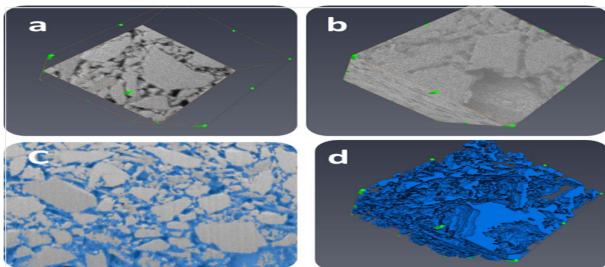


FIB-SEM 단층촬영법 및 3D 공극 스케일 모델링 적용, 종이 코팅층의 수리적 특성 분석

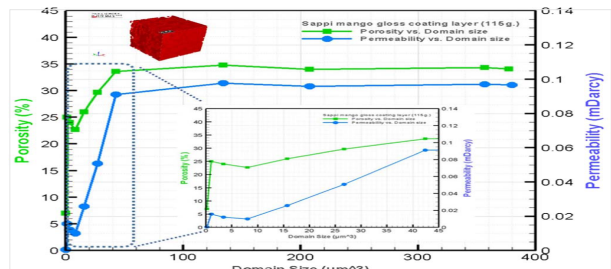
프린팅 산업에서 사용되는 종이류는 일반 종이류 보다 두꺼운 두께의 섬유상 구조를 기본층으로 하여 다공성의 얇은 코팅층을 포함한다. 코팅층의 3차원 공극 구조는 종이 여재 내부의 유동 흐름 패턴에 매우 큰 영향을 미치므로, 이의 유동 특성을 이해하고 정량화하는 것이 매우 중요하다. 코팅층 내부 공극들은 평균적으로 약 180nm 수준의 크기를 가진다. 본 연구진은 FIB-SEM(집속이온빔장치 연계 주사전자현미경)을 통해 종이 코팅층 내부 나노-규모의 공극 구조를 시각화하였다. FIB-SEM 촬영 이미지의 후처리를 통해, 코팅층의 3차원 공극 공간을 재구성할 수 있었다. 3D FIB-SEM 이미지를 상세히 분석하여 공극 크기 분포 및 공극률을 구하였다. GeoDict 소프트웨어의 Stokes 방정식 솔루션을 기반으로 투과율을 예측하였다. 코팅층 도메인의 스케일을 점차 확장해가면서 이에 대한 공극률 및 투과율을 예측하는 과정을 통해, 통계적으로 의미 있는 값을 얻기 위한 최소 대표단위체적(REV) 크기는 60 μm^3 인 것으로 추정할 수 있었다. REV 도메인의 공극률 및 투과율은 각각 0.34 및 0.009 mDarcy로 예측되었다. 또한 공극 모폴로지를 통해 REV 도메인의 모세관압-포화도(Pc-S) 및 상대 투과도(Kr-S) 곡선을 도출할 수 있었다. 수정 Van Genuchten-Mualem 방정식 기반 Pc-S 데이터를 통해 상대 투과도를 계산하는 데 필요한 매개변수들을 결정하였다. Pc-S 곡선을 통해 코팅층에 유입되는 공기의 흡입량이 매우 높은 것을 확인할 수 있었는데, 이는 프린팅 공정 시 코팅층에 잉크가 친화적으로 적용될 것임을 시사한다. 본 연구의 결과물인 수리 특성 함수 및 이의 매개변수 데이터는 코팅층의 거시적 특성을 나타낸다. 이러한 함수를 종이 코팅층 내부 잉크의 침투 및 확산을 시뮬레이션하는 연속체 모델에 적용할 수 있겠다.

키워드

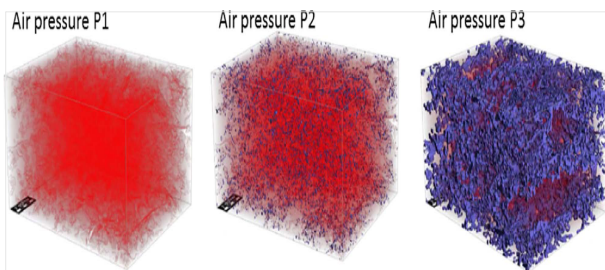
Coated paper, 3D pore structure, Focused ion beam scanning electron, microscopy, Pore scale modeling, Image analysis



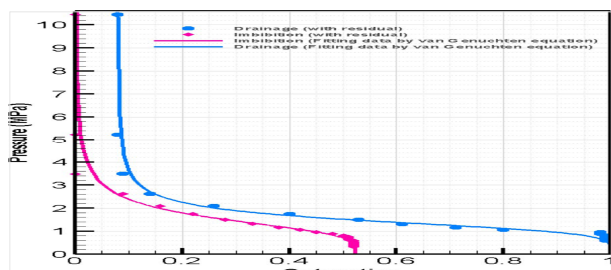
[FIB-SEM 활용 재구성 결과 (a) : 스캐닝 이미지(단일층) (b) : 전체 스캐닝 도메인 렌더링 (c) : 추출 영역 (d) : 모듈 활용 공극 라벨링]



[다양한 코팅층의 도메인 크기 조건에서의 공극률 및 투과율 예측 분포도]



[다양한 공기압 수준에서의(P1>P2>P3) 샘플의 흡수 이미지. 빨간색 : 공기 / 파란색 : 물로 채워진 공극]



[샘플 종이 코팅층의 모세관압-포화도(Pc-S) 곡선 예측값 기호 : 시뮬레이션 결과 / 실선 : van Genuchten-Mualem 수정 방정식 결과]

원 제 목	Characterizing the hydraulic properties of paper coating layer using FIB-SEM tomography and 3D pores-scale modeling
출 처	Chemical Engineering Science 160 (2017, p. 275 - 280)
원 저 자	H. Aslannejad 외 연구진