

분말 고속도공구강에서 Nb첨가 영향 (Effect of Nb in P/M high speed steels)

한국기계연구원 김용진*, 홍성현, 배종수

1. 서론

고속도공구강에서 Nb는 V와 함께 탄화물 형성원소로서 M_6C 탄화물의 생성을 억제하고, MC형 탄화물의 생성을 촉진시킨다. 그러나 Nb는 Fe기지내의 고용도가 제한되어 있기 때문에 일반적인 용해주조법에 의해 Nb가 함유된 고속도공구강을 제조하는 것은 매우 힘들다. 그러나 분말야금법에 의해 제조할 경우 분말제조 시 급냉효과에 의해 기지 내로 Nb가 과포화되며 이후 HIP, 고온가공, 열처리 공정을 거치는 동안 탄소와 결합 탄화물을 형성시킨다. Nb에 의해 생성된 탄화물은 다른 탄화물에 비해 경도, 용해온도, 공정점이 높고 안정하며, 고온에서 매우 안정하다. 본 연구에서는 Nb의 이러한 장점을 이용해, 보다 고온에서 안정한 Nb함유 MC형 탄화물을 형성시켜 기계적, 열적 특성을 향상시키고자 하는 목적으로 수행하였다.

2. 실험방법

합금은 M2+5Co를 기본조성으로 하여 Nb함유범위를 1-5wt%범위로 한 4종류의 조성을 설계하였다. 설계된 합금은 모합금을 제조 후 가스분사법에 의해 원료분말을 제조하였다. 제조된 원료분말은 Canning → HIP → Swaging/Rolling 등의 공정을 거쳐 봉재와 판재의 분말고속도공구강을 제조하였다. 제조된 시편은 TRS측정용, 경도시험용, 조직관찰용 및 K_{IC} 측정용 등의 시편으로 가공하여 열처리 및 기계적 특성을 측정하였다. 열적 특성은 고온연화실험을 하였는데, 시편을 600°C의 염욕로에 장입하여 유지시간에 따른 경도변화를 측정하는 방법으로 하였다. 또한 탄화물 측정은 SEM에서 5,000배로 촬영 후 분석하였다

3. 연구결과

Nb함량에 따른 열처리 후의 경도변화는 일정한 경향을 나타나지 않았지만 기준조성 보다는 HRC 1.5이상 높게 나타났다. 특히 Nb가 1wt%인 경우 경도가 HRC 66이상으로 다른 시료에 비해 높게 나타났는데 이는 탄소함량이 초기 목표치보다 0.1%이상 높았기 때문으로 판단된다. Nb함량변화에 따른 TRS는 Nb가 증가함에 따라 감소되는 경향을 나타낸다. 특히 1wt% 첨가된 경우에는 높은 경도 값에도 불구하고 TRS값이 3, 5wt%첨가된 시편에 비해 높게 나타났다. Nb가 5wt%첨가된 합금은 상대적으로 낮은 경도로 인해 다른 시편보다 높은 TRS값을 나타내지만, Nb가 없는 시편보다는 낮은 TRS값을 나타낸다. 600°C에서 유지시간에 따른 경도변화를 기존 사용 중인 분말고속도공구강과 비교하면 초기 약 200분 동안은 거의 같은 경도를 유지하지만 그 이상의 유지시간에서는 Nb함유합금이 기존 합금 보다 높은 경도를 가진다는 것을 알 수 있다. Nb함유량이 1, 3wt%에서는 온도에 따른 경도저하의 차이는 나타나지 않았다. 탄화물의 평균크기는 Nb를 함유하지 않은 합금이 0.72 μ m인데 비해 Nb가 1wt%함유합금은 0.70 μ m, 3wt%함유합금은 0.68 μ m, 5wt%함유합금은 0.66 μ m으로 Nb함유량이 증가할수록 점점 미세화되고 있다. 동일한 면적에서의 탄화물 숫자도 Nb함유량이 증가할수록 많아졌다. 한편 파괴인성은 열처리 경도가 높을수록 낮게 나타나 1wt%Nb함유합금이 가장 낮은 파괴인성을 나타냈다.

4. 결론

Nb함량이 증가할수록 MC형 탄화물이 많이 생성되었으며, 탄화물 내의 Nb함량도 증가하였다. 또한 열처리경도는 증가하였고 TRS값은 감소하였다. 특히 1wt%Nb함유합금인 경우 HRC 66이상의 높은 경도와 평균 4.5GPa의 높은 TRS값을 가진다. 600°C에서 연화에 대한 저항성은 Nb가 첨가된 합금이 기존의 소재보다 유지시간이 길수록 높게 나타났고 파괴인성은 열처리 경도에 반비례하였다.