

기계적 합금법으로 제조한 분산강화형 Fe기 내열합금의  
열간가공조건이 미세조직에 미치는 영향

( Effect of Hot-rolling Condition on the Microstructure of  
Oxide-dispersion-strengthened Fe-based Heat-resistant  
Alloys Produced by Mechanical Alloying )

경북대학교 박진경\*, 윤상목, 이상태, 권오중

1. 서론

분산강화형(ODS) Fe-Cr-Al 내열합금은 고온강도가 우수하다. 특히 Ni기 초내열합금에 비하여 고온내식성이 우수하고 가공성이 뛰어나기 때문에 고온에서의 응용이 점차 확대되고 있다. 분산강화형 합금은 고온기계적성질을 향상시키기 위해 첨가한 분산물에 의한 강화효과와 조대한 결정립을 용력축 방향으로 배열시킨 이차재결정조직에 의해 극대화된다. 따라서, 본 연구에서는 기계적 합금법과 열간등압성형법을 적용하여 제조한 ODS Fe기 내열합금에서 여러 가지 가공조건과 열처리 조건이 미세조직에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 원료분말을 고에너지 불밀을 이용하여 10시간동안 기계적합금화 하였다. 기계적합금화가 완료된 분말을 연강캔에 장입하고 진공배기후 1150℃에서 3시간동안 열간등압성형하였다. 이 때 압력은 100MPa이었다. 열간등압성형한 재료를 600~1100℃의 온도에서 60~90%의 두께감소율로 열간가공을 하였으며 이를 1300~1400℃의 온도에서 1시간 등온열처리하여 가공조건 및 열처리 온도에 따른 미세조직의 변화를 관찰하였다. 이차재결정을 일으키는데 필요한 에너지를 구하기 위해 1000℃에서 열간압연한 재료를 여러온도와 시간으로 열처리를 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

분산강화형(ODS) Fe-Cr-Al 내열합금의 이차재결정을 유도하기 위하여 600~1100℃의 온도범위와 40~90%의 두께감소율로 열간압연하고 1300~1400℃의 온도범위에서 1시간 등온열처리하였을 때 다음의 결과를 얻었다.

table 1 Conditions of Secondary Recrystallization.

hot-rolling temperature	limited condition	
	thickness reduction ratio	annealing temperature
600℃	×	×
800℃	90%	1300℃
1000℃	80%	1350℃
1100℃	70%	1400℃

Table 1의 결과로부터 800℃의 열간압연온도에서는 90%이상의 두께감소율과 1300℃이상의 열처리온도에서 이차재결정이 일어나며, 1000℃의 열간압연온도에서는 80%이상의 두께감소율과 1350℃이상의 열처리온도에서 이차재결정이 일어난다. 따라서 이차재결정의 임계변형량과 임계열처리온도가 존재함을 알 수 있었다. 또한, 열간압연온도가 증가할수록 이차재결정을 일으키는데 필요한 열처리 온도가 증가하였으며, 열간압연온도가 증가할수록 이차재결정을 일으키는데 필요한 변형량은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 열간압연온도가 증가할수록 이차

재결정립의 크기는 증가하는 경향을 나타내었다.

이차재결정을 일으키는데 필요한 에너지를 구하기 위해 1000℃에서 열간압연한 재료를 여러 온도와 시간에 대해 열처리한후 온도와 50%재결정이 일어나는 시간과의 관계식에서 에너지를 계산한 결과 488kJ/mol이었다. 이는 단순히 Fe-20%Cr합금에서의 철의 확산에 대한 활성화에너지인 227kJ/mol보다 상당히 높은 값으로 첨가원소, 분산된 산화물, 재결정되지 않은 조직의 회복등이 철의 확산에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

분산강화형(ODS) Fe-Cr-Al 내열합금은 일정 변형량과 일정 열처리온도이상에서만 이차재결정이 일어났으며, 1000℃이상의 열간압연온도, 80%이상의 두께감소율에서 열간압연하였을 때 가장 조대한 미세조직을 얻을수 있었다. 또한 이차재결정을 일으키는 필요한 에너지는 488kJ/mol로 상당히 높았다.