

고분자물질의 응용에 : 합성지 (合成紙)

김 정 엽*

머 리 말

합성고분자물질 혹은 합성수지는 저분자물질을 인공으로 중합하여 만들어 졌으며 분자량이라든가 분자의 구조에 대한 정의가 저분자물질과는 상당히 다르다. 즉 고분자물질의 분자량은 평균분자량으로 나타내고 분자량의 크기뿐만 아니라 분자량분포와 분자의 linearity에 따라서 그 성질이 많이 달라진다. 그 뿐만 아니라 분자의 입체규칙성, 결정성, 및 배향성도 그 성질에 큰 영향을 주게 된다. 고분자물질의 성질에 가장 큰 영향을 주는 것은 무엇보다도 중합하기 이전의 물질 즉 단량체를 구성하는 원소의 종류와 단량체의 분자구조라 할 수 있다.

이와같이 고분자물질의 성질에 영향을 줄 수 있는 인자는 대단히 많으며 따라서 이 물질로부터 얻은 제품은 그 종류가 다양각색이다. 즉 합성섬유와 합성고무는 그 종류도 많을 뿐만 아니라 천연물질에 비해서 그 성능이나 경제성에 있어서 조금도 손색이 없으며 때로는 천연물질을 능가 할 때도 있다. 일반용 합성수지는 값이 싸고 가공성이 좋으며 그 제품은 가볍고 색깔이 아름답기 때문에 요업 혹은 금속재료로 얻은 일용품들을 대체하여 우리 주위에서 많이 사용되고 있다.

고분자물질의 큰 단점인 열에 대한 성질도 그동안 단량체의 종류와 중합체의 구조를 새로이 고안 해 내므로써 많이 향상되었으며 engineering plastics는 강도 및 열적성질의 우수성 때문에 앞날이 크게 기대되고 있다.

고분자물질이기 때문에 가지는 높은 응집력과 선상형(線狀形)분자가 외부의 힘에 의하여 배향한다는 성질을 이용하면 고분자물질은 쉽게 섬

유 및 film으로 만들 수 있으며 따라서 천연 pulp 紙의 유사품 혹은 대체품으로서 이용가치가 추리될 수 있다.

고분자물질로 합성지를 만들겠다는 동기는 무엇보다도 천연pulp지의 수요가 표 1¹⁾에서 보는 것 같이 엄청나다는 것이다. 특히 일본은 임산자원은 보잘것 없지만 종이의 소비량이 대단하여 어느나라보다도 합성지의 개발을 서둘렀고 많은 진전을 해 왔다.

우리나라에서는 화학pulp의 생산은 현재까지 거의 없고 세목pulp, 반화학pulp, 땃집pulp 및 古紙pulp가 약간 생산되며 화학pulp는 표 2에서와 같이 전체 화학pulp 수요량의 3.5%밖에 되지 않는다²⁾. 1974년도 우리나라의 pulp 수입액은 표 3에서 보는것 같이 1억 1천여만弗이었다³⁾. 그러나 우리나라의 임산자원이란 전혀 만족하지 못할 형편이며 앞으로 여러 해 동안은 산림녹화를 위해서도 산에있는 나무를 베지말아야 할 것이다. 그 이유 외에도 목재로부터 lignin을 제거하여 pulp를 만드는 공정은 엄청난 공해문제를 수반하기 때문에 어떤 의미로는 화학 pulp 공장을 국내에 세우지 않는 것이 먼 장래에 국가에 더 이익을 가져다 줄지도 모르겠다.

비록 합성지가 현재는 비싼 값 때문에 세계적으로 그 수요가 얼마 되지 않지만 기술의 향상과 규모의 대형화에 의해서 그 가격을 낮출 수 있을 기회가 올 것이라 믿으면서 합성지 제조및 그 성질에 관해 소개를 해 볼까 한다.

합성지의 제조방법

합성고분자물질로부터 합성지를 만드는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 그 한 가지는 값이 대체로 싼 고분자물질을 압출연신하여 film

*인하대학교 고분자공학과

표 1. 世界の「펄프」및 紙類生産推移

(單位: 千%)

	1 9 5 6		1 9 6 0		1 9 7 0		1 9 7 3		1 9 7 1	
	pulp	紙 類	pulp	紙 類	pulp	紙 類	pulp	紙 類	pulp	紙 類
北 美 洲	29,641	36,226	32,964	38,917	54,912	58,914	61,521	86,557	62,947	68,508
유 럽	16,703	19,621	20,965	25,634	34,853	45,159	38,922	52,519	39,916	54,370
아 시 아	3,248	4,962	5,156	7,860	14,268	20,621	15,203	27,139	15,552	27,404
南 美 洲	500	1,192	821	1,656	2,224	3,712	2,645	4,741	2,953	5,062
아 프 리 카	99	178	124	288	900	892	1,163	1,220	1,237	1,321
世界總計	50,191	62,179	60,030	74,355	107,157	129,288	119,454	154,176	122,605	156,665

표 2. 國內 펄프의 需要量

單位: %

		1972	1973	1974	1975	1976
碎木 펄프	國內生産量	83,349	82,110	112,069	102,026	94,793
	輸 入 量	79,143	76,801	96,161	87,108	89,696
		4,206	6,309	19,908	4,917	5,097
化學 펄프	國內生産量	226,154	299,930	261,384	192,897	285,763
	輸 入 量	5,141	4,750	6,413	6,693	13,323
		221,013	295,180	256,771	186,204	272,740

표 3. 年度別 펄프輸入推移

	輸 入 量 (%)	增 減 率 (%)	所 要 額 (千달러)
1967	104,220	7.9	15,612
1968	149,473	43.4	24,762
1969	172,791	15.6	24,474
1970	170,088	△1.6	31,242
1971	209,398	23.2	35,108
1972	225,219	5.8	37,000
1973	301,489	33.8	64,836
1974	276,679	△8.2	111,096
1975	201,121	△27.3	74,831

1. 합성 film

고분자물질을 구성하는 분자가 긴 鎖狀이면 분자간의 엉킴(entanglement)이 현저하고, cohesive energy density가 저분자물질에 비해 훨씬크므로 고분자물질을 film과 같이 연신을 하면 분자배열에 의한 높은 강도를 얻을 수 있다. 이와 같이 얻어진 film을 여러가지 방법으로 처리하여 종이가 가지는 특성을 내게한다. 합성 film지 제조에 사용되는 합성수지의 종류와 성질은 표 4와 같다

(1) film 의 제조방법

(a) 二軸延伸

film 제조의 한 방법으로서 0.1~2mm의 sheet를 軟化 온도(softening temperature)까지 가열하여 여러 개의 roll 사이로 film을 통과하게 한다. 이 때 최후의 roll은 최초의 roll 보다 회전속도를 빠르게 하고 그 중간에 있는 roll들은 자유

을 만드는 방법이고 또 다른 방법은 합성섬유로부터 종이를 만드는 것이다. 어느 경우에도 몇가지 기본적인 종이의 성질을 반드시 갖추어야 한다. 즉 천연pulp 지와 같이 불투명하고 표면이 매끄럽고 반반하며 또한 뻣뻣한 감이 나야하고 도장(coating), 적층(lamination) 및 embossing이 가능해야 한다.

표 4. 합성수지 film의 일반적 성질

제 목	film	단 위	PE	PP		PVC		HIPS		poly- ether	polycarbonate
			(NO)	(NO)	(BO)	(NO)	(BO)				
평 균 두께		μ	80	100	49	70	25	77	80.5	75	83
인 장 강 도	(MD)	kg/cm	2.35	2.18	6.45	3.48	2.94	3.73	2.58	11.44	5.39
	(CD)		2.55	2.06	9.32	2.70	3.06	4.79	1.88	14.24	5.55
보 정 값	(MD)	kg/cm ²	301	206	1320	498	306	483	344	1520	659
	(CD)		331	204	1960	386	946	640	250	1880	663
1 % modulus	(MD)	kg/cm	0.85	0.63	0.78	1.31	0.86	1.41	1.43	2.50	1.37
	(CD)		0.94	0.56	1.31	1.26	0.87	1.42	1.33	2.82	1.43
보 정 값	(MD)	kg/cm ²	109	59	157	187	263	183	192	332	165
	(CD)		122	55.8	273	180	271	190	177	373	171
연 신 율	(MD)	%	500	600以上	94.4	146.8	81.1	26.1	75.6	105.6	123.1
	(CD)		95	600	36.9	124.6	81.9	76.6	77.6	110.5	125.4
인 열 강 도 (1)	(MD)	g	71.4	129.2	19.1	63.8	17.2	44.4	17.4	81.2	65.1
	(CD)		484.0	200.8	15.4	90.3	20.0	20.7	23.0	82.4	65.8
crack stiffness	(MD)	cm ³ /100	14.3	15.1	9.4	10.6	4.4	22.0	21.6	30.3	35.5
	(CD)		19.3	15.5	14.1	10.3	4.4	17.7	18.9	35.4	40.3
인 열 강 도 (2)	(MD)	kg	17.7	1.51	1.08	1.14	0.59	—	—	2.68	1.43
	(CD)		1.24	1.38	0.97	1.03	0.48	—	—	2.21	1.48
보 정 값	(MD)	kg/cm	220	151	211	115	167	—	—	330	173
	(CD)		155	138	178	111	143	—	—	269	178
MIT 내 취 력	(MD)	[H]	2000<	"	"	829	—	—	2000<	2000<	2000<
	(CD)		"	"	"	587	—	—	603	"	"

NO : unstretched
 BO : Biaxially oriented
 MD : machine direction
 CD : cross direction
 인열강도(1) : Elemendorf
 인열강도(2) : sharp

로이 들게 한다. 이와 같이 하여 기계방향으로 연신이 된 film을 너비방향으로 다시 연신한 후 분자배열을 고정하기 위해서 열처리하면 강도가 높은 훌륭한 film을 얻을 수 있다.

(b) Inflation 법

Inflation molding에 의하여 얻어진 tublar film을 다시 가열함과 동시에 원통축의 압력을 높히면서 film을 잡아당기면 二軸延伸이 가능하다. 그러나 이 방법에 의하여 연신된 film은 그 두께

가 일정치 않다든지 혹은 줄무늬가 생길 때가 있으며 공정속도가 매우 느린 단점이 있다. 그 단점을 없애기 위해서 tublar film속에 압축공기를 넣는 대신 고압증기를 넣으므로써 공정속도가 빠르고 균일한 film을 얻을 수가 있다.

이와 같이 얻어진 film은 사용된 합성수지의 종류 및 처리방법에 따라 물리적성질이 크게 달라지며 실제로 film 제조에 사용되고 있는 조건은 표 5⁴⁾와 같다.

표 5. 2 축연신의 조건

film	2 축 연 신 법		inflation 법	
	연 신 배 율	연신온도(°C)	연 신 배 율	연신온도(°C)
PE	2-4	100-130	2-4	100-130
polyester	2-2.5	80-130	2-2.5	80-130
PP	3-5	130-170	3-5	130-170
PVC	1.5-3	80-120	1.5-3	80-120
PVDC	3-5	—	3-5	20-50
radiated PE	3-5	—	3-5	100-150

(2) 합성수지 film으로 부터 합성지제조 방법

(a) 충전제가 든 film지

무기 및 유기충전제를 합성수지와 혼합하여 압출 및 casting과 같은 성형법으로 film을 만든다. 필요에 따라서는 그 film을 연신 및 발포(foam)를 시키기도 하고 가교처리(crosslinking)도 할 때가 있다.

충전제를 넣는 이유는 인쇄성을 높이기 위한 것이기 때문에 표면에 많은 충전제가 균일하게 분산되어 있으면 이상적이다. 그러나 충전제의 양이 너무 많으면 종이의 비중이 증가하고 강도가 떨어지며 film의 두께 조절이 어려워진다. 충전제의 양과 film내에서의 균일성은 film지의 질 및 생산속도와 밀접한 관계를 갖는다.

이 방법에 의하여 실제로 생산되는 예는 TiO_2 를 PE, PP 및 PVC와 혼합하여 film지를 얻는 것으로 이 때 TiO_2 는 안료로서 합성수지 film의 불투명성을 증가시키며 인쇄성도 개량하여 천연 섬유지와 같은 성질을 나타내게 한다.

(b) 안료를 표면에 입히는 방법

합성수지 film의 표면에 백색안료를 입힘으로써 불투명성 및 인쇄성을 부여하고 대전방지성도 크게 할 수 있다. PS film으로 만들어진 합성지는 대체로 그 두께가 25~230micron이며 안료의 양은 15~35g/m²/side이다.

(c) 약품처리에 의한 방법

합성수지필름을 약품처리하여 미세한 氣泡를 표면에 만드는 방법이다. 이와 같은 기포는 빛을 잘 반사하여 백색도를 올릴 뿐만 아니라 인쇄성도 증가시킨다. 여러가지 합성수지 film의 약품처리에 사용되는 물질은 표 6과 같다.

기포의 크기와 film 표면에서의 밀도가 합성지의 성질에 큰 영향을 주고 있다. 즉 기포의 밀도는 백색도, 불투명도 및 합성지의 비중과 밀접한 관계를 가지며 기포 자체의 크기는 위의 성질 뿐만 아니라 광택도, 평활도 및 인쇄성에도 영향을 주게 된다. 이 방법에 의하여 만들어진 합성지는 간단한 열처리로 표면의 기포를 쉽게

표 6. film약 품처리에 사용하는 유기약품

film 재료	유 기 약 품
PS	toluene, MEK, benzyl alcohol
PE	toluene
PVC	toluene, MEK, benzyl alcohol

없앨 수 있으므로 불투명합성지를 반투명 및 투명하게 만들 수 있는 특징이 있다.

(d) 발포(foam)에 의한 방법

합성수지에 발포제를 가한 후 압출연신하면 film의 내부에 수 많은 기포를 발생케 할 수 있으며 빛산란 때문에 film이 불투명하게 된다.

(3) 표면처리

TiO_2 같은 극성이 큰 물질이 합성지표면에 노출되어 있으면 합성지의 표면energy가 높아지고 따라서 인쇄성이 좋아진다. 그러나 이와같은 안료를 고분자물질에 섞어서 film을 만들 경우 표면으로의 안료의 노출은 대단치 않으며 film의 표면energy는 고분자물질의 표면energy와 거의 차이가 없을 것이다.

합성고분자물질은 천연고분자물질이나 오염제료에 비해 표면energy가 상당히 낮고 합성지의 film용으로 사용되는 고분자물질은 대부분의 인쇄잉크보다도 낮은 표면energy를 가지고 있으므로 Young-Dupré 원리⁵⁾에 의하면 인쇄잉크가 이러한 film위에는 접착이 잘 되지 않는다. 고분자물질의 표면energy를 증가시키는 방법은 표 7에서 보는 것같이 여러가지가 있다.

공업적으로 사용되는 방법은 주로 火焰法과 corona放電法이다. 火焰法은 기체연료의 火焰

표 7. 고분자물질(polyolefin) film의 표면energy를 증가시키는 방법

화 열 법	차외선법
방 전 법	용제법
가 열 법	산화제법
방 사 선 법	표면 graft법
	primer coating법

을 냉각통 위를 지나가는 film 표면에 접촉시키므로써 표면분자의 부분적인 산화를 일으키게 한다. 이 때 film 표면에는 $-C=O$, $-O-H$, $-COOH$, $-COOR$, $-C-O-C$ 와 같은 극성기가 발생되고 따라서 표면 energy가 증가하게 된다.

Corona放電法은 높은 전압이 걸려있는 電極을 誘電物質로 차단하면 불완전한 電氣放電이 두 전극사이에 발생하고 그 방전 속에는 陽이온, 오존, 電子 및 excited molecules들이 존재한다. 따라서 고분자물질이 그 방전 속에 방치되면 그 표면이 쉽게 산화되고 그 결과 표면energy가 증가된다고 믿어 왔다⁶⁾. 그러나 산소나 공기가 아닌 질소중에서 corona放電을 일으켜 고분자물질을 처리하면 화학적반응의 흔적이 전혀 생기지 않는 데도 불구하고 표면energy가 증가한다⁷⁾. 電子가 결정성고분자물질 속에 沈積된 상태를 electret⁷⁾이라 표현하고 電氣的 平衡이 깨어짐으로 해서 極性이 그 電子 주위에 생기며 결과적으로 表面energy를 증가시키게 된다. Corona放電처리는 매우 간단하며 그 효과도 뛰여 남으로 비극성 고분자물질의 표면을 활성화 하는데는 이상적인 방법이다.

2. 합성 pulp지

합성지 pulp는 목재pulp 대신에 합성섬유를 사용하여 만들어진 종이를 말한다. 재생섬유 및 화학섬유가 발견된 이후 그 특성을 이용하여 목재pulp에 소량 첨가하여 강도 및 성질을 향상시켜 온지는 오래 되었다. 그러나 위의 섬유 뿐만 아니라 합성섬유도 그 값이 목재 pulp에 비해 비싸며 종이를 뜨는데도 여러가지 기술적 난점이 많기 때문에 그 용도는 한정되어 있다.

(1) pulp의 생산

합성섬유의 제법과 마찬가지로 고분자물질을 열이나 용제로써 액상으로 만든 후 압출연신하여 섬유를 만들고 이것을 rotary cutter로 평균 길이 1~5 mm로 자른다. 최근에는 합성수지를 연신하여 film을 만든 후 splitting 방법에 의하여 합성 pulp를 만들기도 하고 합성수지에 용제를

혼합하여 orifice를 통하여 분산시킴으로써 fibril형의 pulp를 얻기도 한다.

(2) 섬유의 분산

합성pulp는 대체로 목재 pulp에 비해 그 표면이 疎水性이며 beating의 효과 즉 fibril과 같은 물질을 만들기 어렵다. 일반적으로 섬유의 표면이 소수성이면 침강속도가 커지고 섬유의 길이가 커지면 서로 엉키는 경향이 있으므로 종이를 뜨면 표면이 고르지 않게 된다. 이와 같은 현상을 방지하기 위하여 적당한 풀을 사용하게 된다. 예를 들면 0.5cm길이의 자른 nylon 섬유분산액에 polyacrylic acid의 Na 염을 첨가하면 섬유의 침강속도가 낮아지고 또한 그 염이 nylon 섬유를 도포하게 되어 섬유가 엉키는 것을 막아준다. 섬유에 親水基가 있으면 분산제로는 친수기가 있는 고분자물질로 된 풀을 사용하지만 그 합성 pulp가 PE와 같은 疎水性이면 소수기가 많은 분산제가 이용되고 있다.

균일한 종이의 두께를 만들려면 抄網의 속도, shaking, 섬유의 엉킴 및 물빠짐의 균일등 여러가지 조건을 생각하여야 한다.

(3) pulp간의 접착

목재pulp를 beating하면 많은 fibril이 생기고 pulp간의 접착이 많으며 pulp에 있는 $-OH$ 기에 의한 수소결합 때문에 pulp간의 접착력도 커진다. 그러나 합성 pulp는 beating의 효과가 나지 않기 때문에 pulp간의 인력이 작고 그 결과 강한 종이를 만들 수 없다. pulp간의 접착력을 증가시키는 방법은 표 8에서와 같이 여러가지가 있다.

합성지의 성질

천연pulp지는 그 용도에 따라 성질이 서로 전혀 다른 것을 알 수 있다. 즉 화장지는 얇고 감촉이 부드러우며 수분을 쉽게 빨아 들이지만 kraft 포장지는 두껍고 뻣뻣하며 질기고 수분도 잘 빨아드리지 않는다. Tracing paper는 투명하지만 인쇄용 종이는 불투명 할수록 좋다고 한다.

표 8. 합성 pulp간의 접착력을 증가시키는 방법⁴⁾

합성 pulp	접착 및 팽윤제	접착 원리
poly(vinyl chloride-co-acrylonitrile), poly(vinyl chloride-co-vinylacetate), PE	가열압착 접착	종이를 뜯 후 일정한 간격 (약 1 인치)으로 높은 압력과 용융온도에서 선압을 가한다.
poly(vinyl chloride-co-acrylonitrile)	유기용제 (propylene carbonate)	물과 혼합할 수 있는 용제를 사용하여 종이를 뜯 후 물을 증발시키면 섬유가 팽윤되고 따라서 calender에 의하여 높은 강도가 생긴다.
nylon, polyacrylate	무기염수용액 (CaBr, LiBr, Ca(CNS) ₂ , Mg(CNS) ₂)	높은 농도에서 섬유가 팽윤함으로 물을 증발시킨 후 calendering 한다.
polyester	무기염수용액 Ca(CNS) ₂ , Mg(CNS) ₂	지층을 가열 압착하면 물이 증발한 섬유 교차점에 무기염이 농축되고 따라서 섬유가 용해되어 섬유간의 접착이 이루어진다.
nylon	강산 및 강염기	방법은 위와 같다.
nylon	합성수지 합성고무 emulsion (methylated nylon, 합성고무, polyacrylic acid ester)	초지할 때나 초지후의 2차가공 때 섬유간의 접착을 향상 시키며 가장 많이 사용되는 방법이다.
nylon	합성수지 합성고무용액	methylated nylon의 methanol 용액으로 섬유간을 접착시킨다.
nylon, polyacrylate, polyester	수화(水化)된 fibril	beating이 잘된 마섬유를 5~15% 합성섬유와 혼합하여 초지를 한다. 이 때 합성수지 emulsion을 같이 사용하기도한다.
polyacrylate	fibril화한 합성섬유	polyacrylate 섬유를 fibril화하여 섬유 간의 접착을 시키므로써 다른 물질이 전연 들어가지 않은 종이 된다.
vinylon, nylon	PVA 용액 또는 팽윤물질	뜨거운 물에 용해 또는 팽윤된 섬유상 binder로 섬유간의 접착을 가져오게 한다

그러나 종이라 하면 대체로 그 성질을 막연하지만 다음과 같이 표현하고 있다. 즉 쉽게 찢어지고 불에타며 물에 적셔지고 햇빛을 받으면 퇴색을 하고 폴로 부칠 수 있으며 공기가 통할뿐만 아니라 연필로 그 위에 글을 쓸 수 있으며 접을 수 있고 가위로 자를 수 있으며 잡아 당겨도 크게 늘어나지 않는다. 이 성질을 구체적으로 표현하면 기계적 성질, 내열성, 내후성, 내수성 및 인쇄성으로 나눌 수 있다.

합성지의 성질을 천연pulp지의 성질과 비교하므로써 그 특성을 쉽게 나타낼 수가 있다.

(1) 기계적 성질

천연pulp지에 art지 및 상질지가 있으며 서로의 기계적 성질이 다른 것과 마찬가지로 합성지에 있어서도 film의 원료 및 그 처리방법에 따라 기계적 성질이 또한 달라진다. 표 9⁸⁾는 합성지를 만드는 film과 대표적인 천연pulp지와 기계적 성질을 비교한 표이다.

합성지 film을 PS로부터 만들었다면 합성지의 인장강도는 천연섬유로 된 상질지 보다는 강하고 art지 보다는 약하다. 만약 PS로 된 합

표 9. polymer film과 천연종이의 기계적 성질

종이 또는 film	평량 g/m ²	두께 μ	비중	인장강도 kg/mm ²		裂斷長 km		인장강도 kg/mm ²		신장률 %		인열강도 g·cm		비인열도	
				MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD*
kraft 지	55	79	0.70	3.46	1.69	6.29	3.07	4.38	2.14	16	24	86	98	156	178
신문지	54	90	0.60	1.85	0.85	3.43	1.57	3.81	1.74	4	4	20	16	37	30
인쇄용지 A	81.4	95	0.86	4.87	2.68	5.98	3.29	6.29	3.46	4	8	56	58	69	71
인쇄용지 B	88	124	0.71	2.75	4.52	3.13	5.14	2.52	3.64	6	4	71	69	81	78
양면 art지 (특)	88	70	1.26	3.67	2.79	4.17	3.17	5.24	3.99	4	6	36	35	41	40
2축연신 PE film (I)	37	37	1.00	2.85	2.57	7.71	6.94	7.50	7.14	4	4	10	12	27	32
2축연신 PP film	23.4	26	0.90	3.01	4.81	12.91	20.56	11.58	18.50	53	29	9	11	38	47
무연신 PP film	22.5	25	0.90	1.45	1.02	6.44	4.53	5.80	4.08	616	800	44	912	1954	0.53
2축연신 PVC film	28	20	1.40	1.71	1.54	6.11	5.50	8.52	7.70	8	8	10	29	36	104
2축연신 PE film (II)	14.2	15	0.95	1.16	1.46	8.17	10.28	7.73	9.73	72	72	3	3	27	21

* MD : 기계방향

CD : 너비방향

성지에 안료를 입히면 그 인장강도는 5.7kg/mm²이므로 art지의 강도에 거의 육박하게 된다⁴⁾.

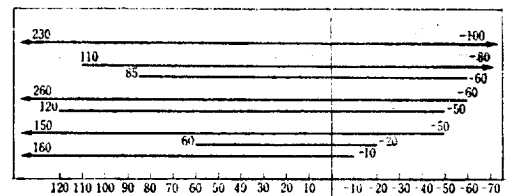
2축연신법에 의하여 만들어진 합성지 film은 반드시 방향성을 가지기 때문에 인열강도는 천연 pulp지에 비해 대체로 낮지만 안료를 입힌 film은 상질지 보다는 높다. 또한 PS보다 강도가 큰 PVC 등으로 film을 만든다면 인열강도가 훨씬 향상 될 것이다.

천연 pulp지는 공기중의 수분의 영향을 많이 받으며 물속에서 꺼냈을 때는 그 강도가 거의 없어지지만 합성지의 강도는 변하지 않는다는 것이 합성지의 큰 장점중의 하나이며 그 때문에 특수한 용도에 사용되고 있다.

(2) 내열성

합성수지의 대부분이 열에 대해서는 특별한 성질을 나타내고 있다. 그 중에서도 가장 큰 역할을 하는 것이 용점이다. 합성수지의 용점이 금속, 요업 재료, 심지어는 천연섬유에 비해 엄청나게 낮기 때문에 합성지를 가열한다는 것은 바람직하지 못하다. 그러나 용점이 천연pulp에 비해 낮지만 비연소성은 그것에 비해 훨씬 우수하며 또한 아주 낮은 온도에서도 그 물성이 크게 변하지 않는다. 몇가지 합성지film의 사용온도 범위를 그림 1⁴⁾에 나타내었다. 또한 용점이 낮으

므로써 가지는 특성은 천연pulp 지에서는 볼 수 없는 열가공성이 있다는 것이다. 즉 진공성형, 압축성형, embossing 및 heat sealing이 가능하다.



사용온도(°C)

그림 1. 합성수지 film의 사용온도 한계

— : sample은 위로부터 각각 nylon, HDPE, LDPE, polyester, stretched PP, PVDC, PVC, 및 unstretched PP를 표시

(3) 내후성

천연pulp지는 목재의 delignification 공정에서 약간의 lignin이 항상 남아있기 때문에 햇빛에 쏘이면 쉽게 종이의 색깔이 누렇게 변한다. 합성지는 천연pulp지에 비하면 햇빛에 의한 노화가 훨씬 느리며 여러가지 첨가제를 넣으므로써 그 영향을 더욱 줄일 수 있다.

그러나 안료나 충전제를 합성수지와 섞어서 film을 만든다면 내후성은 그 수지 자체의 성질에 좌우되거나 film표면을 안료나 충전제로 입힐 때에는 표면막의 내후성이 중요하게 된다. 천연 film지에는 안료나 충전제가 pulp속에서 쉽게 뿌리를 박을 수 있지만 합성수지표면은 아주 단조롭기 때문에 물리적 상호결합은 거의 기대할 수 없으며 표면energy가 대체로 낮기 때문에 분자간의 2차결합에 의한 접착도 기대할 수가 없다. 따라서 안료에 binder를 섞어서 합성지표면에 도포시킬 때가 많으므로 binder의 내후성이 전체 합성지의 내후성을 좌우하게 된다.

(4) 인쇄성

종이의 백색도, 불투명도 및 광택도는 그 질을 평가하는데 중요한 역할을 한다. 백색도는 종이의 빛산란 정도를 뜻하며 천연pulp인 때는 표백제를 사용하여 백색도를 증가시키고 있다. 합성지는 천연pulp지에 비해 백색도가 대체로 높은 것으로 알려져 있다.

투명도는 백색도와는 서로 반대의 뜻을 가졌

으며 tracing paper와 같은 목적으로 사용되지 않을 때에는 그 값이 아주 작아야 한다. 합성지는 천연pulp지에 비해 불투명도가 낮기는 하지만 안료를 표면에 입히면 인쇄용 고급지 정도의 불투명도를 얻을 수 있다.

백색도 및 불투명도는 인쇄용 종이가 반드시 갖추어야 할 성질이지만 광택도에 따라서는 인쇄의 질을 높힐 수가 있다. 합성지는 안료를 표면에 입히면 천연pulp지보다 높은 광택도를 나타내게 된다. 광택도는 종이의 현미경적인 표면 상태에 따라 결정되며 표면이 고를수록 높기 때문에 합성film지는 쉽게 그 광택도를 높힐 수가 있다.

종이의 인쇄잉크 흡수건조성도 중요한 성질 중의 하나이다. 인쇄잉크의 건조원리는 흡수건조, 산화중합건조 및 증발흡수건조의 세 가지가 있지만 주로 흡수작용이 건조의 지배적 인자이며 합성지가 천연pulp지에 비해 건조시간이 반드시 길다고만 할 수 없다.

합성지와 천연 pulp지의 일반적인 성질은 표10⁸⁾과 같다.

표 10. 시판되는 합성지의 물리적 성질

Trademark	Manufacturer	Polymer	Basis Weight oz/yd ² Min-Max	Thickness mils Min-Max	Tensile Strength lbs/in Min-Max (MD/XD)	Elongation % Min-Max (MD/XD)	Tear gms Min-Max (MD/XD)	Opacity % Min-Max
"Celestra" CS-45	Crown-Zellerbach	Polystyrene	1.6-3.0	3.5-5.0	9.4-22.0	13-54	—	28-88
			2.2	5.0	13.5/18.1	20/88	—	70.5
"Celestra-Kote" CK-35	Crown-Zellerbach	Polystyrene	2.7-6.0	3.0-7.0	17.2-43.0	21.6-40.82	3.5-124	89-94
			2.7	3.0	16.9/17.5	37/41	30/27	88.5
"Acroart" 60 lb	Mead Corp.	High Den. Polyallomer	2.6-8.7	2.9-9.7	9.0-29.0	80-500	115-940	88-98
			2.6	2.9	9.6	600/400	90/140	88
"Plastic Kivar" Antique	Plastic Coating Corp.		4.4	6.3-7.0	26-37	910-980	250-350	95.5-96
			4.4	6.3	29/25	930/1030	200/500	95.5
"Tyvek" Style 1079	E. I. du Pont	Linear Poly- ethylene	1.3-2.7	5-9	25-56	22-33	365-640	88-95
			2.5	9.0	56/55	27/33	500/500	95

합성지의 개발현황

시판을 목표로 하여 개발 및 생산되고 있는

합성지는 표 11과 같다. 일본은 산림자원이 빈약할 뿐만 아니라 인구밀도 등을 생각하면 산림자원확보가 거의 불가능하므로 합성지에 대한 연

표 11. 합성지의 종류
(a) 합성 film지.

품 명	제 조 회 사	국 명	기초물질
Celestra	Crown-Zellerbach	USA	PS
Celestra Kote	"	"	"
Acroart	Mead Corp.	"	HDPE
Ucar	Union Carbide	"	"
Kivar	Plastic Coating Corp.	"	Modified PP.
Polyart	Bakelite-Xylonite, Ltd.	Britain	HDPE
Finoplas	C. K. Addison	"	"
H. M. Folien	Farbwerke Hoechst	Germany	HDPE
—	BASF	Germany	PS
—	Neste Oy	Finland	PVC
Upolar	UPO Oy	"	PS
Arathene	Union Chimique	Belgium	HDPE
—	Kruger	Canada	"
Phönix Art Plast	Papierfabrik Scheufelen	Germany	PS
Q-Per	Japan Synthetic Paper	Japan	PS
Q-Kote	"	"	"
Printel S	Sekisui kagaku	"	"
Printel V	"	"	PVC
Printel E	"	"	PE
Oyu	Oji-Yuka	"	foamed PP
Yupo FP	"	"	PP
Spiax	Sumitomo	"	High Impact PS
—	Chisso Co.	"	PP
Misui-CS	Misui	"	PE

(b) 합성 pulp지

품명	제 조 회 사	국 명	기초물질
Tyvek	E. I. du Pont	USA	Linear PE
Typer	"	"	PP
Reemay	"	"	polyester
Nomex	"	"	Nylon
Silbond	Faserproduktte GmbH	Germany	"
Sihl	Zurcher Papierfabrik and der Sihl	Switzerland	"
Pulpfiber	Hoechst Zellerbach	Germany	HDPE
"	Solvay et Cie	Italy	"
"	montedison SpA	"	"

구가 어느 나라보다도 빨리 시작되었다. 유럽의 여러 나라도 일본과 비슷한 환경으로서 합성지 개발에 많은 노력을 기울이고 있지만 천연 pulp 자원이 풍부한 북유럽이나 캐나다에서 까지도 합성지에 대한 연구가 고조되고 있는 것은 그 상품에 대한 가능성을 누구도 예측할 수 없기 때문이다.

상품화된 중요 합성지

(1) film 지

(a) Celestra, Celestra-Kote, Q-per 및 Q-Kote

이들 제품은 일본의 Japan Synthetic Paper Co.가 개발했으며 Q-per 및 Q-Kote는 일본에서 생산되고 미국의 Crown-Zellerbach가 같은 제품을 Celestra 및 Celestra-Kote로 이름을 부쳐 미국에서 판매하고 있다.

이 제품에 사용된 film은 2축연신한 high impact PS이며 불투명성을 높이고 정전기 발생방지를 위한 처리를 한 것이다. Celestra와 Q-per는 표면도막을 안했으며 불투명성을 나타내게 하는 정확한 처리방법은 알려지지 않았지만 표면에 작은 구멍을 발생시킨 것 같이 보인다. Q-Kote나 Celestra-Kote는 film의 양면에 많은 양의 안료를 film 표면에 칠하여 불투명성과 인쇄성을 아

표 12. Q-Per 및 Q-Kote의 물리적 성질

	단 위	Q-per		Q-Kote (양면처리)	art 지	상절지
		A	B			
평 량	g/m ²	80	80	115	107	81
두께	μ	90	87	103	95	94
백 색 도	%	93	95	87	82	80
불 투 명 도	%	71	80	90	97	90
평 활 도	mm Hg	370	60	70	210	680
백 색 광택	%	6	35	32	21	7
잉크 광택	%	7	46	57	35	9
인 장 강도	MD kg	5.0	5.0	5.7	6.2	4.3
	CD	5.6	5.5	7.0	4.3	3.8
신 장 륜	MD %	12	13	33	3.0	2.0
	CD	11	14	35	5.0	5.0
인 열 강도	MD g	16	16	45	39	42
	CD	15	17	36	37	41
과 열 강도	kg/cm ²	3.2	3.0	4.6	1.8	1.2

주 높인것이다. Q-per 및 Q-Kote의 물리적 성질은 표12¹⁰⁾와 같다.

(b) Plastic Kivar

이 제품은 Scott Paper Co.의 방제회사인 Plastic Coating Corp.에서 시판을 시작했으며 film의 재료는 propylene과 ethylene의 block copolymer인 polyallomer이다.

(c) Acroart, Polyart

Acroart은 Mead Corp.에서 판매를 시작하였지만 Union Carbide에서 개발한 Ucar의 후신이다. 이 제품은 HDPE을 안료도장 및 표면처리를 하여 얻어진 것이다. 이와 비슷한 제품을 Union Carbide계의 Bakelite Xylonite LTD가 Polyart란 상호로 영국에서 판매를 시작하였다. Acroart은 무게와 표면처리 방법이 다른 여러가지 종류가 있다.

(2) 합성섬유지

(a) Tyvek

미국의 du Pont 회사가 생산하고 있으며 용융 방사접착한 고밀도 PE으로서 용융방사될때 섬유로 방사됨과 동시에 종이의 형태를 가지게 된다. 형태와 무게의 차이에 의한 여러가지 종류가 생산되며 롤(roll)로서만 판매되고 있다.

(b) Silbond와 Sihl

이들 제품은 천연펄프의 습식공정을 그대로 사용하여 합성펄프지를 만든 것이며 섬유와의 접착제로 역시 합성수지를 사용하고 있다. 합성펄프의 원료는 nylon으로 알려져 있다.

용 도

합성지의 가격이 천연pulp지에 비해 높으므로 합성지의 특성을 살리는 방향으로 그 용도를 찾아야 할 것이다. 합성지의 특성인 높은 인쇄성, 내수성, 가공성은 물론 높은 인열강도는 고급인쇄지 분야에서 크게 빛을 낼 수 있다. 만약 합성섬유를 종이의 원료로 사용한다면 종이의 물리적 성질을 현저하게 개량할 수 있으므로 woven fabrics의 대용으로 사용될 가능성도 크다.

표 13과 14에 합성지의 특성 및 용도를 각각

나타내었다.

경제성

합성지가 가지고 있는 여러가지 특성에도 불구하고 표 15에서 보는 것같이 천연 pulp지에 비해서 값이 비싸기 때문에 상품으로서의 구실을 아직 제대로 하지 못하고 있다. 값이 가장낮은 Celestra-Kote인 경우 천연 pulp지에 비해 그 값이 약 3배나 되고 있다.

표 13. Characteristic Properties of Synthetic Paper

Water Resistance
Dimensional Stability
Possibility of Heat Sealing
Thermoforming
Folding Properties
Normal Pens and Pencils Writing

표 14. 합성지의 용도

Bookcovers
Specialty book pages (children's books, price lists, manuals, etc.)
Maps and Charts
Tags and Labels
Decorative laminates
Banners and Signs
Game Boards
Placemats
Specialty and Heavy-duty Packaging (fibrous type)
Wallcoverings (fibrous types)
Envelopes (fibrous types)

그러나 생산원가를 분석해 보면 가격면에서도 그 전당이 어둡지만 하지는 않다. 대체로 천연 pulp로부터 종이를 만들면 최종 제품의 값은 pulp의 2배에 가깝지만 합성지의 경우는 3배에 달하고 있다. 일본에서 추정한 결과는 하루 5ton의 합성지 생산능력을 20ton으로 확장한다면 그림 2¹¹⁾에서의 같이 설비비 및 가공비가 각각 70%와 65%까지 떨어진다. 즉 설비의 대형화와 생산의 고숙화로 생산원가를 낮출 수가 있다.

합성지의 가격에 있어서 가장 중요한 인자는

표 15. 합성수지의 가격

Trademark	Basis Weight (38.4 lbs/3000 ft ²)				Adjusted to 2.0 oz/yd ²			
	Thick- ness	Tensile Strength	Elongation	Tear	Approximate Price (Rolls)		Approximate Price (Sheets)	
	mils	lb/in	%	gms	\$ /lb	¢ /yd ²	\$ /lb	¢ /yd ²
"Celestra"	4.6	14.4	54	58	1.10	13.8	1.13	14.2
"Celestra-Kote"	2.2	12.7	39	21	0.63	7.8	0.66	8.3
"Acroart"	2.2	7.4	500	89	0.74	9.3	0.72	9.0
Plastic "Kivar"	2.9	12.3	980	159	not available.....			
"Tyvek"	6.0	44.0	30	400	1.15	14.5		

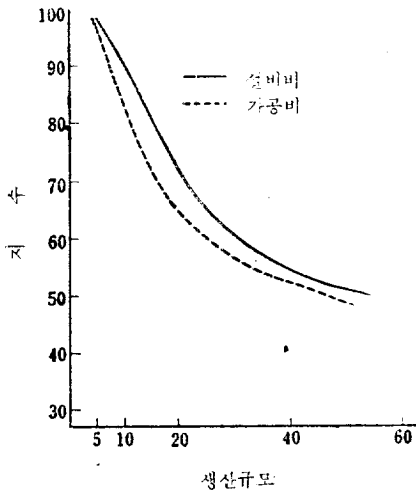


그림 2. 합성 film지의 생산규모 (ton/day)에 대한 생산원가 지수(5 ton/day)를 100으로 했을 때)

표 16. 합성수지의 가격

신문용지	14 ¢ /lb	
PP	26 ¢ /lb	
PVC	24 ¢ /lb	
PS	27 ¢ /lb	general purpose
	28 ¢ /lb	high impact
	63 ¢ /lb	flame retardant
nylon	\$ 1/lb	
LDPE	23 ¢ /lb	
HDPE	26 ¢ /lb	
Bleached Chemical Pulp	14 ¢ /lb	

그 원료인 합성수지의 가격이다. 표 16에서와 같

이 대부분의 합성수지는 천연 pulp 가격의 2배가 되며 nylon은 6배에 가깝다. 따라서 합성지의 가격이 높은 근본적인 원인은 합성수지가격이 높다는 것이다. 합성지는 현재 사용되고 있는 신문용지를 비롯하여 인쇄용지와 경쟁을 할려면 합성수지의 값이 화학 pulp 값과 비슷해야 할 것이며 이 점이 해결되지 않는 한 합성지의 소비량은 당분간 크지 못할 것이다.

결 론

합성지의 용도는 당분간 고급인쇄지 혹은 art 지로 한정이 되겠지만 앞으로 그 사정이 달라질 가능성은 많다. 그 예로 천연 pulp의 수출국은 북미와 북구주에 있는 몇몇 나라들이며 그 곳에서는 공해문제를 심각히 다루고 있기 때문에 천연 pulp의 값이 앞으로 상당히 높아질 가능성이 크다. 만약 합성수지의 값이 천연 pulp 값에 비해 지금과 같이 높지 않고 합성수지의 분자배열에 대한 지식이 더욱 발전되어 그 물성을 현저히 개량할 수 있다면 합성지의 이용도도 더욱 높아질 것이다.

합성지가 산업전반에 미친 영향은 현재까지는 제대로 평가를 받지 못하고 있다. 합성섬유의 발전과정을 보더라도 그 생산량의 증가를 좀처럼 상상하기가 힘든 형편이었다. 즉 지금으로부터 25년 전에는 섬유의 대부분이 천연으로 부터 얻은 것이며 합성섬유는 그 값이 비쌌으므로 특수용도에만 사용되었다. 그러나 현재는 합성섬유의 수요가 천연섬유의 그 것 보다 훨씬 크며 어떤 종류는 1950년 까지도 발명되기조차도

못하였다.

산림자원이 부족하고 천연pulp 생산의 공해를 무시할 수 없는 우리로서는 생활수준과 비례해서 증가하는 종이의 소비량에 대한 근본적인 대책이 있어야 할 것이다. 그 대책의 한 방법으로서 합성지의 생산비가 비록 천연pulp지에 비해 현재는 높다고 하더라도 합성섬유의 역사를 되풀이 할 소지가 많으므로 합성지에 대한 근본적인 연구개발을 하루 빨리 시작하여야 할 것이다. 특히 개발도상국들의 생활수준이 향상되면 또 한 차례 천연 pulp의 세계적인 수급에 큰 파란이 일어날 것을 예상하고 있으므로 합성지가 발은 우리에게 더 좋은 기회를 가져다 줄 가능성마저 보여준다. 또한 합성지기술의 발달은 용도를 무한히 창조할 수 있는 합성고분자물질의 잠재력을 나타내는 좋은 예가 된다.

인용문헌

1. “제지계”, 1975.1~3., 한국제지공업연합회

p. 199

2. “평가보고서” (1972~1976), 제 2편 산업부분, 국무총리기획조정실, p. 329.
3. “한국의 산업” 1976(Ⅱ), 한국산업은행조사부, p. 436.
4. “I am synthetic paper”, K. Inoue, 日刊工業新聞社.
5. W.A. Zisman, *Ind. Eng. Chem* **55**, 18 (1963).
6. A. J. G. Allan, *J. Polym. Sci.*, **38**, 297 (1959).
7. C. Y. Kim, J. Evans and D. A. I. Goring, *J. Appl. Polym. Sci.*, **15**, (1971).
8. K. Inoue, 高分子加工, **18**, 84. 1969
9. R. A. A. Hentschel, Paper presented at 57th Annual Meeting, Canadian Pulp and Paper Association, Montreal, Canada, Jan. 1971.
10. 谷包和, 工業材料, **15**, 82