

# 대기압 플라즈마 활용 인쇄기능 향상 기술 개발

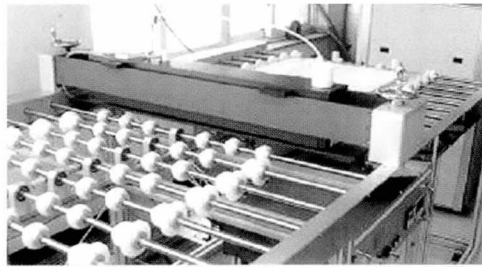
한국인쇄학회가 사단법인으로 거듭났다. 인쇄학회는 지난 5월29일 서울인쇄센터에서 사단법인 창립총회 및 춘계학술발표회를 갖고 사단법인 출범을 공식 선언했다. 이날 총회에서는 김성빈 부경대학교수가 회장으로 선임됐다. 인쇄학회는 학술자료의 조사 수집 연구, 학술발표회, 전문도서 및 학술지 발행, 국내외 학술교류, 연구공적의 포상 등의 사업을 실시하게 된다. 한편 이날 학술발표회에서는 한국기계연구원 김광영 박사의 “대기압 플라즈마 활용 인쇄기능 향상 기술 개발” 등 6편의 논문이 발표됐다. 다음은 김 박사의 논문이다. <편집자 주>

## 서론

인쇄에 사용되는 대부분의 고분자 소재는 표면의 표면장력이 낮기 때문에 부적합한 표면성질을 가지고 있어 그 사용에 많은 제한이 따르고 있다. 소재의 젖는 성질을 높여 소재 자체의 고유성질인 경량성, 착색성, 작업성, 절연성, 투명성 등은 변화시키지 않으면서 인쇄에 적합한 친수성, 접착성, 인쇄성 표면으로 표면을 개질시키면 소재를 더욱 효과적으로 사용할 수 있다.

본 연구에서는 물리적인 표면개질 방법중의 하나인 대기압 플라즈마를 사용하여 고분자 소재의 표면에 묻은 이물질이나 오염물질을 제거하여 물과의 친화력을 높여 고품질 인쇄에 이용하고자 하였다.

플라즈마에 의한 고분자 소재의 표면처리 기술의 원리는 고분자 소재를 플라즈마 이온이 있는 시료대위에 올려놓고 높은 음전압 펄스를 가해줌으로써 플라즈마에 존재하는 이온이 펄스가 켜지는 동안 시료에 조사되어 고분자표면에



<그림1> 대기압 플라즈마 처리장치

이온주입의 효과를 얻을 수 있게 한 것이다. 또한 대면적의 표면을 균일하게 처리할 수 있으며, 사용되는 이온 에너지가 매우 높기 때문에 표면의 상당히 깊은 층까지 개질시킴으로써 처리후 시간이 지남에 따라 표면이 바뀌는 현상을 줄일 수 있다.

따라서 대기압 플라즈마를 이용하여 PET, PC, PP 등 인쇄가 어려운 소재의 인쇄능률을 높이기 위하여 인쇄 요구특성에 적합한 대기압 플라즈마 처리조건 및 장치제작사양도출을 위하여 플라즈마 처리 전후의 인쇄실험을 수행하여 그 적용가능성을 확인하도록 하였다.

## 실 험

### 1. 대기압 플라즈마 처리장치 및 재료

대기압 플라즈마에 사용된 처리장치는 그림 1과 같다. 장치는 프레임, 플라즈마 발행장치, 시료 이송장치, gas 공급장치, 제어장치 등으로 구성되어 있다. 처리대상품은 시중에 판매되고 있는 인쇄용재료인 PET(Polyethylene terephthalate), PP(Polypropylene), PC(Polycarbonate)를 대상으로 하였다.

### 2. 플라즈마 표면처리

필름에 대한 플라즈마 표면처리는 플라즈마 스캐닝속도를 일정하게 하고(10mm/s), 처리 횟수, 출력, 산소의 첨가비 등을 달리한 (실험 1)과 스캐닝속도, 처리횟수, 출력 등을 달리한 (실험2)를 각각 행하였고, 그 결과 샘플에 대한 접촉각을 구하였다.

〈표1〉 PET film의 처리 결과(실험 1)  
(Scanning Speed: 10mm/s)

Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	1	1.5	0.1	35.49
PET #2	1	2.0	0.5	29.26
PET #3	1	2.5	1.0	30.57
PET #4	2	1.5	0.5	38.74
PET #5	2	2.0	1.0	25.44
PET #6	2	2.5	0.1	21.57
PET #7	3	1.5	1.0	36.47
PET #8	3	2.0	0.1	29.51
PET #9	3	2.5	0.5	26.50

〈표2〉 PET film의 처리 결과(실험 2)  
(Gas: He(10l/min)+O<sub>2</sub>(10scm)+Ar(500scm))

Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	10	1.5	1	32.09
PET #2	10	2.0	2	30.59
PET #3	10	2.5	3	26.92
PET #4	20	1.5	2	38.32
PET #5	20	2.0	3	31.25
PET #6	20	2.5	1	29.35
PET #7	30	1.5	3	33.48
PET #8	30	2.0	1	32.32
PET #9	30	2.5	2	31.84

## 결 과 및 고 찰

### 1. PET필름의 표면처리

PET필름에 대하여 플라즈마 표면 처리한 후

접촉각을 측정된 결과를 표1에 나타내었다. 그리고 접촉각 사진을 그림2에 나타내었다. 표1에서 플라즈마 처리한 것은 처리전보다 접촉각이 매우 양호한 결과를 나타내었다.

표2는 공급되는 가스의 조건을 일정하게 하여 측정된 결과로서 앞의 표1과 비슷한 접촉각이 측정되었다.

그리고 처리후의 시간이 지남에 따라 접촉각이 커지는 에이징 상태가 나타났다.

에이징효과를 보기 위하여 플라즈마처리 후 처리직후부터 시작하여 1~24시간후의 접촉각을 관찰한 결과 접촉각은 26.9부터 시작하여 시간이 지남에 따라 접촉각이 점점 커져 40.1이 되었다.

### 2. PC필름의 표면처리

PC필름에 대하여 플라즈마 표면 처리한 후 접촉각을 측정된 결과 표3과 4에 나타내었다.

〈표3〉 PC film의 처리 결과(실험 1)  
(Scanning Speed: 10mm/s)

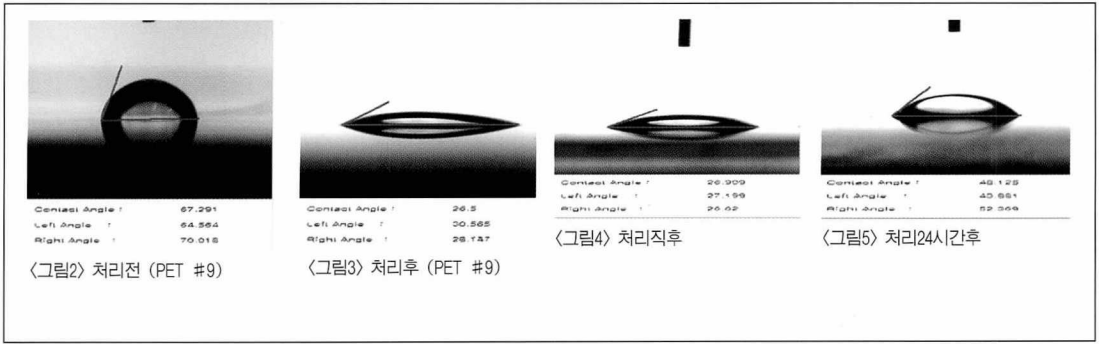
Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	1	1.5	0.1	35.49
PET #2	1	2.0	0.5	20.26
PET #3	1	2.5	1.0	30.57
PET #4	2	1.5	0.5	38.74
PET #5	2	2.0	1.0	25.44
PET #6	2	2.5	0.1	21.57
PET #7	3	1.5	1.0	36.47
PET #8	3	2.0	0.1	29.51
PET #9	3	2.5	0.5	24.50

〈표4〉 PC film의 처리 결과(실험 2)  
(Gas: He(10l/min)+O<sub>2</sub>(10scm)+Ar(500scm))

Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	10	1.5	1	28.49
PET #2	10	2.0	2	26.90
PET #3	10	2.5	3	27.82
PET #4	20	1.5	2	26.31
PET #5	20	2.0	3	26.41
PET #6	20	2.5	1	26.23
PET #7	30	1.5	3	31.00
PET #8	30	2.0	1	29.20
PET #9	30	2.5	2	24.90

### 3. PP필름의 표면처리

PP필름에 대하여 플라즈마 표면 처리한 후 접촉각을 측정된 결과를 표5와 6에 나타내었다.



<표5> PP film의 처리 결과(실험 1)  
(Scanning Speed; 10mm/s)

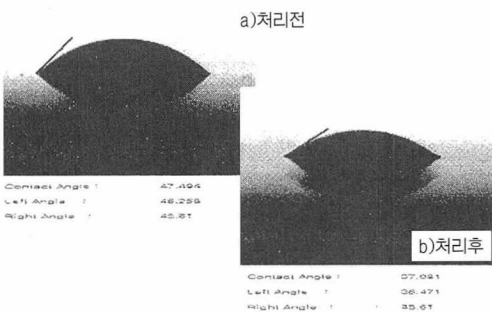
Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	1	1.5	0.1	43.63
PET #2	1	2.0	0.5	41.88
PET #3	1	2.5	1.0	46.25
PET #4	2	1.5	0.5	44.24
PET #5	2	2.0	1.0	44.32
PET #6	2	2.5	0.1	45.12
PET #7	3	1.5	1.0	47.09
PET #8	3	2.0	0.1	39.17
PET #9	3	2.5	0.5	45.12

<표6> PC film의 처리 결과(실험 2)  
(Gas: He(10l/min)+O<sub>2</sub>(10sccm)+Ar(500sccm))

Sample	Pass(회)	Power(kW)	O <sub>2</sub> 첨가비(%)	Contact angle
PET #1	10	1.5	1	39.47
PET #2	10	2.0	2	30.74
PET #3	10	2.5	3	27.20
PET #4	20	1.5	2	43.51
PET #5	20	2.0	3	39.12
PET #6	20	2.5	1	37.43
PET #7	30	1.5	3	37.97
PET #8	30	2.0	1	44.04
PET #9	30	2.5	2	36.29

4. 인쇄용 잉크에 대한 접촉각

인쇄용 잉크에 대한 접촉각을 측정하기 위하여 사용한 표준잉크제조는 표7과 같이 하여 인쇄의 성질에 따라 조성비를 가감하여 측정된 결과는 그림6과 같다.



<그림6> 인쇄용 잉크에 대한 PP필름의 접촉각

<표7> PPfilm의 처리결과(실험2)

	Pigment	Epoxy type UV curing prepolymer	DPHA UV curing monomer	Photoinitiator (HSP 188)	Defoamer	Dispersing additive	Levelling additive	aerosil
Wt(%)	15	45	30	5	1	1	1	2

5. 플라즈마 처리에 의한 표면상태

1) Taping Test(OPP Tape)

<표8> 용제 type ink

용제type	Test전 중량(g)	Test후 중량(g)	결과
PET 미처리	0.3460	0.3460	중량변화 없음
PET 처리	0.4287	0.4287	
PC 미처리	0.2930	0.2930	기계적 오차이므로
PC 처리	0.1899	0.1893	오차는 무시해도 상관없음
PPb 미처리	0.8144	0.8144	중량변화 없음
PP 처리		0.8660	0.8658

<표9> 수성 type ink

수성 type	Test 전 중량(g)	Test 후 중량(g)	결과
PET 미처리	0.5150	0.5145	기계적 오차이므로
PET 처리	0.4260	0.4258	오차는 무시해도 상관없음
PC 미처리	0.3700	0.3697	기계적 오차이므로
PC 처리	0.4000	0.4000	오차는 무시해도 상관없음
PP 미처리	0.9436	0.9436	중량변화 없음
PP처리	1.1360	1.1360	

<표10> UV type ink

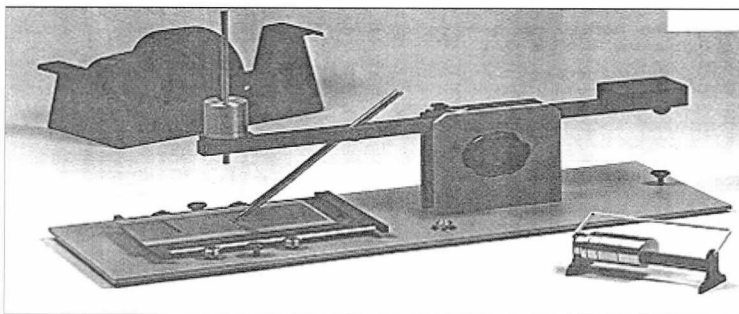
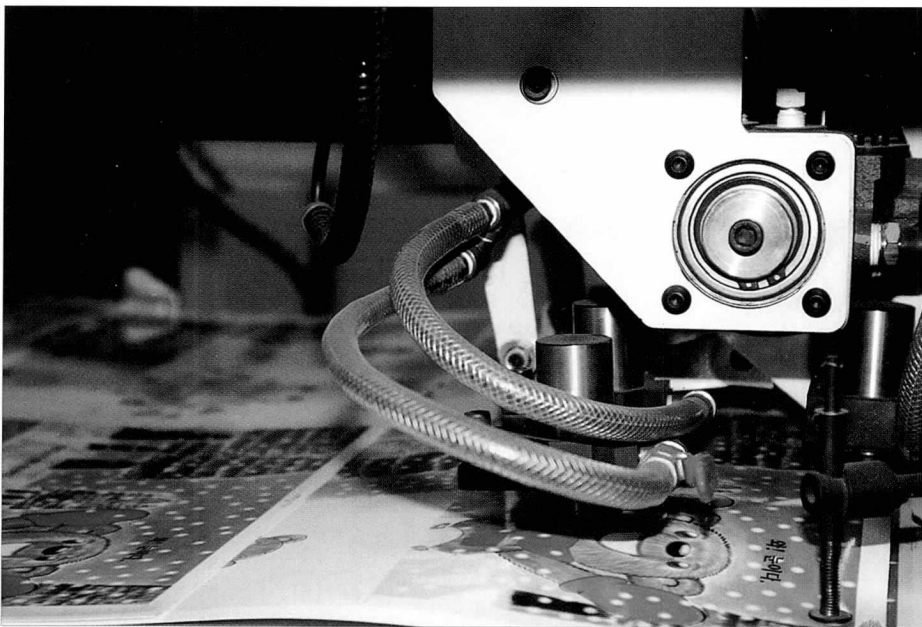
UV type	Test 전 중량(g)	Test 후 중량(g)	잔류량
PET 미처리	0.5478	0.5373	98.1%
PET 처리	0.3919	0.3855	98.3 %
PC 미처리	0.3662	0.3589	98.0 %
PC 처리	0.2576	0.2524	98.0 %
PP 미처리	0.9278	0.9208	99.2 %
PP 처리	0.7675	0.7643	99.6 %

2) 내스크래치 test 결과Balanced Beam Scrape Adhesion and Mar Tester를 가지고 각 시료에 대하여 인쇄후의 내스크래치 테스트를 한 결과는 표 11과 같다.

UV타입의 결과는 표면 상태의 불량에 의한 DATA화하기 어려웠기 때문에 제외시켰으며,

〈표11〉 내스크래치 TEST 결과

Film	용제 type						수성type					
	PET 미처리	PET처리	PC미처리	PC처리	PP미처리	PP처리	PET 미처리	PET처리	PC미처리	PC처리	PP미처리	PP처리
1000g	240	225	228	204	285	283	297	259	204	234	248	220
500g	228	224	181	170	208	210	212	222	186	169	167	210
200g	157	151	125	120	131	88	135	149	147	145	135	139
100g	102	88	110		72	64	125	124	84	124	118	72
50g	88	55	98					82	74	68		
20g	66											



〈그림7〉Balanced Beam Scrape Adhesion and Mar Tester

용제타입과 수성타입의 비교결과는 막두께에 따른 영향이 크므로 점도가 높은 용제타입의 경우는 표면상태에 의존하는 경향이 크고 수성타입의 경우는 막두께가 얇기 때문에 베이스와의 접착력의 경향이 크다고 할 수 있다. 그 수성타입의 결과만을 비교했을 경우에는 플라즈마 처리한 필름의 접착력이 강하게 작용하여 접착각이 낮아져서 베이스인 필름과 수성잉크의 접착력이 증가되어 내스크래치성이 향상됨을 알 수 있다.

PP미처리 필름의 경우에는 표면이 박리됨을 알 수 있으며, PP플라즈마 처리 필름의 경우에는 일부의 표면이 박리됨을 보이고 있다. 그러나 PP미처리와 비교하면 접착력이 상당히 향상되었음을 알 수 있었다.

스크래치의 결과로서는 PP의 경우가 큰 것을 알 수 있다. PP미처리의 경우는 표면이 완전히 박리되었지만, PP플라즈마 처리한 필름의 경우에는 다소 스크래치에 대한 저항력이 큼을 알 수 있다.

## 결론

폴리머 재료(PET, PC, PP)에 대하여 인소의 물질기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 대기압 플라즈마 처리를 시료에 대하여 접착각을 측정하고 결과와 Taping Test 및 내스크래치 테스트를 수행한 결과는 다음과 같다.

1) 전체적으로 실험한 사료에 대하여 대기압 플라즈마 처리를 한 것이 처리하지 않은 것에 비하여 인쇄기능이 향상된 것으로 평가할 수 있었다.

2) 폴리머(PET, PC, PP)에 대하여 인쇄기능을 향상시킬 수 있는 대기압플라즈마 전처리 기술개발을 완성할 수 있었다.

3) 대기압 플라즈마 인쇄기능 향상기술개발로 인쇄품질 향상 및 기업의 장치보급에 의한 매출신장을 기대할 수 있다.