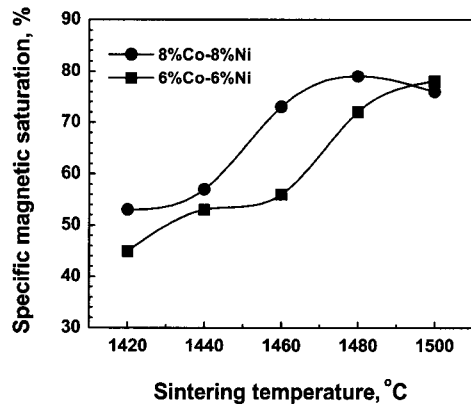


Fig. 1 Variation of specific magnetic saturation with sintering temperature for TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta, Nb)C-Co/Ni cermets

Fig. 2 는 각 서멧의 소결온도에 따른 항자력의 변화를 나타내었다. 2종 서멧은 모두 소결온도가 증가할수록 높은 항자력을 가지며 1480 $^{\circ}$ C에서 가장 높은 약 155 oersted을 나타내다가 1500 $^{\circ}$ C에서는 각각 감소하였다. 항자력은 동일 소결온도에서는 포화자화와는 반대로 결합상 양이 높은 16%Co/Ni 조성의 서멧이 낮은 항자력을 나타내었으나 1480 $^{\circ}$ C이상의 소결온도에서는 유사한 항자력을 나타내었다. 서멧의 항자력은 포화자화와 마찬가지로 일정 온도까지는 소결온도가 높을수록 높은 값을 가지는 것을 알 수 있다.

Fig. 3 은 각각의 조건에서 소결된 서멧의 비포화자화와 항자력의 관계를 나타내었다. WC-Co계 초경합금의

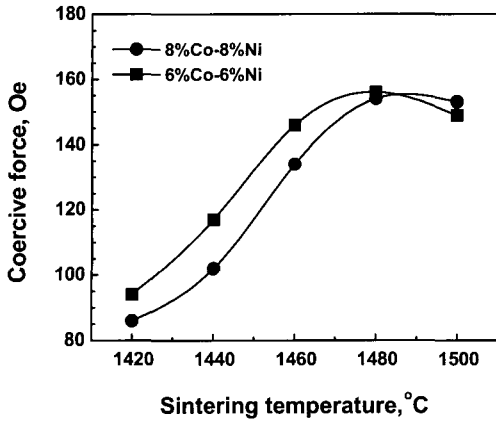


Fig. 2. Variation of coercive force with sintering temperature for TiCN-15%Wc-10%(Ta,Nb)C-Co/Ni cermets

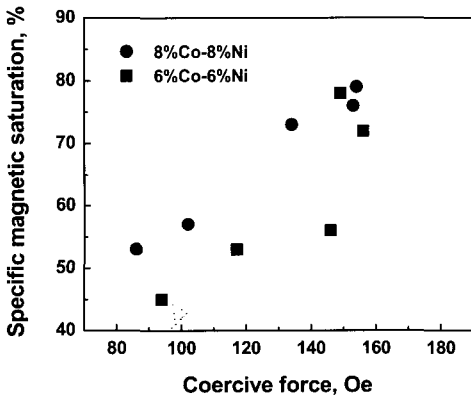


Fig. 3. Relation between coercive force and specific magnetic saturation for TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta, Nb)C-Co/Ni cermets

경우 비포화자화와 항자력은 서로 반비례하는데 비해 서멧은 서로 비례관계에 있어, 포화자화가 높은 서멧은 높은 항자력을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 결합상 량이 높은 16%Co/Ni 조성의 서멧은 포화자화와 항자력은 거의 직선적인 비례관계를 나타내었다.

Fig. 4는 비동일한 온도에서 소결한 12%Co/Ni 서멧에서 탄소함량에 따른 비포화자화의 변화를 나타내었다 초경합금과 같이 서멧에 있었어도 탄소함량이 포화자화에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있으며, 탄소함량이 많을수록 높은 포화자화를 나타내는 것을 알 수 있다. 약 8~9%의 고탄소 서멧의 포화자화는 약 115 G이며 비포화자화(SMS)는 약70%이다.

Fig. 5는 각 소결온도에서 소결한 2종 서멧의 항자력과 경도와의 관계를 나타낸 것이다. 12%Co/Ni조성의 서멧이 16%Co/Ni보다 전체적으로 높은 경도값을 가지는 것은 TiCN등 경질상의 체적률이 높기 때문이다. 동일 결합상 량(Co/Ni)일 경우 서멧의 항자력은 합금조각이 미세할수록 높은 값을 나타내며, 경도도 이와 마찬가지로 미세조직이거나, 또는 탄소함량이 많을수록 높은 값을 가지는 경향이 있다. 여기서 각 서멧은 항자력이 높을수록 고경도를 가지지만, 일정한 값 이상의 높은 항자력에서는 경도가 오히려 감소하였으며, 이는 1480°C이상의 비교적 높은 온도에서 소결된 서멧에 해당하였다.

Table 2는 16%Co-Ni 서멧에서 포화자화, 비포화자화 및 항자력의 자기특성과 밀도, 경도, 강도, 파괴인성등의

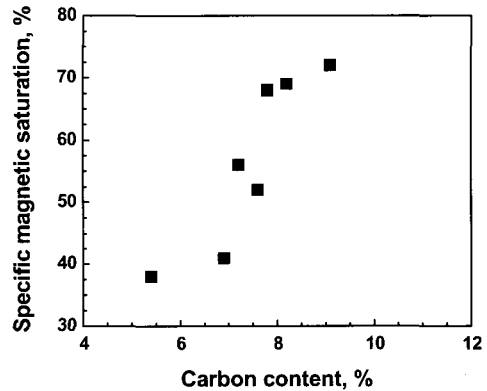


Fig. 4. Variation of specific magnetic saturation with carbon content for TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta, Nb)C-6%Co-6%Ni cermet

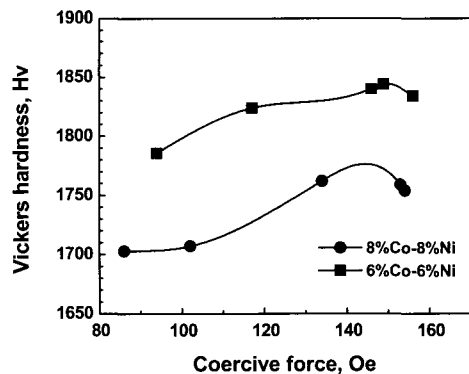


Fig. 5. Variation of Vickers hardness with coercive force for TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta, Nb)C-Co/Ni cermet

기계적 성질을 비교하여 나타내었다.

Table 2 Magnetic and mechanical properties of TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta,Nb)C-16%Co/Ni sintered cermet

Density (%)	Hc (Oe)	4πσ (G)	SMS (%)	Hv	TRS (Kpsi)	K _{IC} (MPa · m ^{1/2})
99.1	131	128	58	1589	121	-
99.6	72	84	38	1693	145	8.6
100	88	106	48	1713	245	8.9
100	125	141	64	1748	258	9.3
100	137	159	72	1776	249	9.1
100	156	172	78	1760	217	8.8

소결밀도 99.1%와 99.6%의 서멧은 비교적 낮은 경도 값과 함께 자기적 특성과는 관계없이 모두 낮은 강도 (TRS)를 나타내었다. full density를 갖는 4종 서멧의 경우 항자력과 포화자화는 비례하며 이 값들이 높을수록 우수한 기계적 성질을 나타내고 있으나, 각각 일정 값 이상의 높은 항자력과 포화자화에서는 오히려 낮은 강도 및 파괴인성 값을 나타내었다. 여기서 비포화자화가 72%까지는 그 값이 높을수록 서멧의 강도 및 인성이 보다 우수한 것을 알 수 있었다.

5. 고찰

서멧과 같이 강자성체 Co 또는 Ni을 결합상으로 하는 소결합금에 있어서 포화자화에 영향을 미치는 것은 초경합금과 마찬가지로 Co/Ni의 함량이라 할 수 있으며, 포화자화는 Co/Ni의 함량에 비례한다. 그러나 동일 Co/Ni 조성의 합금에서는 탄소와 질소함량의 변화에 따라 포화자화는 변화할 수 있는데, 이것은 서멧의 소결과정 중 탈탄 및 탈질반응에 의해 질소, 탄소의 함량이 낮아지면 결국 전체적으로는 저탄소 합금이 되어 탄소와 유리된 탄화물의 W, Mo, Ti 등 금속성분이 Co/Ni 결합상에 고용되기 때문에[9, 10] 이 고용량이 많을수록 포화자화는 떨어지게 된다 Fig. 1에서 서멧의 소결온도에 따라 포화자화가 증가하는 것은 소결온도가 높아짐에 따라 소결중로내의 침탄분위기로 부터의 침탄반응에 의해 서멧의 전체 탄소량이 증가하여 유리된 탄화물 금속성분과 결합하므로 유리된 탄화물 금속이 결합상에 고용되는 량이 낮아지기 때문으로 사료된다. 또한 서멧의 소결중 탈질반응은 1200~1400℃ 구간에서 급격히 일어나는 것으로 보고

되어 있는데[2], 본 서멧의 경우에서도 소결온도 1400℃ 이후에서는 분석된 탈질량이 약 25%로 거의 일정하게 나타났다 한편 Fig. 2, 3에서와 같이 서멧합금의 항자력은 포화자화와 비례하는 경향이 있는데 소결온도가 높을수록 항자력이 증가하며, 1480℃ 이후에서는 다시 떨어지고 있다 항자력(Hc)은 기본적으로 자벽이동에 대한 저항의 크기 또는 자기포화 상태에서 역자장을 가하여 자화를 0으로 할 때 필요한 자장의 세기를 나타내는 것으로, 이론에서 언급한 바와 같이 그 값이 클수록 탄화물 입도가 미립이며 합금조직이 미세함을 의미한다. 따라서 적정 소결온도 이상의 높은 온도(1480℃ 이상)에서 항자력이 떨어지는 이유는 탄화물의 입자성장에 의한 합금조직의 조대화에 기인한다고 볼 수 있다. 본 시험에서 사용한

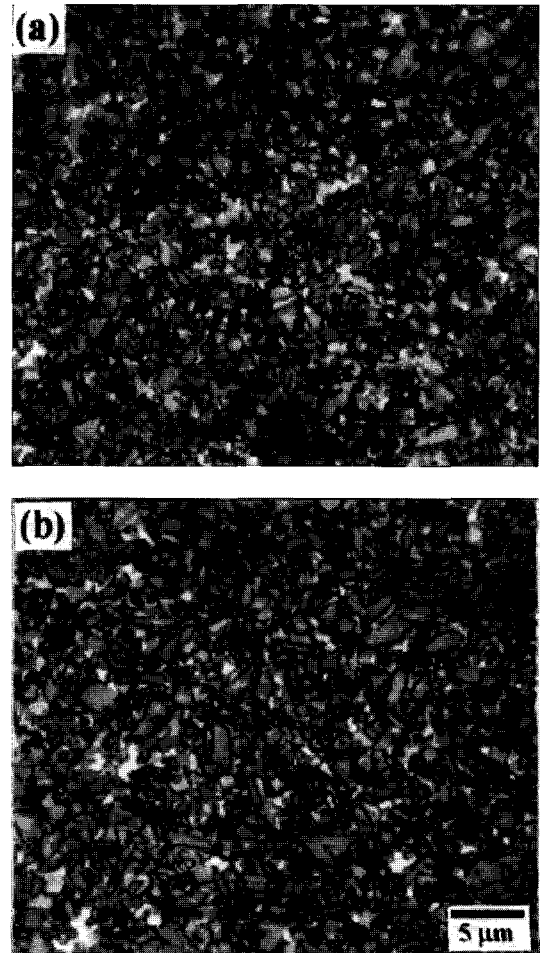


Fig. 6 Optical micrographs of TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta,Nb)C-12%Co/Ni cermet sintered at (a)1440℃ and (b)1500℃ for 60min, respectively

TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta,Nb)C-6%Co-6%Ni 서멧의 소결온도에 따른 조직을 Fig. 6에 나타내었다. 조직사진에서와 같이 소결온도 1440°C에 비해 1500°C에서는 상대적으로 입성장이 일어나 조대한 조직을 나타내고 있으며 이에 따라 기계적 성질의 저하가 예측된다.

한편, 앞에서 언급한 동일 결합상 량의 서멧에 있어서 탄소함량에 의한 고용량의 차이에 따른 포화자화의 변화는 비포화자화(SMS)의 계산으로 쉽게 알 수 있다. Fig. 4에 12%Co/Ni 서멧의 탄소함량에 따른 비포화자화에서 알 수 있듯이 저탄소 영역(5~8%C)에서 탄소량의 작은 변화에도 비포화자화는 크게 변화할 수 있는 것은 이 영역에서의 탄소량에 따른 W, Mo, Ti 등의 결합상 고용도가 크게 변화하기 때문이다. Table 3에 본 서멧의 질소함량이 유사한 경우 각 탄소량에 따른 12%Co/Ni 결합상에서의 각 고용성분을 분석한 결과를 나타내었다.

Table 3 Carbon content and binder compositions of TiCN-15%WC-10%Mo₂C-10%(Ta,Nb)C-16%Co/Ni sintered cermet

Cermet	Solute concentration in Co-Ni binder (at%)						Magnetic properties	
	W	Mo	Ti	Ta	Nb	Total	4πσ	SMS(%)
5.4	8.4	5.9	1.9	0.4	0.7	17.3	63	38
6.9	6.7	3.6	1.1	0.2	0.9	12.5	68	41
8.2	3.7	2.6	0.8	0.1	0.3	7.5	115	69

저탄소 서멧에서는 결합상에 고용된 각 탄화물의 금속 성분량이 많고 고탄소 서멧일수록 고용량이 적으므로, 소결된 서멧합금에서 탄소량에 따라 결합상의 고용량이 크게 변화하고 또한 고용량이 큰 만큼 비포화자화가 작아지는 것을 나타낸다. 서멧공구에 있어서 이러한 자기적 특성과 기계적 성질과의 관계를 검토해 보면 Fig. 5에서와 같이 항자력(Hc)은 서멧의 경도(HV)와 상관관계가 있는 것을 알 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이 소결조직이 미세할수록 항자력도 높으므로 이에 따라 경도도 증가한다. 이는 WC-Co계 초경합금에서도 동일한 경향을 가진다. 또한 서멧에서는 초경합금과는 달리 항자력이 포화자화와도 비례하는데, 포화자화는 합금중 탄소량에 비례하고, 또한 서멧에서는 고탄소 일수록 높은 경도값을 나타낸다. 따라서 서멧합금에서도 초경합금과 같이 항자력과 경도는 정비례하는 관계에 있다고 볼 수 있으나, 소결온도가 너무 높아 결정립이 조대화되면 항자력이 높아

도 경도는 다소 떨어지게 되는데, 여기서는 항자력 150 Oe이상에서 경도가 오히려 떨어지는 것은 이 때문이라 볼 수 있다. Table 2에 나타낸 것과 같이 절삭공구용 서멧의 밀도, 포화자화 및 항자력등 비파괴적 물성값이 기계적 성질과는 서로 상관관계가 있는 것을 알 수 있다. 우선 저밀도에서 특히 낮은 항절력을 나타내는데, 이것은 물론 조직중에 존재하는 기공(Pore)이 파괴의 근원으로 작용하기 때문이다. 따라서 저밀도에서는 충분한 기계적 성질을 기대할 수 없다. 서멧합금의 경도, 강도(항절력), 및 인성은 일정한 값까지 포화자화(비포화자화)와 항자력이 증가할수록 높은 값을 가지는 것을 알 수 있는데, 여기서 서멧의 기계적 성질을 예측하는 데는 비포화자화를 검토하는 것이 유효하다는 것을 알 수 있다. 즉 Co/Ni 결합상의 함량에 관계없이 결합상의 상대적 포화자화를 나타내는 비포화자화를 기준으로 하여 이 값이 48~72%인 서멧에서 우수한 기계적 성질을 가지며, 특히 전체적으로는 비포화자화 60~70% 범위의 서멧이 건전조직과 적절한 결합상 고용강화를 통해 서멧의 경도, 강도 및 인성이 가장 우수한 것을 알 수 있다. 따라서 비포화자화의 검토로서 서멧합금의 탄소함량과 조직 및 결합상의 고용 성분량과 함께 기계적 성질도 예측할 수 있다는 것을 알 수 있다.

6. 결론

절삭공구용 서멧합금에 대하여 제조조건과 각 합금조성에 따른 포화자화, 비포화자화 및 항자력 등 자기적 특성과 기계적 성질의 상호관계에 대해 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 서멧의 항자력과 포화자화는 비례관계에 있으며 소결온도의 상승에 따라 모두 증가하는 경향을 나타내었다.
- 2) 포화자화는 결합상 Co/Ni에서의 탄화물 금속원소인 W, Mo, Ti 등의 고용량이 많을수록 저하 하였으며 저탄소 서멧일수록 그 고용량은 많았다. 또 포화자화가 높을수록 서멧의 강도 및 인성은 증가하는 경향을 나타내었다.
- 3) 초경합금에서와 같이 서멧에서도 항자력과 경도는 정비례관계를 나타내었으나 소결온도가 높아 결정립이 조대화될 경우 항자력이 높아도 경도는 오히려 저하하였다.
- 4) 서멧에서도 항자력과 포화자화로 기계적 성질의 예측이 가능했으며 특히 서멧의 비포화자화(SMS)는 강도 및 인성과 상관관계가 있음을 확인하였다.

참고문헌

- 1) 鈴木 壽, “超硬合金と焼結硬質材料-基礎と應用-”, pp. 62-63, 丸善, (1986)
- 2) 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)
- 3) 金子秀夫 外, “新時代の磁性材料”, pp. 174-178, 日本工業調査會, (19981)
- 4) European Powder Metallurgy Association Powder metallurgy of hardmetals-lecture series, pp. 103-105, (1995)
- 5) H. Suzuki and H. Kubota, Planseeber. Pulvermet., Vol. 14, PP. 96-99, (1966)
- 6) D. N. French and D. A. Thomas, The nature and effect of excess carbon defects in tungsten carbide-cobalt alloys on Mechanical properties, Int. J. of Powder Metallurgy, Vol. 3, pp. 7-14, (1967)
- 7) 鈴木 壽 外, “WC-10%Co合金の強度におよぼす粒度および炭素量の影響”, 日本金屬學會誌, Vol. 33, No. 3, pp. 504-509, (1969)
- 8) J. Gurland, A study of the effect of carbon content on the structure and properties of sintered WC-Co alloys, Transactions AIME, No. 2, pp. 285-290, (1954)
- 9) 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)
- 10) M. Ehira and A. Egami, Mechanical properties and microstructures of submicron cermets, Int. J of Refractory Metals & Hard Materials, Vol. 13, pp. 313-319, (1995)