

초미립 WC-10%Co 초경합금에 VC 첨가의 영향 (Effects of VC Addition in Submicron WC-10%Co Cemented Carbides)

한양대학교 이종일*, 이완재
신원정밀(주) 장동빈, 한국기계연구원 김병기

1. 서론

WC-Co계 초경합금은 절삭공구, 내마모공구의 소재로 사용되고 있다. 이 초경합금의 강도와 경도, 인성을 향상시키려는 연구가 진행되어 왔으며, 특히 HIP처리에 의한 기공의 소멸로 강도는 대폭적으로 향상되었으나 인성은 향상되지 않았다. 초경합금의 강도와 인성을 동시에 향상시키는 방법은 WC입자를 미세화하는 것이다. 그러나, 소결과정중에 미세한 WC입자는 성장하여 조대화되므로 WC입자성장을 억제하여야 한다. Suzuki등은 보통입자의 WC-Co 초경합금에서 WC입자성장억제로 VC, Cr₃C₂, TaC, TiC등의 탄화물질을 첨가하여 조사한 결과 VC가 가장 효과가 크다고 보고하였다^(1,2). 이러한 원리는 초미립 WC-Co 초경합금에도 적용된다고 생각된다. 본 연구는 0.8 μ m WC분말을 사용하여 WC-10%Co 초경합금에 VC첨가량을 변화시킨 소결체의 WC입자크기, 수축률, 밀도, 결합상의 격자정수, 경도, 항절력등을 측정하여 VC영향을 조사검토하였다.

2. 연구방법

원료분말로서 WC(평균입도 0.8 μ m, 대한중석사제)와 Co(입도 1.5 μ m, MACRO사제)분말을 사용하였으며, WC-(0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7)%VC-10%Co배합조성으로하여 유성불밀기에서 5시간 습식불밀을 행하였다. 불밀 후 진공건조하고, 압력 1ton/cm²으로 성형체를 제조하였다. 소결은 1400 $^{\circ}$ C에서 진공도 4~5 $\times 10^{-2}$ Torr로 진공로에서 각각 10, 30, 60min동안 행하였다. 소결체의 길이방향 수축률, 밀도를 측정하고, X.R.D에 의한 결합상(Co의 γ -phase)의 격자정수를 측정하였다. 광학현미경과 SEM로 소결체의 조직을 관찰하였다. 기계적성질로는 Vickers경도를 하중 20Kg으로 측정하고, 항절력(TRS)은 JIS(B-4140)규격에 의한 시편을 만능시험기에서 행하여 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

소결체의 길이방향 수축율은 VC를 첨가하지 않은 경우 20.9%로 최고값을 나타내었으며, VC첨가량이 증가하면 점차 감소하여 0.7%VC첨가에서 20.0%의 가장 낮은 값을 나타내었다. 소결체밀도는 1400 $^{\circ}$ C에서 60min소결한 경우, VC를 첨가하지 않은 경우 14.51g/cm³에서 VC를 0.3%첨가하면 감소하여 14.3g/cm³로 되고 VC첨가량과 함께 점차 감소하여 0.7%VC에서 14.2g/cm³로 가장 낮은 값을 나타내었다. VC첨가에 의하여 수축율과 밀도가 낮아진 것은 소결중 액상에 V가 고용되면 액상의 유동성이 느려지고 또 액상을 통한 물질이동도 느려지기 때문이라고 생각된다. 소결체의 γ 상(Co)의 (311)면을 X.R.D.로 측정하여 격자정수를 구한 결과 VC를 첨가하지 않은 경우 0.3556nm이었으나 0.1%VC첨가로 0.3552nm로 감소하였으며 이러한 경향은 VC첨가량과 더불어 감소하였다. γ 상의 격자정수가 감소한 것은 Co중의 V원자의 치환형고용이 일어났기 때문이며, 만약 C원자의 침입형고용이 일어났다면 격자정수는 증가하였을 것이다. 따라서 γ 상중의 V고용량은 VC첨가량과 함께 증가되었다고 생각된다. 소결체조직은 1400 $^{\circ}$ C에서 1시간 소결한 것을 VC를 첨가하지 않은 경우 WC의 평균입도는 약 1.0 μ m이나 VC첨가로 미세화되었으며 0.7%VC에서는 약 0.6 μ m으로 되었다. 또한 VC첨가량이 0.7%인 경우 조직중에 VC입자는 관찰되지 않았으므로 모두 Co중에 고용되었던가 또는 WC입자와 복탄화물을 형성하였을 것으로 추측되나 확인할 수 없었다. 이와같이 초경합금에 VC를 첨가하면 WC입자성장이 억제된 것은 Suzuki등에 의하면 소결중액상에 V가 고용되면 W고용이 상대적으로 낮아져서 용해-석출이 잘 일어나지 않았기 때문이다. 소결체의 경도는, VC를 첨가하지

않은 경우 $1440\text{kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 이었으나 0.1%VC첨가로 $1500\text{kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 로 급격히 상승하고 그 이상 VC첨가와 더불어 경도가 증가하여 0.7%VC에서 $1650\text{kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 로 최고값을 얻었다. 이와같이 VC첨가로 경도가 상승한 것은 WC입자미세화와 γ 상중의 V의 고용에 의하여 강화되었기 때문이라고 생각된다. 항절력 시험한 결과 VC가 첨가되지 않은 경우 약 $164\text{kg}/\text{mm}^2$ 이었으나 VC첨가량이 증가할수록 증가하여 0.3%VC첨가의 경우 $205\text{kg}/\text{mm}^2$ 으로 최대값을 나타냈으며 그 이상에서는 감소하였다. 0.3%VC를 첨가한 합금에서 최대경도와 강도가 나타난 것은 WC입자미세화에 기인한다.

4. 결 론

초미립 WC-10%Co초경합금에 VC를 0.0~0.7%첨가하여 소결특성과 기계적성질을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 소결체의 수축률과 밀도는 VC첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 나타내었다.
- 2) 소결체의 결합상(γ -phase)의 격자정수는 VC첨가량과 함께 감소하였으며, 이는 결합상중에 V의 고용량증가에 의한 것으로 생각되었다.
- 3) WC입자는 VC첨가로 소결중 성장이 억제되어 VC첨가량이 증가하면 미세화되었다.
- 4) 기계적성질로 경도는 VC첨가량과 함께 상승하였으나 항절력은 0.3%VC까지는 상승하고 그 이상에서는 감소하였다.

5. 참고문헌

- 1) 鈴木壽, 林宏爾 : 金屬材料, 10 (4) (1970), 23
- 2) 林宏爾, 福家康矩, 鈴木壽 : 粉體および粉末冶金 19(1972) 232

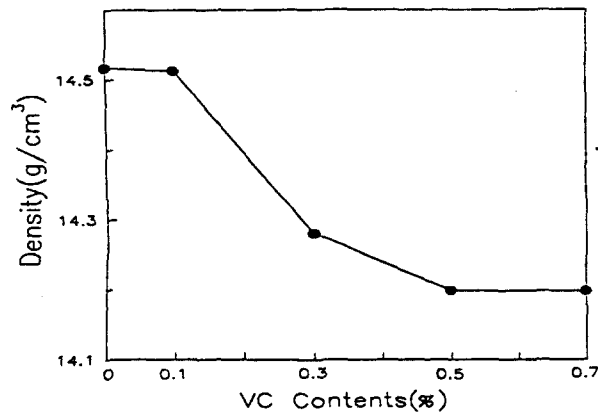


Fig. Relation between VC contents and density in submicron WC-10%Co alloy, sintered at 1400°C for 1hr in vacuum.

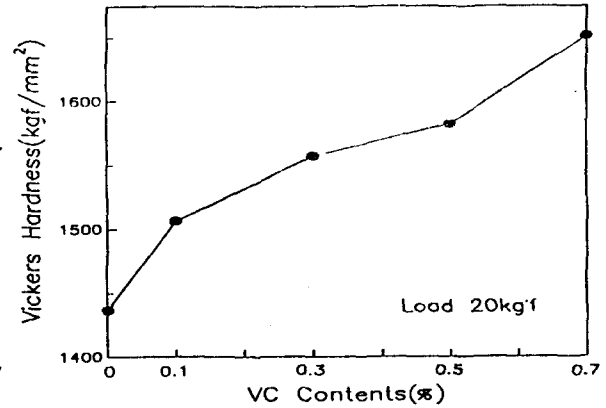


Fig. Relation between VC contents and Vickers hardness in submicron WC-10%Co alloy, sintered at 1400°C for 1hr in vacuum.