

오늘의 한국 화섬산업(14)

2.4.3. 스판덱스사 전망

세계적으로 볼 때 스판덱스의 생산량은 일반적인 합섬류보다 미미한 편이다. 그러나 합섬류보다 4~5배 고가의 고부가가치 제품이라는 특징을 가지면서 20여 년 동안 연평균 11.9%의 성장을 보였다.

섬유분야로 볼 때, 스판덱스는 스트레치 패션 소재로서 서포트 스타킹 (support stocking)이나 스포츠 웨어 등 겉옷에 사용하는 것이 비교적 최근에 시작되어 점진적인 확대가 예상되며, 점차 천연고무사를 누르는 대체상품으로 자리잡을 것으로 보인다. 그리고 동구권에서 민주화에 따른 여성의 개성화 경향이 강세를 띠고 있어 앞으로 스판덱스 제품의 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. <표 2.2.16>은 태광산업과 동국합섬의 제품 표이다.

<표 2.2.16> 태광산업과 동국합섬의 스판덱스사 제품 품목

① 태광산업 제품목록

데니어	용도	광택	비고
15, 10	Stocking, Socks	BR/SD	
20	Stocking, Socks	"	
30	" , Circular Knit	"	
40	Covering, Circular Knit	"	
70	Woven Fabric, Circular Knit	"	
110	" "	"	
140	Stocking, Circular Knit	"	

210	Foundation, Circular Knit	BR/SD	
280	"	"	
420	Tape	SD	
840	"	"	

②동국합섬 제품목록

데니어	용도	광택	비고
20	Dull or Clear (BRT)	400g Cheese	knitting
30	"	"	
40	"	"	warp circular
70	"	"	weaving
140	"	500g-1kg Cheese	covering
210	"	1kg	hosery
280	"	"	panty hose
420	"	"	
560	"	"	
840	"	"	

2.5. 탄소섬유

탄소 섬유가 알려진 것은 거의 백년전에 토마스 에디슨(Thomas Alva Edison)이 처음으로 전구의 필라멘트로 사용하였을 때이다. 이런 추기의 탄소 섬유는 대나무섬유를 탄화시켜 사용하였다. 그 뒤에는 레이온을 탄화시켜 보온재로 사용하였으나 유리섬유와 경쟁이 되질 않았다. 현대적 의미의 탄소섬유에 대한 연구는 라이트-패터슨 미공군 연구소(Wright-Patterson Air Force

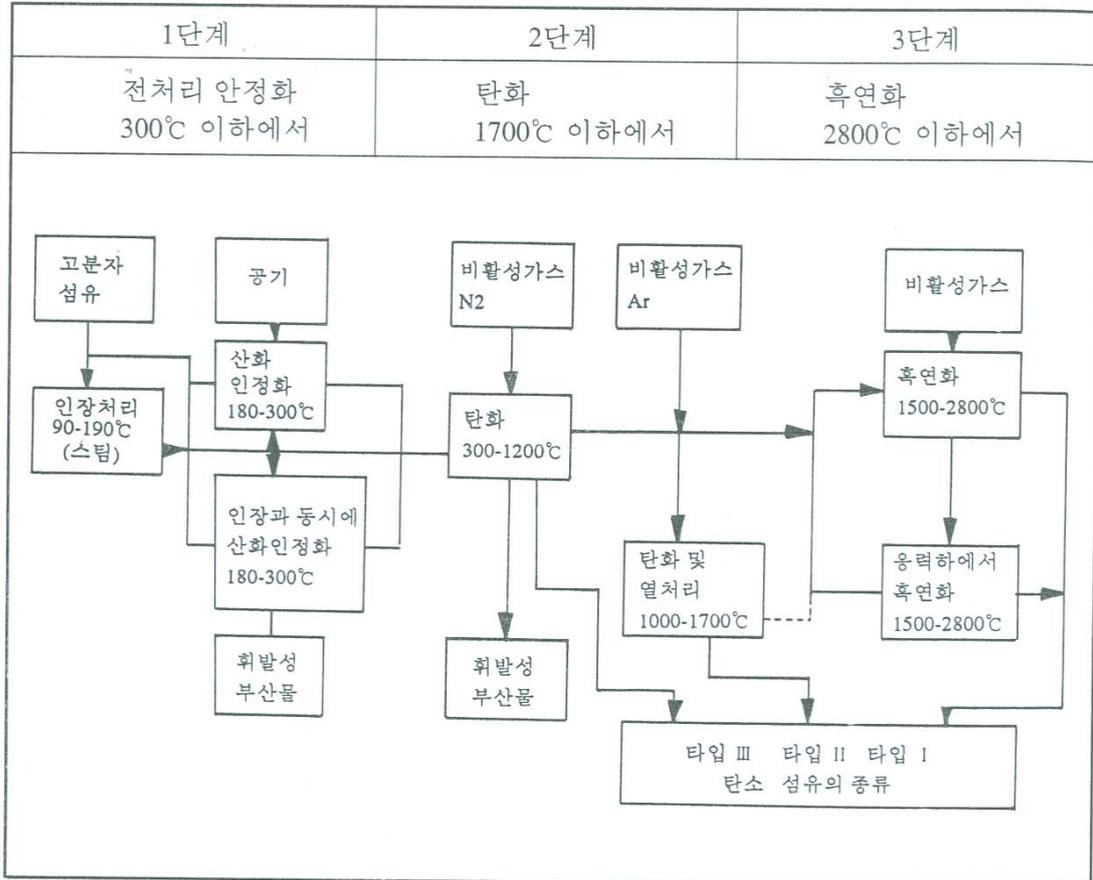
Base)의 고강도 탄소 섬유에 대한 연구가 최초의 본격적인 연구로 볼 수 있다.

본격적인 탄소섬유 생산의 중요한 세가지 방법은 레이온법, PAN법, 그리고 피치법이 있다. 이중 제일 먼저 개발된 방법이 레이온 법이다. 1950년대 후반에 유니온 카바이드(Union Carbide)사에서 레이온섬유를 응력하에 탄화시켜 고강도 고탄성계수 탄소섬유 만드는 공정을 개발하여 토오넬(Thornel) 25, 40, 50 시리즈 섬유를 내놓았다. 이와 비슷한 시점에 일본의 신도(Shindo)와 영국의 와트(Watt, W)가 서로 독립적으로 연구하여 아크릴 섬유(PAN)로부터 탄소섬유를 만드는 법(PAN 법)을 개발하였다. 초기의 PAN법에 의해 제조한 탄소섬유는 비교적 높은 탄성계수를 가지고 있었으나 강도가 낮았다. 그러나 이 기계적 성질은 특정조건으로 응력하여 열처리함으로써 개선되었다. 이 PAN법에 의한 탄소섬유는 생산성이 레이온법보다 두배 정도까지 되어 초기부터 큰 관심을 끌었다. 세번째의 피치법은 일본 쿠레하화학산업사가 소개한 방법으로서 강도는 낮고 탄성계수가 중정도인 아스팔트나 피치의 어느 성분을 사용한 피치법 탄소섬유 제조법이다. 이 방법은 가장 생산원가가 낮은 방법이다.

탄소섬유 복합재료가 자동차 및 항공산업에 사용되면 상대적인 무게를 줄일 수 있어서 낮은 생산가의 탄소섬유의 수요를 증가시켰고 이것은 다시 낮은 생산가의 새로운 피치법 탄소섬유 개발로 이어졌다. 그 결과 유니온 카바이드사가 메조상(mesophase) 피치를 이용한 탄소섬유 제조기술을 개발해서 탄성계수가 170~830 GPa 정도인 탄소섬유 필라멘트를 생산하고 있다. PAN계의 탄소섬유의 기본적인 제조공정은 <그림 2.2.3>과 같다. 이들 공정중에서 탄화시키는 과정에 수많은 비결들이 각 사 마다의 기술로 축적되어 있다.

<표 2.2.17>은 세계각국의 탄소섬유를 제조법으로 분류하여 그 강도와 탄

성계수 값들을 비교한 것이다.



<그림 2.2.3> PAN계 탄소섬유의 제조공정의 개략도

국내 화섬사중에서 탄소섬유를 생산하고 있는 업체는 태광산업이며 탄소 섬유를 사용하여 복합재료의 중간체인 프리프레그를 만드는 업체는 태광산업과 선경인더스트리이다. 태광산업은 일본의 소규모 용역회사 니끼소의 기술로 PAN계 탄소섬유를 생산하는 시스템을 준공하였으나 니끼소가 가진 기술이 충분하지 않아 태광자체에서 축적된 아크릴 제조기술이 탄소섬유 제조 공장 건설에 크게 이바지한 것으로 말하고 있다. 이렇게 기술 축적이 이루어진 결과 1992년 11월 현재 공장 증축을 위한 계획에서 탄화로를 자체설계하

여 일본의 모 기기제작회사와 제작비를 상당할 정도로 생산 기술이 축적되어 있다. 태광에서 생산되는 제품은 고탄성 계수 제품인 IZ-40와 TZ-407이 있으며 이들의 특성은 다음의 <표 2.2.18>과 같다. 두 종류의 탄성계수가 <표 2.2.17>의 고탄성계수 제품보다 낮으나 그 강도는 가장 큰 것으로 되어 있다. 선경인더스트리에서 생산하는 프리프레그(prepreg)제품 목록은 <표 2.2.19>에 나와 있다.

<표 2.2.17> 세계 PAN계 탄소섬유의 제품특성

섬유명	제조회사	탄성률(GN/m ²)	강도(GN/m ²)
High modulus			
Celion Gy-70	Celanese (U.S.)	517	2.14(1.86)
Celion Gy-50	Celanese (U.S.)	345	-
Thermolon-T3	Tokai Electrode (Japan)	483	1.68
Torayaca M-40A	Toraya (Japan)	345(422)	2.45
Grafil HM	Courtaulds (U.S.)	360	2.12(2.34)
Magnamite HMS	Hercules (U.S.)	407	2.17
Rigilor AGT	France	422	2.18
Fortafil CGS	Great Lakes (U.S.)	310(331)	2.14(2.76)
Modmer I	Morganite Modmer (U.S., U.K.)	414	2.06
(discontinued)	Sigri		
Sigrifil HM	(West Germany)	343(483)	1.96(1.48)
Rigilor 250	Le Carbone Lorraine (France)	379	1.72
Rigilor 350	Le Carbone Lorraine (France)	310	2.14
Polycarbon M	Polycarbon U.S.	414	2.06
High strength			
Carbolon Z2	Japan	276	3.02
Grafil HTS	Courtaulds (U.K.)	250	2.60
Modmer II	Morganite Modmer (U.K.)	230	2.42
(discontinued)			
Sigrifil HF	Sigri (West Germany)	216	2.35
Panex 30A	Stackpole (U.S.)	245	3.04

Panex-20	Stackpole (U.S.)	145	3.24
HTA-3000	Stackpole (Japan)	215	2.63
Torayaca T300	Toraya (Japan)	245	3.04
Thornel-300	Union Carbide (U.S.)	234	2.51
Celion 1000	Celanese (U.S.)	234	2.48
Celion 3000	Celanese (U.S.)	234	2.76
Celion 6000	Celanese (U.S.)	234	2.76
Grafil A	Courtaulds (U.K.)	214	2.69
Grafil HT	Courtaulds (U.K.)	248	2.76
Fortafil 3U	Great Lakes (U.S.)	186	2.48
Fortafil 3	Great Lakes (U.S.)	207	2.48
Magnamite AS	Hercules (U.S.)	221	3.10
Magnamite HTS	Hercules (U.S.)	248	2.76
Polycarbon T	Polycarbon (U.S.)	276	2.41
Thornel-T400	Union Carbide (U.S.)	207	3.10
Thornel T 300A	Union Carbide (U.S.)	241	2.48

<표 2.2.18> 태광산업에서 생산한 탄소섬유의 물리적 특성

특성	종 류	
	IZ-40	TZ-307
인장강도 * (GPa)	3.9	3.4
인장탄성계수 * (GPa)	274	235
절단신도 * (%)	1.3	1.3
밀도 (g/cm ³)	1.8	1.8
필라멘트 수	12000 또는 6000	12000 또는 6000
필라멘트직경 (μ m)	5.4	6.8
꼬임수	없음	없음
비열 (kJ/kg °K)	0.7	
열전도도(W/m °K)		17
평형팽창계수(*10 ⁻⁶ /°C)	-0.1	-0.1

길이 팽창저항 계수 (*10 ⁻³ Ωcm)	1.5	1.5
---------------------------------------	-----	-----

- 주 1. 모든측정은 실온에서 시행하였음.
2. 강신도 측정은 침지스트랜드법으로 하였음.

최근의 국제시장에서는 탄소섬유 제조회사, 특히 피치계 탄소섬유 제조회사의 CFRP(탄소섬유강화수지)제 산업용 롤(roll)용도전개의 움직임이 활발해지고 있다. 탄소섬유 시장에서는 스포츠, 항공용에 이은 새로운 대량의 용도로서 산업용도가 주목되고 있는데, 최근에 와서 PAN계 탄소섬유 제조회사가 거의 동 용도예의 진출을 계획하고 있는가 하면 피치계 제조회사들도 적극적으로 이 분야에 진출하려고 하고 있다. 특히 피치계 제조회사 관계자 이야기로는 피치계 탄소섬유의 특징인 고강성을 살린 형태로 앞서가는 PAN계 제품을 따라 잡을 것으로 보고 있다.

최근의 탄소섬유시장에서는 미국의 군사비 삭감 영향등으로 항공기용 수요가 혼미를 보이고 있고, 스포츠 수요에 있어서도 과거와 같은 고성장을 기대할 수 없는 상황에 있다. 이런 배경하에서 탄소섬유 각 사가 신장을 기대하고 있는 것이 산업용 수요이며 그 일환으로서 각 사 모두 롤 필름(roll film), 인쇄용 등 산업용 롤 분야예의 진출 움직임을 강화하고 있다.

이 분야에서는 지금까지 미쓰비시레이온(Mitsubishi Rayon)이 선발주자로서 시장에서 높은 점유율을 가지고 있는데, 제작년부터 PAN계 각사도 진출을 강화하여 작년 12월에 개최된 일본 SAMPE에 각사 모두 산업용 롤을 출품하여 PAN계 롤은 거의 다 나왔다. 또 미국 허큘리스와 제휴 관계에 있는 주우화학도 작년 여름, CFRP 최종제품의 제1탄 사업으로서 롤분야예의 진출을 꾀하고 있다.

한편, 피치계 탄소섬유 제조사측에서도 이 분야에의 진출 움직임이 활발해지고 있다. 피치계에서는 이미 신일본제철이 전장 7.8m의 제일 긴 롤을 제품화하고 있고, 이것에 이어 미쓰비시카세이도 작년 중반부터 CFRP제 고강성을 전개를 본격화하여 미쓰비시레이온등 선발 PAN계 제조회사를 추격하고 있다.

일본의 타 피치계 제조회사들도 롤용도에의 진출이 의욕적이다. 특히 피치계 제조회사의 경우, 피치계 탄소섬유의 특징인 탄성을 50~70톤급의 고탄성사를 토대로 경량이면서 힘과 굽힘이 작은 고강성 특성을 강조, 탄성을 40톤급사를 기초로 하는 PAN계 롤과의 차별화를 겨냥하고 있는 것이 특징적이다. 생에너지, 모터소형화의 흐름 속에서 종래의 강철제 롤에 비해 1/3~1/5정도의 초경량화를 꾀할 수 있는 CFRP제 롤에 대한 산업계로부터의 요구는 금후 한층 더 높아질 것이 예상되며, 이와 함께 PAN계, 피치계 제조방식의 경합도 격심해질 전망이다.

<표 2.2.19> 선경인더스트리의 프리프레그 생산품목

품종		두께 (mm)	PP wt (gr/m ²)	CF wr (gr/m ²)	RC (%)	Scrim wt (gr/m ²)	비고
탄 소 섬 유	USG 0503	0.080	121	55	37	34	*두께 0.03mm
	USG 0753	0.105	153	75	37	34	Class Scrim 사용
	USG 1003	0.130	194	100	37	34	*폭 : 50,100cm
	UGS 1253	0.155	231	125	37	34	*포장길이 : 100m
	UGS 1503	0.180	272	150	37	34	
	UGS 1753	0.205	308	175	36	34	
	UGS 2003	0.230	348	200	36	34	

프 리 프 레 그	UGS 2503	0.280	425	250	36	34	
	USN 050	0.050	121	55	37	-	*No scrim
	USN 075	0.105	153	75	37	-	*폭 : 50,100cm
	USN 100	0.130	194	100	37	-	*포장길이 : 100m
	USN 125	0.155	231	125	37	-	
	USN 150	0.180	272	150	37	-	
	USN 175	0.205	308	175	36	-	
	USN 200	0.230	348	200	36	-	
	USN 250	0.280	425	250	36	-	
유 리 섬 유 프 리 그	USC 1003	0.130	205	127	37	45	*Carbon-Carbon
	USC 1253	0.155	242	152	37	45	Prepreg
	USC 1503	0.180	283	177	37	45	*두께 0.03mm
	USC 2003	0.230	359	227	36	45	Carbon Scrim 사용
	USC 2503	0.280	436	277	36	45	
	USC 3003	0.330	514	327	36	45	

품 종		두께 (mm)	PP wt (gr/m ²)	CF wr (gr/m ²)	RC (%)	Scrim wt (gr/m ²)	비 고
유 리 섬 유 프 리 그	USW	CF UD Prepreg with Glass Fabric			Carbon Fiber : 50~150gr/m ² Glass Fabric : #208~215		*Carbon-Glass Prepreg
	UIG, UIN	Intermediate Modulus (30Ton) UD Prepreg			FAW : 50~250gr/m ²		*Glass Scrim *No Scrim
	UMG, UMN	Medium Modulus (36Ton) UD Prepreg			"		"
	UHG, UHN	High Modulus (40Ton) UD-Prepreg			"		"

	UIC, UMC UHC	Carbon-Carbon Prepreg (30Ton, 36Ton, 40Ton)	FAW : 100~300gr/m ² (Bottom side)	*Carbon Scrim
	GEP	Epoxy Impregnated Glass Fabric	Glass #208,209,210 213, 215, 218, 224	*Glass Fabric
	GPP	Phenol Impregnated Glass Fabric	"	"
관 련 제 품	TSN	Tape Prepreg	폭 : 5,7,10mm 두께 : 0.03, 0.05mm	*Carbon Tape
	YSN	Yarn Prepreg	1 ^k , 3 ^k , 6 ^k	*Carbon Yarn
	KSN	Kevlar Prepreg	195, 380, 1420De	*Kevlar Yarn
	ERM	Epoxy Resin for Mandrel	고형분50%	*Epoxy Solution
	CRP	Chopped CF Reinforced Thermoplastic	Nylon, PBT base	*Pellet