

Consideration on Equations Related to Paper Properties

종이특성 관련식에 대한 고찰

Dr. Jong Moon Park

박종문

Chungbuk National University

충북대학교



제33회 펄프·종이기술 국제세미나

종이특성 관련식에 대한 고찰

충북대학교 박종문

2008. 5. 23

1. 배경

자연현상을 정확히 이해한다면 그에 대한 법칙, 룰(rule), 식을 만들 수 있겠다. 반대로 말하면 그러한 식이 있다면 관련된 자연현상을 정확한 이해하는데 도움이 된다. 자연과학 중 가장 유명한 법칙을 꼽으라면 뉴턴의 법칙을 들 수 있다. 뉴턴의 제1법칙은 관성의 법칙으로, 외부의 힘이 작용하지 않거나, 힘의 합력이 0이면 정지되어 있는 물체는 계속 정지해 있거나, 이동을 하고 있던 물체는 계속 이동한다는 뜻이다. 따라서 종이특성에 관련된 식을 찾아보고, 이해하는 것은 매우 중요하다고 생각한다.

2. 종이특성에 관련된 식

종이의 특성은 다양하나 크게 나누면 (1) 물리적 특성, (2) 화학적 특성, (3) 전기적 특성, (4) 기타 특성으로 나눌 수 있다. 물리적 특성은 다시 세분하면 (1) 기계적, 강도적 특성, (2) 표면 특성, (3) 광학적 특성, (4) 유체(물, 기름, 공기)의 투과성으로 나눌 수 있다.

종이특성에 관련된 식의 상대적 중요성을 말하는 것은 개인적 판단에 따라 다를 수 있겠으나, 본인의 판단으로는 인장강도 특성을 나타내는 Page 식과 광학적 특성을 나타내는 Kubelka-Munk 식이 가장 자주 언급되는 식이라고 생각한다. Page 식에 의하면 종이의 인장강도는 섬유 자체의 강도와 섬유간 결합강도로 이루어져 있다는 중요한 사항을 알려준다. 물론 Page 식이 인장강도를 100% 정확하게 설명하지는 못한다고 반론을 펼 수도 있겠지만 이보다 더 간결하게, 정확하게 인장강도를 표현하기란 거의 불가능하리라 생각된다. Kubelka-Munk 식은 종이의 광학적 특성을 핵심적으로 표현해 주는 식이다. 즉 종이의 불투명도, 백색도가 종이제조 원료인 펄프섬유와 충전제 등의 흡수계수, 산란계수에 의해 결정된다는 의미이다. 따라서 소비자의 요구에 맞춰 스펙에 따라, 목표로 하는 종이의 불투명도, 백색도를 정하면 어떤 펄프섬유를 어떤 비율로 배합하고, 충전제의 종류를 선택하여, 원가가 가장 적게 들도록 배합해서 생산할 수 있다는 것이다. 펄프섬유와 충전제의 품질이 각기 다르고, 가격이 각기 다르다면,

Kubelka-Munk 식을 이해하고, 해당 제지회사의 초지기 특성을 이해한 후, 기존에 사용하던 지료의 원료 배합비를 최적화기법을 응용하여, trial and error로 지료의 원료를 선택하기 보다는, 매우 효율적인 접근이라고 생각한다.

지절에 관련된 식으로는 2가지 식이 중요하다고 생각한다. 지절에 관한 기본적인 이해를 위해서는 우선 정적인 상황을 설명하는, 파괴역학의 가장 중요한 식인, 결점 끝에 발생하는 응력(stress at a crack tip)을 계산하는 식이다. 이 식에서 응력확대계수(stress intensity factor, K)가 나오는데, 각각의 종이의 파괴역학적 특성에 따라 고유의 K값을 갖는다. 이 식을 응용한다면, 종이의 구조를 최적화하여 응력집중이 적게 일어나도록 조절해주면 지절을 최소화할 수 있다는 것이다.

3. 맺는 말

섬유의 특성을 측정해서 최종 종이제품의 특성을 미리 예측하고, 종이의 어떤 특정한 특성으로 다른 중요한 특성을 알 수 있는 상관 관계식으로 온라인 측정기에 응용하기 위한, 종이의 힘 또는 응력에 대한 변형 또는 변형율을 설명해 주는 탄성계수, stiffness, 지합, 열단장, ring crush, 평활도, 건조에 의한 수축율 등에 관련된 식을 이해해 보고자 한다.