

종이의 E-beam처리를 이용한 강제열화 시뮬레이션

서영범, 정선영, 박지순, 김영옥, 손효정
충남대학교 임산공학과

1. 서론

과학이 발달하면서 현대사회는 급변하고 있으며, 그에 따른 제지산업의 많은 발전으로 종이는 일상생활에서의 문화적 혜택뿐만 아니라 정보 전달의 역할로써 사용되고 있다. 또한 이에 따라 문화 전달자의 주체가 되는 기록물들이 많이 생겨나고 있다. 예로부터 셀룰로오스로 이루어진 유기물로서 열화에 약한 특성을 지니고 있는 기록물이나 지류문화재의 보존·복원하는 일은 관심이 높아지면서 계속 이루어져 왔다. 현재 종이의 열화 원인을 파악하고, 그 특성을 분석하고자 강제열화를 통해 단시간에 열화의 진행속도나 종이의 물성변화를 측정하고자 하는 실험이 많이 이루어지고 있다.

최근 세계적으로 물질의 성질을 빠르게 변화할 수 있는 전자빔 가속기를 이용하는 분야는 매우 다양하며, 수년전에는 집속전기용접 및 증착분야에서 주로 적용되었으나, 기술향상으로 다양한 분야에 사용되어지며 주목받고 있다. 그러나 아직까지 제지분야에 응용되어 기술이 개발된 예는 없으며, 특히 강제열화에 전자빔의 특성을 이용하려는 시도는 본 연구가 처음이다. 전자빔이란 전자총에서 나오는 속도가 거의 균일한 전자의 연속적 흐름을 말하며, 물체에 대한 높은 투과성으로 조사된 물체 내부의 분자 간 결합이 끊어지는 등 화학적 변화를 일으키고 있는데, 특히 셀룰로오스와 같은 천연고분자 화합물의 분자량은 급격히 저하시키는 특성이 있다. 또한 산소의 존재의 따라 다른 반응이 일어나게 된다.

본 연구는 현재 강제열화처리를 전자빔 처리를 통해 조금 더 빠른 시간과 간편하게 하고자 각각의 처리를 비교 분석하였으며, 대기 중에 있는 종이와 산소를 배제한 종이의 열화를 물리적 강도의 차이를 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

본 연구에 사용된 공시 재료는 국내 A사에서 제조된 Base paper 1종과 Art paper 1종, 국내에서 생산된 라이너지와 골심지, C사에서 제조된 전통 한지, 침엽수와 활엽수를 50:50 비율로 혼합하여 제조한 종이, 총 6종을 사용하여 비교 분석하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 강제열화에 의한 시험 방법

강제열화는 TAPPI T452-pm25에 따라 온도150℃, 상대습도0%의 조건으로 그 기간을 1주, 2주, 3주로 실시하였으며, 일정한 환경에 장시간 방치함으로 물리·화학적으로 그 열화거동을 파악하였다.

2.2.2 전자빔 처리에 의한 방법

전자빔 처리는 EBtech에서 이루어졌으며, 질소처리와 무처리를 분류하여 각각 5kGy, 10kGy, 20kGy, 40kGy, 100kGy 조건으로 처리하였다.

2.2.3 물성측정

열화처리 전후와 전자빔 처리 전후의 물성 측정용 시료는 항온·항습실에서 24시간 이상 조습처리 하였으며, 내절도, 인장강도, 백색도, 불투명도를 측정하여 그 변화를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

전자빔 처리의 실험결과들을 표 1부터 표 6까지 나타내었다. 오븐에 의한 강제열화 결과들과 전자빔 처리 결과들의 상호관계는 추후 발표할 예정이다.

Table 1. E-beam 처리 150 g 아트지

		150g 아트지										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	110.92	108.65	111.04	104.68	107.91	101.91	108.9	104.89	102.67	95.38	93.29
	CD	45.02	44.91	49.59	48.21	47.96	48.92	48.49	46.17	46.54	43.93	44.34
내절도	MD	30	18	14	14	16	13	11	8	7	2	1
	CD	18	13	12	12	12	11	10	5	4	2	2
백색도		92.16	88.7	88.39	87.16	87.31	85.93	86.16	84.59	84.66	83.2	83.04
불투명도		96.73	97.83	97.8	98.17	98.6	98.28	98.1	98.31	98.17	98.25	98.08

Table 2. E-beam 처리 150 g 아트지원지

		150g B.P										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	114.23	101.03	98.58	97.39	96.76	97.42	91.97	89.4	94.98	84.9	89.58
	CD	49.93	41.01	41.43	40.03	40.41	38	38.17	40.47	38.51	37.5	33.87
내절도	MD	31	30	28	21	24	18	14	11	10	3	4
	CD	21	18	17	15	14	18	14	10	11	4	4
백색도		92.89	90.96	90.94	90.29	90.12	88.95	89.02	87.44	87.04	85.02	84.83
불투명도		92.28	93.48	93.72	93.57	93.57	93.86	93.93	93.94	94.05	93.93	94.16

Table 3. E-beam 처리 침엽수, 활엽수 수초지

		침엽수 · 활엽수										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	72.77	70.82	72.22	69.45	72.9	55.83	70.55	66.42	71.06	63.65	66.66
	CD	27.49	27.2	28.56	26.84	28.83	27.42	27.46	26.11	27.77	26.12	26.15
내절도	MD	67	52	63	46	53	45	47	29	35	14	18
	CD	17	15	19	16	16	14	14	10	12	5	6
백색도		84.21	83.08	83.33	83.03	82.99	82.76	82.45	81.81	82.19	80.9	81.01
불투명도		84.66	82.79	83.6	83.92	83.55	83.72	83.11	83.49	84.01	84.28	83.84

Table 4. E-beam 처리 라이너지

		라이너										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	150.55	164.23	166.42	163.68	164.32	158.51	153.61	154.26	140.45	146.44	135.29
	CD	83.87	87.84	92.56	86.78	88.3	81.27	80.41	83.53	67.99	75.46	66.72
내절도	MD	544	450	390	399	414	262	181	133	112	56	42
	CD	391	289	308	207	253	173	179	130	105	30	33
백색도			83.3	83.55	83.31	83.29	82.67	82.5	82.09	81.68	80.38	81.23
블투명도			95.53	95.43	95.57	95.48	95.92	95.12	95.87	95.44	95.82	95.53

Table 5. E-beam 처리 골심지

		골심지										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	176.94	173.83	174.8	168.17	175.75	169.22	148.61	165.47	165.98	149.57	147.01
	CD	87.46	88.89	87.73	93.22	89.19	86.95	73.56	87.06	84.7	78.76	78.45
내절도	MD	630	562	445	436	363	282	197	159	153	56	54
	CD	426	275	324	233	254	231	186	157	169	29	33
백색도		88.55	83.23	83.28	83.07	83.06	82.43	82.36	82.19	82.38	81.42	81.57
블투명도		99.43	95.64	95.87	95.9	95.85	95.86	95.27	95.81	95.8	95.81	95.99

Table 6. E-beam 처리 한지

		한지										
		control	5kGy		10kGy		20kGy		40kGy		100kGy	
			질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O	질소X	질소O
인장강도	MD	24.13	26.85	20.47	24.46	24.61	31.66	22.12	24.57	29.9	20.55	25.3
	CD	17.32	25.53	24.97	20.51	21.97	17	20.66	12.68	23.58	14.16	15.77
내절도	MD	576	121	107	72	86	46	67	26	31	12	13
	CD	137	61	59	44	36	44	48	15	18	3	5
백색도		81.3	79.7	84.45	84.25	84.61	83.99	83.68	83.01	82.77	80.98	81.55
블투명도		51.28	59.69	57.86	52.46	52.13	56.26	54.23	53.24	52.88	58.5	55.87