

## 34. 304 스테인리스강의 열간동적재결정과 미세조직 예측에 대한 연구

기계공학과 권 영 표  
지도교수 조 종 래

오늘날 우리가 원하는 형상의 제품을 제조하기 위한 금속성형공정은 매우 다양하다. 그 중에서 소성가공의 한 형태인 열간성형공정의 경우에는 재결정 온도이상의 온도에서 가공이 이루어 지므로 냉간성형공정에 비해 강도가 높거나 큰 제품의 가공이 용이하며 공정 중에 풀림 (annealing)작용에 의해 가공시에 발생하는 내부응력이 감소되어 냉간 성형공정에 비해 유리하다. 그러나 열간성형공정에서는 미세조직의 변화를 제어하기에 매우 어려우므로 온도, 변형률속도, 응력을 적절히 조절하지 못하게 되면 조직이 불균일하게 되는 단점을 가지고 있어 이를 위해 가공시 소재 내부의 변형을 균일하게 유지하여 미세조직을 균질화시켜야 할 필요성이 있다. 최근 열간성형공정에서는 형상제어에만 주력했던 옛날과는 달리 변형저항을 낮추고 이와 함께 기계적 특성의 향상을 위해 결정립을 미세화시키는 공정제어의 연구와 개발이 진행되고 있다. 특히 오스테나이트계 스테인리스강은 소성가공시에 다른 금속에 비해 비교적 높은 변형저항을 보이므로 공정제어가 특히 요구된다. 이를 위해 열간가공의 공정변수인 가공온도, 변형률속도, 변형률의 변화에 대해 동적연화기구인 동적회복과 동적재결정의 과정을 정확히 이해하여 유동응력과 미세조직을 예측할 수 있어야 할 필요성이 있다.

본 연구에서는 대표적인 오스테나이트계 스테인리스강인 304 스테인리스강의 열간성형공정시 가공온도, 변형률속도, 유동응력의 상호관계를 규명하기 위해 실험을 통해 얻은 데이터를 이용하여 Arrhenius식으로 구성식을 정량화하고, 소재의 고온변형에서 발생하는 가공경화와 동적재결정에 의한 연화현상을 모두 고려하여 유한요소해석에 적용하기 위하여 동적재결정분율의 개념을 도입한 Avrami식을 이용하여 유동응력곡선식을 모델링하였다.

이렇게 해서 얻어진 결과를 이용하여 강소성유한요소 시뮬레이션을 수행하고, 그 결과를 실험의 결과와 비교하여 이 시뮬레이션의 타당성을 보였다. 그리고 이 연구를 통하여 가공온도와 가공속도를 제어하므로써 열간동적재결정 현상과 미세조직의 변화를 조절할 수 있음을 확인하였다.

## 35. 연속 주편의 3차원 응고와 별징에 관한 수치해석적 연구

기계공학과 김 영 대  
지도교수 조 종 래

오늘날 철강 산업은 강의 막대한 수요 충족을 위한 고속화 및 대형화 추세에 있으며 이와 함께 공정의 합리화를 위한 기술개발이 급속히 진행되고 있는 상태이다. 19세기 중엽 Bessemer

에 의해 처음으로 고안된 연속주조공정은 기존의 잉곳(ingot)주조공정에 비하여 높은 생산성효과와 에너지절약 효과에 큰 잇점이 있기 때문에 1970년대 이후부터 연속주조법이 비약적으로 발전되어왔다. 제품 품질의 균일성 및 회수율 등에서 종래의 조괴법에 비하여 우수한 연속주조법은 설비 및 조업기술 등에서 많은 연구개발이 이루어져 소수의 특수용도를 제외하고 고합금강을 비롯한 거의 모든 강종을 생산할 수 있게 되었다. 또한 공정의 연속화라는 본래의 취지를 더욱 발전시키고 제품의 품질이 크게 향상됨에 따라 연속주편을 열간상태 그대로 압연 가열로에 장입시키거나 약간의 온도만 보상하여 가열로를 경유하지 않고 압연시키는 연주-압연 직결공정이 에너지 및 원가 절감 측면에서 전세계 제철소에 널리 보급되고 있다. 연주기는 제강공정에서 정련된 용강을 담고 있는 래들 및 래들을 지지하는 래들 터렛, 래들(ladle)로부터 용강을 공급받아 일시적으로 용강을 저장한 후 각 스트랜드(strand)로 분배하는 기능을 가진 턴디쉬(tundish)가 있다. 턴디쉬에서 주입된 용강을 일정한 형상으로 초기 응고시켜 주는 수냉 몰드, 미응고 주편으로부터 열을 빼앗아 응고를 완료시키면서 주편을 밴딩(bending) 혹은 스트라이터닝(straightening) 할 수 있는 롤과 스프레이 노즐로 구성된 2차 냉각대 그리고 주편 절단장치, 주편 이송 롤러 테이블, 냉각야드 등으로 구성되어 있다. 연주기는 턴디쉬 1대에 독립된 몰드 및 2차냉각대 등을 갖춘 다수의 스트랜드(strand)들로 이루어진 경우가 대부분이며 스트랜드 수는 주편의 크기 혹은 형상(슬래브, 붐, 빌렛, 라운드, 빔 블랭크등) 그리고 제강로의 크기를 나타내는 장입량(heat size)에 따라 달라진다. 근래 HDR(hot direct rolling)이 발전하면서 주조시간을 압연능력에 일치시키는 고속, 고능률 주조기술이 대두되고 있다. 제철설비를 위해서는 주편의 응고, 열전달, 벌징해석이 필수적으로 수반되어야 한다. 특히 최대 주속을 고려해 설계된 연주기의 경우는 슬래브 응고면에 수직하게 작용하는 철정압과 자중 및 연주라인의 굽힘부에 의한 힘으로 인해서 외측으로 팽창하는 벌징현상이 큰 문제가 된다. 이로 인한 내부결함 및 중심 편석은 슬래브의 내부 재질에 중대한 영향을 미친다.

연속주조과정에 있어 내부크랙은 고속 주조에 의해 생산성 향상을 저하시킨다. 내부크랙은 응고면에 인장변형률과 응력이 임계값을 초과 했을 때 발생한다. 주편의 벌징은 내부크랙의 원인이 되는 인장변형률의 발생에 주요한 역할을 한다. 특히 주속이 높을 때, 벌징에 의한 변형률은 응고층의 두께 감소와 주편의 표면온도 증가, 또는 롤 피치가 클 때 급격히 증가한다.

이러한 배경 하에서 본 논문은 3차원 모델을 이용하여 벌징해석과 내부크랙발생을 정확하게 해석하려고 하였다.

## 36. 디젤기관에 직결된 발전기의 비틀림진동에 관한 연구

기계공학과 이창훈  
지도교수 김의간

선박의 추진축계 비틀림진동에 대해서 상당히 많은 연구 결과가 보고되고 있지만 디젤기관 구동발전기 축계에 대해서는 거의 연구된 것이 없다. 이는 디젤기관 구동 발전기는 주기관과는 달리 일정회전수로 구동되므로 축계설계시 주기관과 같이 비틀림진동에 관한 영향을 심도있게 고려하지 않아도 별문제가 발생하지 않은 것에 기인한다. 그러나 기관의 출력 증가와 발전기의