

분말고속도공구강 KIMM-23에서 진공 열처리조건 및 비금속개재물에 따른 피로특성

(Fatigue behaviour of PM high speed steel KIMM-23 with heat-treatment
condition and non-metallic inclusion)

한국기계연구원 홍성현*, 배종수, 김용진, 임태수, 정형식
창원대 신평우, 이상훈

1. 서론

분말야금법에 의해 제조되는 고속도공구강은 기존의 용해후 주조, 열간단조, 압연등의 일련 공정에 의해 제조되고 있는 고속도공구강의 문제점(용해 및 주조시의 편석으로 인한 조직의 불균일성, 조대한 결정립 및 방향성 등)의 개선을 위해 개발되고 있는 소재로서 각종가공 기계의 자동화 및 난삭재 사용증가로 인하여 수요가 꾸준히 증가되고 있다. 분말고속도공구강은 기존의 고속도공구강과는 달리 편석이 없고 균일 미세한 조직을 얻을 수 있으며 각종 탄화물 형성 및 원소의 과포화 고용에 의한 내마모성이 향상되며 열처리의 안정성등으로 특성이 우수하여 금형, 엔드밀, 성형 펀치등에 사용되고 있다.

현재 광범위하게 사용되고 있는 분말고속도공구강 KIMM-23, 30, 60이 있으며 그 중 KIMM-23은 적절한 인성과 내마모성을 가지고 있으므로 냉간성형펀치등에 사용되고 있다. 특히, 철계, 스테인레스계 및 동계의 소결기계부품을 제조하기 위하여 각종 금속 분말을 고압으로 성형시 기계부품형상의 복잡함으로 인하여 펀치자체가 예리한 모서리를 가지지 않으면 안 되는 경우가 많다. 이러한 경우에 반복적인 하중에 의하여 예리한 부위에서 치핑형 파손이 발생하기 쉽다. 이러한 사용중에 발생하는 치핑 파괴의 원인은 반복적인 하중이 가하여짐으로 인하여 균열의 발생과 전파가 주된 기구인 것으로 추정된다. 그러나, 분말고속도공구강에서 열처리 처리조건에 따른 경도 및 굽힘강도에 관한 자료는 충분히 제시되어 있으나 피로특성에 관한 자료는 충분하지 않다.

본 연구에서는 분말야금법으로 제조된 KIMM-23의 오스테나이트온도 및 뜨임온도에 따라 반복적인 하중이 가하여 질때 파괴가 발생할 때까지 cycle의 수를 측정하여 저주기피로하중에서 피로에 의한 파괴저항이 우수한 열처리 조건을 찾아내고자 하는 데 있다. 또한, 피로균열의 발생이 비금속개재물의 양에 따라 민감하므로 자력선별 횟수를 달리하여 얻은 시편에서 피로 파괴까지의 cycle수를 측정하여 그의 영향을 규명하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용한 재료는 분말성형펀치소재로 많이 사용되는 KIMM-23(조성: 1.2 C, 4.0 Cr, 4.9 Mo, 6.2 W, 2.9 V, bal. Fe)이며 가스분사된 분말을 Canning/HIP후 열간가공하여 제조되었다. VFS 사의 진공열처리로를 사용하여 오스테나이트온도인 1050 ~ 1200 °C까지 가열 후 10분 동안 유지후 10 bar의 질소 압력으로 담금질을 하였다. 이어서 뜨임 온도 500 ~ 620 °C까지 가열후 1시간씩 총 3회 템퍼링처리를 실시하였다. 연마된(#1200)된 2.3 X 2.3 X 17 mm 크기의 시험편을 three point bend test용 지그(시편 지지점간 거리: 10mm)에 장착하여 일정 하중인 215 Kg을 초당 1회씩 반복적으로 가하여 시편이 파괴될 때까지의 피로수명을 구하였다. 한편, 피로특성에 미치는 자력선별의 영향을 조사하기 위하여 가스분사된 KIMM-23분말을 자력선별을 0, 3, 6회 실시한 후 Canning/HIP, 열간가공하여 시편을 제조하였고 충격시험편, TRS시험편, 피로시험편을 준비하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

뜨임온도가 500 °C으로 낮을 경우에는 피로수명이 현저히 낮았고 뜨임온도가 620 °C까지 증가할수록 피로수명이 증가하였다. 오스테나이징온도가 너무 높지 않은 범위(1175 °C까지)내에서는 피로수명에 미치는 오스테나이징 온도의 영향은 크지 않았다. 뜨임온도에 따른 피로파면의 양상을 조사한 결과에 따르면 피로균열은 인장응력이 집중된 표면에서 발생하며, 특히 시편 표면의 개재물 주위에서 응력이 집중되므로 균열이 생성되고 급속히 전파되다가 응력이 약화되며 초기보다 느린 속도로 전파된 것처럼 파면이 관찰되었다. 뜨임온도가 낮은 경우에는 균열이 빠르게 전파된 것처럼 보이고 680°C에서 뜨임처리를 한 시편의 피로파면은 500°C에서 뜨임 처리한 시편보다 피로균열이 급속히 전파된 것처럼 보인다.

오스테나이징후 급랭하여 뜨임온도가 다른 경우에 연마된 미세조직에서 image analyzer를 이용하여 측정한 결과, 열처리의 변화에 따른 탄화물의 체적분율 및 평균크기의 변화는 적었다. 뜨임시 발생하는 2차 미세탄화물을 분석하지 못하였지만 SEM에서 관찰가능한 탄화물의 양 및 크기는 소려온도에 따라 큰 차이가 발생하지 않았다. 뜨임온도가 증가할수록 분해되는 마르텐사이트의 양이 증가하여 기지상의 연성이 증가하여 저주기 피로파괴시 피로균열의 성장이 억제되어 피로수명이 증가하는 것으로 판단된다. 한편, 오스테나이징 온도가 1000 °C로 낮은 경우는 피로수명이 적었으나 오스테나이징 온도가 높은 1150, 1175 °C 경우에는 피로 수명이 차이가 현저하지 않았다.

가스분사된 KIMM-23분말을 자력선별을 0, 3, 6회 실시하여 Canning/HIP, 열간 스웨이징 및 1150 °C 에서 오스테나이징처리후 580 °C에서 뜨임처리한 시편의 충격시험, 굽힘강도 및 피로 시험결과도 발표된다.

4. 결론

개발 합금인 KIMM-23의 열처리에 따라서 피로수명을 조사하여 치핑 저항성을 최대로 하는 열처리 조건을 선정하였다. 1100 -1175°C의 범위에서 오스테나이징온도가 피로특성에 미치는 영향은 적었으며 500-620°C의 범위에서 뜨임온도의 영향이 피로 특성에 큰 영향을 주었다. 뜨임온도가 증가할수록 피로특성이 증가하였다. 580-620°C의 뜨임온도에서 파괴까지의 cycle수가 컸고 기지상의 연화가 주된 원인이다. 실제 성형 펀치에 응용시 사용조건에 따라서 내마모성과 피로저항성을 고려하여 적절한 열처리 조건을 선택하여 적용하는 것이 바람직하다.