한국소성가공학회 2008년도 추계학술대회 논문집 pp. 21~22

고온 가공시 스테인레스강의 동적재결정

유 연 철
인하대학교 신소재공학부

Dynamic Recrystallization of Stainless Steels during Hot Working

Yeon Chul Yoo
School of Materials Science and Engineering
Inha University,Incheon 402-751,Korea

금속 철강재료의 고온변형에서 변형속도(strain rate)가 빠른(10^{-2}/sec ~) 열간압연 열간단조 열간압출등은 단순한 제품의 형상제어뿐만 아니라 재료의 물성특성을 향상시키는 미세조직의 변화를 가져올 수 있다. 고온변형 시 재료에 미치는 주요한 외부 변수로는 응력 온도 변형속도 변형량 등이며, 재료에 따라서 동적재결정(dynamic recrystallization, DRX), 동적회복(dynamic recovery, DRV), 연속 동적재결정(continuous dynamic recrystallization, CDRX), 등의 조직변화가 일어날 수 있다.

동적재결정(DRX) 과 동적회복(DRV) 은 금속재료가 갖는 적층결함에너지(stacking fault energy, SFE)의 대소에 따라 결정된다. SFE가 매우 큰재료는 교차 슬립(cross slip)이 잘 일어나 동적회복이 되어 결정립을 미세화 할 수 없는 반면 낮은 SFE를 갖는 재료는 동적 재결정을 이룰 수가 있다.

고온변형중 오스테나틱 스테인레스강(austenitic stainless steel)은 불연속 동적재결정(discontinuous dynamic recrystallization ,DDRX) 을 이루며 훼리틱 스테인레스강(ferritic stainless steel)은 연속 동적재결정(continuous dynamic recrystallization ,CDRX)이 일어 난다. 우리가 흔히 말하는 동적재결정(DRX)은 불연속 동적재결정(DDRX)을 지칭한다. 불연속 동적재결정은 결정립계에서 부터 재결정핵이 발생 성장 하고 이어서 결정립 내부로 같은 크기의 재결정립으로 덥히게 된다는 것 인데 , 변형률 증가에 따라 연속적으로 결정립 크기가 작이지는 연속동적재결정 (CDRX)과 구별해서 불연속동적재결정(DDRX)로 분류하고 있다.

고온유동곡선의 형태에 따라서도 DRX, DRV, CDRX 를 구별할 수 있다. DRX 곡선은 피크스트레스(peak stress)가 나타나며 변형이 진행되면서 가공경화와 회복이 균형을 이루는 정상상태

(steady state)곡선이 이어진다. DRV 는 피크트레스와 정상상태 곡선의 구별이 없으며 CDRX는 변형률이 증가할수록 유동곡선이 연속적으로 하강하는 형태를 나타낸다

고온변형곡선에서 최대 응력값은 변형속도 온도 응력의 세가지 변수로서 구성방정식(constitutive equation)으로 나타낼 수 있는데 즉 멱수함수(power law, $\dot{\varepsilon} = A_1\sigma^n \exp(-Q/RT)$ 지수함수(exponential law, $\dot{\varepsilon} = A_2 \exp(\beta\sigma)\exp(-Q/RT)$) 하이퍼볼릭 싸인 함수(hyperbolic sine law, $\dot{\varepsilon} = A_3(\sinh(\alpha\sigma))^n \exp(-Q/RT)$) 들 이다. 이 식들의 변수들 중 어느 두 가지 를 알면 나머지 값을 결정 할 수 있다. 멱수식은 고온 저응력, 지수 함수 식은 저온 고응력, 하이퍼볼릭 함수는 앞의 두 가지 식을 다 만족 시키는 경우이다.

유동응력 곡선의 변화를 분석하여 미세조직 즉 동적재결정의 진행 및 동적재결정 분률을 예측할 수 있다. 한편 Zener Holloman parameter (Z= $\dot{\varepsilon}\exp(Q/RT)$)값이 동일 하면 결정립 크기가 같게 나타난다. 즉 $\dot{\varepsilon}$ 와 T의 조합에 따라 Z 값이 같을 수 있는데 이를 이용하면 균일한 결정립을 얻는 조건을 온도와 변형속도의 조합으로 다양하게 얻을 수 있다