

절삭공구용 초경합금의 성형체 및 소결체의 강도에 미치는 성형조건의 영향

이재우* (두원공과대학)

Effect of the Forming Condition on Flexural Strength of Green and Sintered Bodies of Tungsten Carbide for Cutting Tool

Jae-Woo Lee(Mech. Eng. Dept., Doowon Technical College)

ABSTRACT

The effects of forming pressure, organic binder content and moisture on flexural strength were investigated. As moisture content increased in the granules during compaction, the density and strength of the green body were increased. Green strengths were found to improve more strongly with increasing forming pressure in the case of using the granules of higher organic content. The sintered strength was the highest with the organic content of 0.2wt% under all forming pressures.

Key Words : Tungsten carbide(초경합금), Green body(성형체), Sintered body(소결체), Flexural strength(항절강도) Cutting tool(절삭 공구), Forming pressure(성형 압력)

1. 서론

성형체의 강도는 초경 합금 성형체의 핸들링과 절삭에 따른 손실에 큰 영향을 미치며, 초경합금의 제조시에 높도록 할 필요가 있다. 적당한 강도를 가진 초경합금의 성형체를 제조하기 위하여, 유기 결합체가 초경합금의 불밀 과정에 첨가된다. 초경합금 성형체의 강도에 미치는 유기 결합체와 성형 압의 영향을 파악하는 것은 매우 중요하다.

초경합금의 제조 공정에 있어서, 원료 입자(initial particle)는 적절한 크기로 혼합된 분말(granule)로 형성된다. 분말 사이의 응착은 이 과정에 의하여 성형되는 성형체의 강도에 지배적인 영향을 미친다. 원료 입자 사이에 형성되는 결합층과는 달리, 분말 사이의 응착은 성형시의 적용 압력에 의하여 큰 영향을 받는다. 성형압력, 유기 결합체의 함량, 왁스 및 수분량은 분말 사이의 응착에 큰 영향을 미친다. 분말 간의 약한 응착은 성형체의 입자 경계부에서 자주 발견되는 크랙이나 큰 기공 생성의 원인이 된다. 분말의 건조후의 수분은

성형체의 강도에 큰 영향을 미치며, 성형시의 수분의 역할과 성형체의 강화기구가 명확히 밝혀져야 할 필요가 있다. 본 논문에서는, 성형시에 있어서 유기 결합체가 첨가된 초경 합금 성형체의 강도에 미치는 유기 결합체의 함량, 성형 압력 및 수분량의 영향을 검토한 것이다.

2. 실험 방법

Table 1은 사용된 원료 입자의 종류, 함량 및 입자 크기를 보인다. TaC, C₆N₂ 및 VC 입자는 소결시의 WC 입자의 성장을 억제하기 위하여 사용되었다.

유기 결합체로는 Table 2에서 보이는 바와 같이, 폴리비닐부틸알(PVB)을 사용하였고, 분말의 결합력을 변화시키기 위하여 PVB의 함량을 변화시켰다. 또한 분산제로는 폴리에틸렌이민을 사용하였으며, 불밀에서의 분말 형성후의 건조시에 윤활제로서 파라핀을 첨가하였다.

Table 3은 분말의 수분 함량, 성형 압력 및 성형체의 수분 함량을 보인다. 성형 압력은 120~360MPa

의 범위에서 변화시켰으며, 분말의 수분함량은 0.1~2.6%의 범위에서 7 단계로 변화시켰고, 성형체의 수분 함량은 0.15~1.5% 범위로 하였다. 성형압력, 분말의 수분함량, 성형체의 수분함량 및 유기결합체의 함량을 변화시킨 실험 이외의 경우에는 성형압력은 280MPa, 분말의 수분함량은 0.36wt%, 성형체의 수분함량은 0.36wt%, PVB의 함량은 2wt%로 일정하게 유지하였다.

Table 1 Contents and grain size of powder used

	content (%)	initial particle size(μm)	granule size(μm)
WC	bal.	1	20
Co	10	1	
TaC	0.17	1	
Ch ₂ C ₂	0.5	1	
VC	0.5	1	

Table 2 Content of organic binder and lubricator

PVB (wt%)	PEI (wt%)	solid loading in ethanol (wt%)	paraffin (wt%)
3	0.2	30	1.5
2	0.2	30	
1	0.2	27	

Table 3 Condition of moisture and forming pressure

moisture content of granule (%)	0.15, 0.35, 1, 1.5
forming pressure (MPa)	120, 200, 280, 360
moisture content of green body (%)	0.1, 0.2, 0.36, 1, 1.5, 2, 2.6

성형은 50×50×5mm의 형상으로 Table 3에서 보이는 각종의 성형 압력에서 상온에서 행하였으며, 예비소결은 800℃에서 18분간 유지하였으며, 완전소결은 1480℃에서 2시간 동안 유지시켰다. 모든 항절강도의 시험은 내부 스펠길이 10mm, 외부 스펠길이 30mm의 4점 지지로 행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 수분 및 성형 압력의 영향

Fig. 1은 280MPa의 압력으로 성형한 성형체의 항절 강도에 대한 성형체의 수분 함량의 영향을 보인다. 성형체의 항절 강도는 수분 함량에 따라 현저히 변화되었다. 성형후의 성형체의 건조에 따라 수분 0.36%를 포함한 초기 강도에 비하여 12배에서 1.5배 증가하였으며, 수분 함량의 증가에 따라 성형체의 강도는 급격히 감소하였으며, 1% 이상의 수분 함량에서는 수분 함량이 증가하여도 항절강도는 거의 일

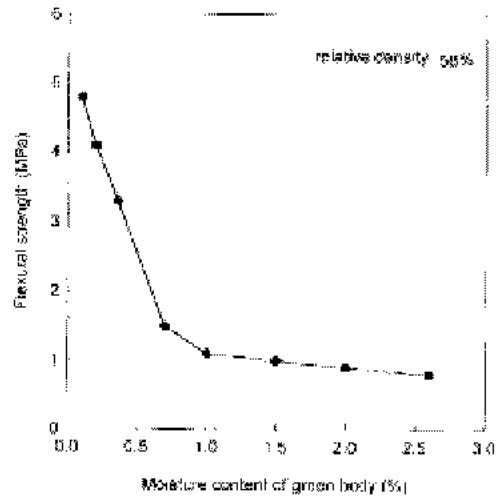


Fig. 1 Effect of moisture content on flexural strength of green body

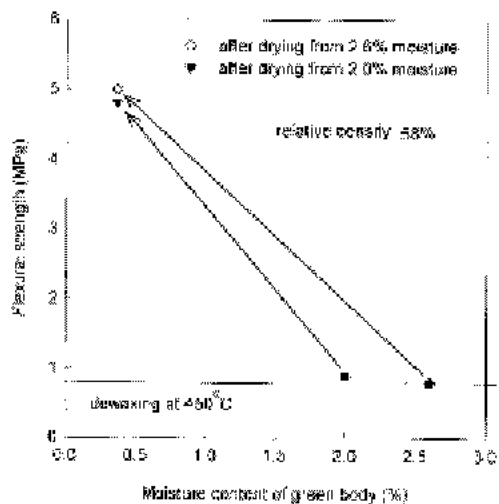
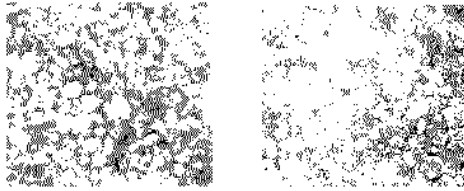


Fig. 2 Variation of flexural strengths after drying of the green bodies with moisture contents of 2.0% and 2.6%

정하게 유지되었다. 이러한 일정하게 유지되는 항절 강도는 Fig. 2에서 보이는 바와 같은 450℃에서 탈지된 성형체의 강도와 거의 유사하였다. 수분 함량의 증가에 따라 유기 결합체의 기계적 강도가 증가하므로, Fig. 2에서 보이는 바와 같이 성형 후에 성형체의 수분 함량을 감소시킴에 의하여 성형체의 항절 강도가 증가된 것으로 보인다.

Fig. 3은 Fig. 1의 결과를 얻기 위하여 성형체의 수분 함량을 조절한 후에 파괴된 성형체의 파면을 나타내는 SEM 사진이다. 성형체의 수분 함량이 0.36%일 때는 분말의 입계 파괴를 나타내었으나, 성



(a) moisture content, 0.36% (b) 2.0%

Fig. 3 Fractured surface of green body with different moisture content

형체의 수분 함량이 2.0%인 경우는 분말의 입체 파괴와 입내 파괴가 양존하는 파괴 형태를 보였다.

Fig. 4는 각종 성형 압력에서 가압된 성형체의 상대 밀도에 미치는 분말 수분 함량의 영향을 보인다. 모든 수분 함량에서 성형 압력이 증가할수록 상대 밀도는 증가하였다. 성형 압력의 증가에 따른 상대 밀도의 증가율은 성형 압력에 따라 큰 차이를 보였다.

Fig. 5는 3종류의 상대밀도에서, 성형체의 항절 강도에 미치는 성형시의 분말 수분 함량의 영향을 나타낸다. 이 경우에 측정 직전의 성형체의 수분 함량은 0.36%로 일정하게 유지하였다. 성형시의 분말의 수분 함량이 증가함에 따라서 성형체의 항절 강도는 3가지 상대 밀도에서 모두 현저히 증가하였다.

3.2 유기 결합제의 함량 및 성형 압력의 영향

Fig. 6은 성형체를 가열 하였을 때의 유기 결합제의 제거 상태를 나타낸다. 유기 결합제의 함량이 2wt%인 경우는 500℃에서 유기결합제가 완전히 제거

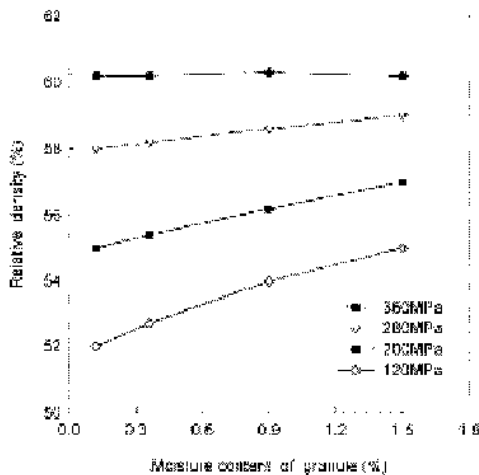


Fig. 4 Effect of the moisture contents of granules and the forming pressures on relative density

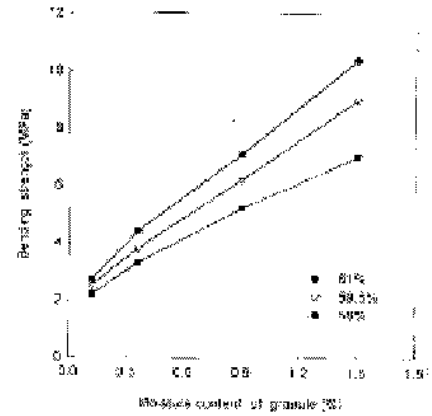


Fig. 5 Effect of the moisture contents of granules on relative density at different density

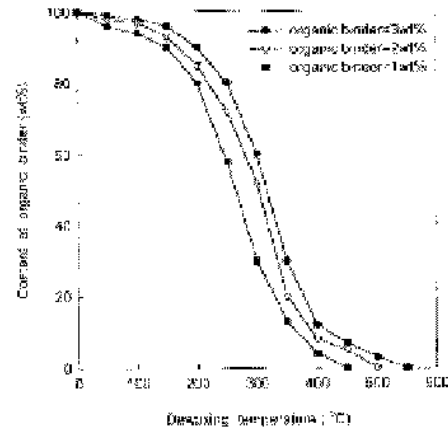


Fig. 6 Content of residual organic binder at various temperatures

거되었다. 각종 성형압에서 성형된 성형체의 평균 항절강도를 Fig. 7에 보인다. 유기 결합제의 함량이 높을수록 성형 압력에 의해 더욱 큰 영향을 받는다.

Fig. 8은 성형체, 소결체의 밀도에 미치는 성형 압력과 유기 결합제의 영향을 나타낸다. 유기 결합제의 함량이 2wt%인 경우는, 성형 압력의 증가에 따라 상대 밀도의 증가 경향이 뚜렷하였으나, 유기 결합제의 함량이 1wt%와 3wt%의 경우는 성형 압력의 증가에 따른 상대 밀도의 증가 경향이 적게 나타났다.

Fig. 9는 소결체의 항절 강도에 미치는 유기 결합제의 함량과 성형 압력의 영향을 보인다. 모든 성형 압력에서, 0.2wt%의 유기 결합제 함량의 경우가 항절강도가 가장 높았으며, 유기 결합제의 함량이 이보다 커거나 작은 경우는 항절강도가 낮아졌다.

Fig. 10은 유기 결합제의 함량을 달리하여

280MPa에서 성형한 성형체를 사용하여, 800 °C에서 예비소결한 예비소결체와 1480 °C에서 완전소결한 시험편의 항절 강도를 보인다. 800 °C에서 예비 소결한 예비 소결체의 강도는 유기 결합체의 함량에 따른 소결체의 항절 강도 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

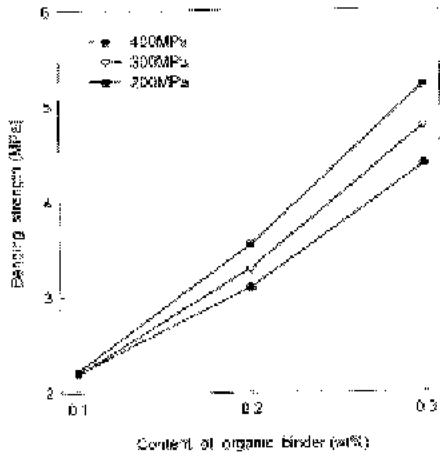


Fig. 7 Flexural strength of green body pressed at various pressures with different contents of organic binder

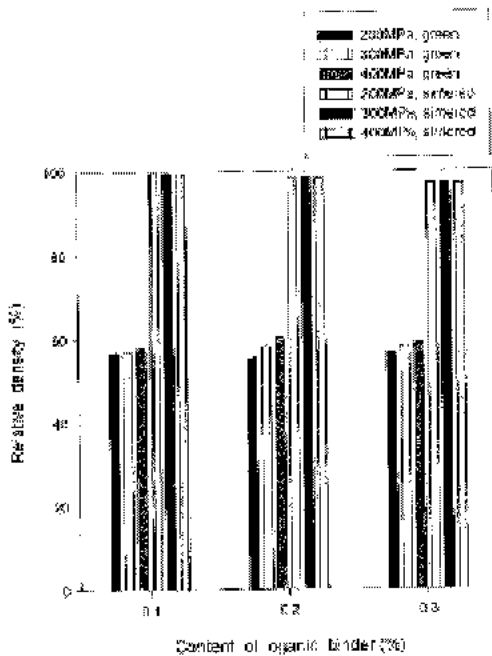


Fig. 8 Flexural strength of the green body and the sintered body pressed at various pressures with different contents of organic binder

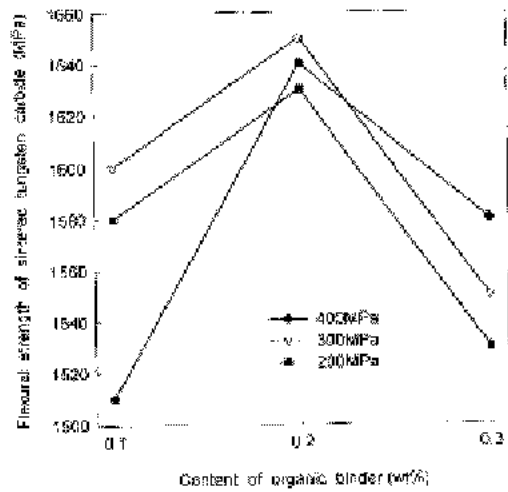


Fig. 9 Flexural strength of sintered body pressed at various pressures with different contents of organic binder

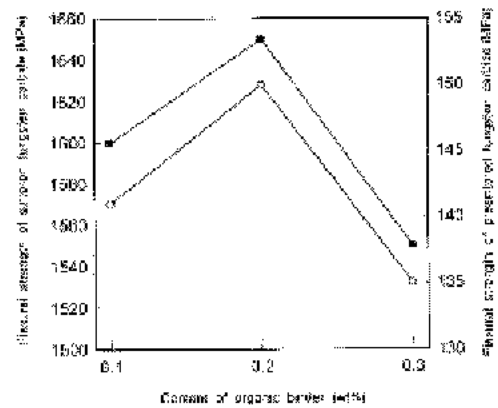


Fig. 10 Flexural strength of the presintered and the sintered bodies with different contents of organic binder

4. 결론

성형시의 분말의 수분량이 증가함에 따라서, 성형체의 상대 밀도와 항절강도는 증가되었다. 성형체의 강도는 분말의 유기 결합체의 함량이 높을수록 증가되었으며, 이러한 경향은 성형 압력의 증가에 따라 더욱 큰 영향을 받았다. 모든 성형 압력하에서 유기 결합체의 함량이 0.2wt%일 때에, 소결체의 강도가 가장 높았다.