

# 카본블랙 저감을 위한 친환경 나노소재 보강 고무 소재 개발 및 특성 평가

금아람, 정용일

한국섬유기계융합연구원 셀룰로스 나노섬유소재 산업화센터  
e-mail:arkeum@kotmi.re.kr

## Eco-Friendly Nanomaterial-Reinforced Rubber: Development and Property Evaluation for Carbon Black Reduction

Aram Keum, Yong-il Chung

Cellulose Nanofiber Industrialization Center,  
Korea Textile Machinery Convergence Research Institute

### 요약

본 연구에서는 식물 유래 나노셀룰로오스를 천연고무 라텍스와 수계 복합화하여 고품량 마스터배치를 제조하고, 이를 활용한 카본블랙 저감형 고무 컴파운드의 기계적 성능을 평가하였다. 나노셀룰로오스 적용 시 천연고무 대비 그린강도가 약 7,000% 이상 향상되었으며, 카본블랙 사용량을 80% 저감한 컴파운드에서도 인장강도, 압축율, 반발탄성이 기존 수준과 동등 이상으로 나타났다. 본 결과는 나노셀룰로오스가 친환경 보강 소재로서 석유계 보강재를 대체할 수 있는 가능성을 제시한다.

로 성형하여 결정화도를 분석하였으며, X선 회절분석 (X-ray Diffraction, XRD)을 수행하였다. Segal법<sup>[1]</sup>으로 알려진 계산식에 의거하여 산출된 결정화도는 87.45%로 확인되었다.

### 1. 서론

천연고무는 재생 가능한 자원으로 널리 활용되지만, 물성 및 내후성 향상을 위해 카본블랙과 같은 석유계 보강제 사용이 필요하다. 그러나 유로7 등 환경 규제 강화로 친환경 대체 소재 개발의 필요성이 증대되고 있다. 식물 유래 나노셀룰로오스는 강직한 섬유 구조를 바탕으로 적은 첨가량에서도 우수한 보강 효과를 발휘하며, 고무 마모로 인한 미세입자 배출 저감에도 기여할 수 있다. 또한 천연고무 라텍스와 수분산 상태에서 복합화가 가능하며, 균일한 분산과 우수한 기계적 특성을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 천연고무 라텍스를 이용해 고품량 나노셀룰로오스 마스터배치를 제조하고, 이를 적용한 카본블랙 저감형 고무 컴파운드의 기계적 물성을 평가하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 나노 셀룰로오스 제조

알파셀룰로오스 함량이 높은 면린터를 출발 원료로 사용하여, 효소 전처리 후 슈퍼 매스콜로이드(Super Masscolloider, Masuko Sangyo Co., Ltd., Japan)를 이용한 기계적 분쇄 공정을 통해 나노셀룰로오스를 제조하였다. 제조된 시료는 필름 형태

#### 2.2 나노 셀룰로오스 복합 마스터 배치 제조

나노셀룰로오스의 고품분 함량이 천연고무 라텍스 대비 50 wt%가 되도록 첨가한 후 교반 및 열풍 건조 과정을 거쳐 마스터배치를 제조하였다. 이후 나노셀룰로오스 50 wt% 복합 천연고무 마스터배치와 100% 천연고무 라텍스를 각각 건조하여 고품물을 확보한 뒤, 이를 밀링하여 미가황 고무판을 제작하였다. 인장시험은 ASTM D412 표준 시험법에 따라 아령 3호 시편을 가공하여 수행하였다. 시험 결과, 나노셀룰로오스 50 wt% 복합 천연고무 마스터배치의 그린강도는 천연고무 대비 약 7,076% 향상된 것으로 확인되었다.

#### 2.3 나노 셀룰로오스 복합 고무 컴파운드 제조

상기 나노셀룰로오스 복합 마스터배치를 활용하여 카본블랙 사용량을 80% 저감한 고무 컴파운드를 제조하고 물성을 평가하였다. 그 결과, 인장강도는 20 MPa, 영구압축율(70 °C/22 h)은 15%, 반발탄성은 55%로 측정되었으며, 이는 기존 고무 컴파운드와 비교하여 동등 이상 수준의 기계적 성능을 확보한 것으로 확인되었다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 효소 전처리를 거친 나노셀룰로오스를 천연 고무 라텍스와 수계 복합화하여, 고품량 나노셀룰로오스 기반 천연고무 마스터배치를 성공적으로 제조하였다. 제조된 마스터배치를 활용하여 컴파운드 배합 조건을 최적화한 결과, 카본블랙 사용량을 기존 대비 80%까지 저감하면서도 인장강도, 압축줄임률, 반발탄성 등 주요 물성이 기존 컴파운드와 동등 이상임을 확인하였다. 이는 나노셀룰로오스가 석유계 보강재를 대체할 수 있는 잠재력을 지님을 시사하며, 친환경 고무 소재로의 적용 가능성을 뒷받침한다. 향후 연구에서는 마운트부시 시제품을 제작하여 실제 구동 환경에서의 내구성 및 장기 신뢰성을 평가함으로써 산업적 활용 가능성을 검증할 예정이다.

#### 후기

이 연구는 2025년도 산업통장자원부 및 한국산업기술기획평가원 연구비 지원에 의한 연구임('RS-2024-00431496')

#### 참고문헌

- [1] Segal L., Creely, J. J., Martin A. E., and Conrad C. M., An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. Textile Res. J., 29: 786-794 (1959)