

이차전지 전극 제조용 히팅롤의 열 유동 특성 연구

이인준*, 진태환*, 신유정* 조경철*, 신순우**

*한국섬유기계융합연구원

**(주)피엔티

e-mail:ijlee@kotmi.re.kr

A Study on the Thermal-Fluid Characteristics of Heating Rolls for Secondary Battery Electrode Manufacturing

Injun Lee*, Tae-Hwan Jin*, Yujeong Shin*, Kyung-Chul Cho* and Soon-Woo Shin**

*Korea Textile Machinery Convergence Research Institute

**PNT Co., Ltd

요약

이차 전지 제조 공정 중 전극 코팅, 건조, 압연 공정에서 전극의 품질은 히팅롤 표면 온도의 균일도에 영향을 미친다. 본 연구는 열매유(Thermal oil)의 순환을 이용하는 이차전지 전극 제조용 히팅롤의 내부 유동 및 전도, 외부 대류의 영향을 반영하여 열전달 거동을 분석하였다. 열매유의 종류, 점도, 비열, 열전도율과 내부 유로의 순환속도를 고려하여, 내부 열매유가 흐르는 유로의 메인 직경의 변화에 따라 룰 표면에 미치는 온도편차를 분석하기 위해 CAE 해석을 수행하였으며, 온도 편차에 따른 구조적 특성인 열응력을 분석하였다. 해석결과 내부 유로의 두께가 다른 각각의 두 Case 모두 룰의 표면 중심부와 끝부분의 온도차는 1°C 미만으로 발생하였으며, 최대 응력 및 변형 또한 재료의 항복응력 미만으로 안정적인 결과를 나타내었다. 본 연구는 히팅롤과 내부 열매유가 순환하는 통로의 두께에 따른 열 거동 특성을 분석함으로써 최적의 히팅롤 설계에 기여한다.

1. 서론

이차전지(리튬이온 배터리 등)는 전기차 및 에너지 저장장치 등 다양한 분야에서 활용되며, 품질은 전극 제조 공정의 정밀도에 크게 영향을 받는다. 특히 코팅, 건조, 압연 과정에서 사용되는 히팅롤은 전극의 균일성과 생산 수율을 결정지으며, 내부 열매유 순환 구조에 따른 표면 온차 및 구조적 안전성에 미치는 영향을 정량적으로 규명한 사례는 부족하다. 본 연구는 열매유 순환 방식의 히팅롤을 대상으로, 내부 유로 메인 직경 변화에 따른 열전달 거동과 열응력을 수치해석을 통해 분석하고, 이를 통해 히팅롤 최적설계 및 전극 공정 품질 향상에 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 전산해석 모델



[그림 1] 전극 제조용 히팅롤 3D 모델링

위의 그림은 전극제조용 히팅롤의 3D모델을 나타내며, 전산 열유동해석 및 구조해석을 통해 열 거동 특성을 분석하였다.

3. 결론

본 연구에서는 열매유(Thermal oil) 순환 방식을 적용한 이차전지 전극 제조용 히팅롤을 대상으로, 내부 메인 유로 직경에 따른 온도 분포 및 열 응력에 미치는 영향을 수치해석적으로 검토하였다.

해석결과 유로 직경이 다른 두 조건 모두 룰 표면 중심부와 끝단 부의 온도차는 1°C 미만으로 나타났으며, 발생한 최대 응력과 변형은 재료의 항복응력 이하로 확인되어 구조적 안전성을 확보할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구는 전극 제조공정에서 요구되는 고품질 및 신뢰성 설계의 기초자료를 제공하며, 최적화 연구의 토대를 마련하였다.

후기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : RS-2024-00507607)

참고문헌

- [1] Sun, Shuangqiu, et al. "Multi--objective optimization of the heating oil circuit inside the calendering roller for the lithium battery pole piece, *Scientific Reports*, 2025, 15.1: 3260.