

# 10. 연속 주편의 응고와 별징에 관한 수치 해석적 연구

기계공학과 하종수  
지도교수 조종래

연속주조에서는 제강 공정에서 정련된 용강을 래들(ladle)로 운반하여 각 스트랜드(strand)로 분배하기 위해 턴디쉬(tundish)에 주입한다. 턴디쉬에 주입된 용강은 몰드부분에서 일정한 형상으로 초기 응고가 일어난다. 몰드에서 1차적으로 냉각된 후 가이드 롤(guide roll)을 따라 미응고 주편으로부터 열을 빼앗아 응고가 진행되고 완전히 응고가 끝난 주편은 요구된 크기의 주편으로 절단하게 된다.

연속주조에 의해 생산된 강의 품질은 주조속도, 냉각조건, 롤배치등의 영향을 많이 받는다. 이들 공정변수의 영향을 평가하고 문제점을 개선함으로써 생산 강재의 품질을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 주편의 역학적 거동중 주편의 과단과 주편 균열 발생등 주편 품질에 직접적인 영향을 미치는 별징현상에 대해 연구하였다. 연속주조에서 별징은 폭 방향으로 작용하는 철정



압(ferro-static pressure)에 의한 롤 사이 주편의 부풀림 현상으로 지지물에 전달되는 하중을 증가시켜 롤의 마멸 손실을 늘리고 내부결함, 미소편석유도 등의 문제를 일으키는 요인이 된다. 이러한 벌징에 의한 변형은 응고셀두께와 주편의 표면온도의 영향을 많이 받는다. 또한, 주조속도, 냉각조건 및 롤 피치 변화에 따라 벌징양상이 변화하게 되는데 이러한 공정변수들의 영향을 평가하는 것이 본 논문의 목적이다.

본 논문은 수치적인 방법을 사용하여 주편의 응고와 벌징해석을 수행하였다. 여기서, 주편의 응고는 1차원 유한 차분법을 이용하여 해석하였다. 응고해석에 있어 경계조건은 각 영역을 고려하여 스프레이에 의한 냉각, 롤접촉에 의한 냉각, 복사에 의한 냉각으로 구분하여 적용하였다. 이러한 방법으로 주조속도와 냉각조건등의 변화에 따른 응고양상을 검토하였다.

주편의 벌징해석을 위해 응고해석으로 얻어진 정보로 응고셀 형성 양상이나 주편의 온도분포를 정의하였고 2차원 탄소성 및 크리프 모델을 적용하였다. 이 해석은 상용 요한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 수행하였다. 또한, 해석의 타당성을 검토하기 위해 실험한 결과와 해석결과를 비교하여 가장 적절한 탄소성 및 크리프 방정식을 적용하였다. 이러한 벌징해석을 통해 주조속도, 롤 피치, 냉각조건등의 공정 변수의 영향을 살펴보았다.

주조속도 2.0 m/min인 경우 응고셀 두께는 주조속도 1.4 m/min에 비해 각 구간에서 20%정도 두께가 감소하였고 표면온도 역시 50℃정도 상승하였다. 이 영향으로 주속이 2.0 m/min일 때의 주편의 벌징량은 주속이 1.4 m/min일 때의 그것에 비해 각 구간에 2~3 배 정도 컸다. 내부결함을 예측하는데 있어 중요한 응고계면에서의 최대 인장 변형은 주속이 1.4 m/min일 때 0.19%로 임계값 이하인 반면, 주속이 2.0 m/min일 때는 0.59%로 임계값을 초과하여 내부결함 발생가능성이 있는 것으로 나타났다.

주편의 벌징량 및 주조 방향으로의 변형률은 롤 피치 변화에 따라 급격히 변화하였다. 곱힘롤러 구간의 경우 벌징량은 롤 피치 증가비율의 5 배에 비례하여 증가하고 교정롤러 구간에서는 6 배에 비례하여 증가하였다.

두 가지 냉각조건을 적용한 해석결과에서 응고셀 두께가 최대 4%정도로 그 차가 크지 않고 주편표면온도 역시 그 차가 20℃정도로 작았다. 그 결과 벌징량과 변형률 모두 그다지 차이가 나지 않았고 응고 계면에서의 최대 인장 변형률은 각각 0.15, 0.19%로 두 경우 모두 임계값은 초과하지 않는 것으로 나타났다.

이상의 연속주조의 여러 공정 변수의 영향을 검토함으로써 연속주조기 설비를 설계할 때 내부 결함을 최소화할 수 있는 최적의 공정변수를 결정할 수 있을 것으로 기대된다.

## 11. 접판스프링댐퍼를 갖는 기관축계 비선형 비틀림 강제진동 해석에 관한 연구

기계공학과 최 영 준  
지도교수 김 종 수

오늘날 대부분의 에너지 기계는 회전기계로 구성되어 있다 사용 효율을 향상시키기 위하여 작동 속도의 증가는 보다 심각한 진동문제를 야기하게 된다. 이러한 진동에 대해 적절한 진동