

■ 엔지니어링 플라스틱

“政策的 차원에서 再檢討돼야”

여 중 기
(주)럭키중앙연구소)

◇ 엔지니어링 플라스틱 개요

● 정의 및 분류

엔지니어링 플라스틱(Engineering Plastic; EP)이란 광범위한 온도와 기계적 특성 및 가혹한 화학적, 물리적 환경조건하에서 장시간 구조물로서 사용할 수 있는 공업소재로서 주조성분이 고분자물질로 이루어져 있다.

EP(엔지니어링 플라스틱)은 그 기능, 성능 및 가격상의 기준에 의해 통상 범용, 저기능 및 특수 엔지니어링 플라스틱으로 구분할 수 있다(표-1 참조).

범용 EP는 일반적으로 폴리아미드(Nylon), 폴리카보네이트(PC), 아세탈수지, 변성 PPO 및 열가소성폴리에스터(PBT 및 PET)를 지칭하는데 기존 성형방식(사출 및 압출가공)으로 무리없이 가공될 수 있고 그 용도, 소비량도 비교적 많다. 화학조성이 기본 범용 플라스틱(Polyolefines, Vinyl Polymers, Styrenics)과는 달라서 수지자체만으로도 우수한 공학적 물성을 구현한다. 특수 EP는 고도의 공학적 물성(때로는 특수 물성)을 강조시켜서 개발된 소재들이기 때문에 고가이고 성형가공성이 좋지 않고 그 소비량도 아직은 적다. 저기능 EP는 범용 EP와 일반 범용플라스틱의

중간가격 및 기능성을 갖는 소재들이지만 현재 그 시장이 가장 크다.

저기능 EP분류로서는 ASB나 SMA 수지등과 같이 나뉠대로의 독특한 화학조성·구조를 갖는 것들도 있지만 일반 범용플라스틱의 물성을 개질화(예, 초고분자량화, 보강복합재화, 구조변경, 특수가공방식 적용 등)를 통해 극대화시킨 것들이 많다. 특기할 사실은 EP는 소재로서의 실체가 주성분인 고분자물질로서 파악되어서는 안되고(수지자체로서의 실상이 아니고) 복합성분화된 소재 실체로서 인식되어야 한다. 예로서 폴리프로필렌(PP)은 대표적인 범용플라스틱이지만 적절한 개질을 통하여 범용EP수준의 기능성 재고를 시킬 수 있다. 또 범용 EP라고 할 수 있다. 각기 적절한 개발 및 복합화 과정을 거쳐서 EP의 기능성 및 가공성을 비로소 갖게되는 것이다. 따라서 EP의 품종수가 많은 것도 이런 이유이며 실제 수지자체로서의 이용율은 낮고 향후는 더욱 낮아질 것이다. 이는 EP의 상품특성, 관련기술 및 사업성을 이해하는데 요제가 되는 개념이다.

● EP상품 및 사업 특성

EP는 대량생산·대량소비형의 범용플라스틱 소재와는 달리 다품종, 소량생산형의 시장(Needs)

지향적 소재이다. 일반적으로 분자·배합조성이 복잡하고 제품의 Life Cycle면에서 태동기 및 성장기에 놓여있다. 상품화에 관련된 응용기술의 개발은 범용플라스틱의 경우 소재생산자가 주체를 이루고 있으나 EP의 경우는 소재생산자의 단독개발에 많은 어려움이 있기 때문에 최종사용자측과의 긴밀한 협조체제가 주체를 이룬다.

〈표-2〉에서는 EP의 상품특성을 범용플라스틱의 그것과 비교하여 나타냈다. 특히 연구개발측면에서 EP와 범용플라스틱은 그 성격상 차이가 있다. 범용플라스틱의 경우는 원료경제성, 공정경제성 및 품질개선이 주안점이 되지만 EP의 경우는 소재설계(분자설계, Alloy 복합체 설계 및 기능성 설계), 배합, 가공 및 상품개발이 중점사항들이 된다.

즉, 소재기술-가공기술-상품화응용기술이 삼

〈표 - 1〉 엔지니어링 플라스틱의 종류

기능성 분류 (조성고분자 기준)
● 범용성 EP ("Big Five") : Nylon (PA) Polycarbonate (PC) Modified Polyphenylene Oxide (MPPPO) Acetal Thermoplastic Polyester (PBT & PET)
● 저기능 EP : Specialty ABS (초내열성, 내후성 등) Styrene-Maleic Anhydride (SAM) 수지 Imidized Acrylics 초고분자량 범용플라스틱 기타 개질범용플라스틱
● 특수 EP (Specialty EP) : Polysulfone (PSO) Polyphenylene Sulfide (PPS) Polyphenyl Sulfone (PPSO) Polyether Sulfone (PES) Polyarylate Polyamide-Imide (PAI) Polyetherimide (PEI) Polyether Ketone (PEEK) Polyimide (PI) Fluoropolymer

위일체가 되어야 한다.

이 문제를 더 구체적으로 살펴보기 위하여 〈그림-1〉에 EP사업의 특성을 각 분야별로 구분하고 관련업무 및 관련기술들을 도시하였다. 소재설계 및 제조기술은 그 성격상 전적으로 소재생산업체의 업무소관 분야이다. 응용설계기술(소재 선정·부품설계·금형설계)분야 및 가공·경제성평가(성형성, 제품·소재 상관관계 및 코스트 평가) 분야는 소재 생산자와 사용자간의 상호유기적이고 균형있는 협력개발 체제를 수립하는 것이 필수적이다. 실제로는 사용자측의 입장에서는 협력개발체제 업무에 부분적인 참여만이 가능한데 이는 업무성격상 대부분이 그들에게는 비전문분야이기 때문이다.

오히려 바람직한 것은 소재생산자측에서 상호협력체제업무를 총괄 내지는 선도할 수 있는 능력과 체제를 갖춘 Technical Service 체제를 확립하는 것이라 하겠다. 마지막으로 제품평가(신축성·기능성) 및 실적, 시장반응 관리업무는 대부분 사용자측의 업무분야라 하겠다. 물론 각 분야 업무 상호간의 업무, 정보의 유기적 Feed back 과 균형있는 조화가 필요한 것은 재론의 여지가 없다.

◇ 개발기술 평가/현황 및 전망

EP 신소재의 창출은 새로운 분자설계에 토대를 둔 New Chemistry 방식과 다성분/다상의 상(Phase) 설계에 기초를 둔 Mechanophysicochemical Processing 방식에 의해서 이루어진다. 전자가 새로운 단량체(Monomer) 합성 및 신중합공정과 같은 화학반응공정을 토대로 한 화학공장(Chemical Plant)을 생산매체로 이용한다면 후자의 경우는 물리적공정 및 물리화학(경우에 따라서는 화학반응을 수반하는)적 방식이기 때문에 생산매체로서 화학공장과 같은 거대장치 공장이 필수적인 것은 아니다.

Mechanophysicochemical Processing 기술의 구체적인 예들은 다음과 같다. 섬유(혹은 보강재)강화 복합재, Hybride 복합재, Compounder에 의한 in-

Situ 개질화, 다성분고분자 Blend 및 Alloy화, IPN's(Interpenetrating Polymer Networks), 액정자체보강 수지화, RIM/R-RIM 및 PMC 제조방식과 같은 Reactive Processing, Thermoplastic SMC, 특수가공 방식에 의한 Morphology Control 기술등이 그것들이다. 물론 New Chemistry 방식과 Mechanophysics-chemical 방식은 서로 독립적인 형태는 아니고 상호보완적이며 두 방식의 겸용이 가장 포괄적이며 또 바람직한 개발방식이라 하겠다.

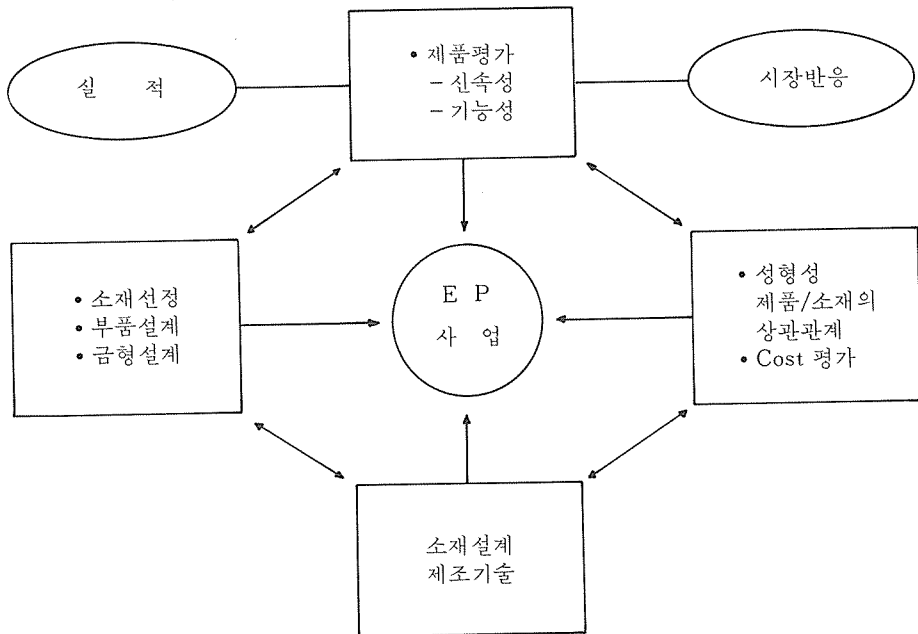
그러나 현재의 실상은 이 두가지의 기능을 뚜렷이 구분화하고 있으며 오히려 Mechanophysics-chemical 방식을 통한 신제품개발 성향이 두드러지고 있다. 환언하면 EP 사업에서 수지생산공장 보유 유무가 필요조건은 될지언정 필수조건은 아닌 것이다. 좀 더 구체적으로 그 사유를 살펴보자. New Chemistry를 통한 EP 상품화는 그 개발기간이 오래 걸리고 새로운 단량체합성 및 중합공장 건설을 위해서는 대규모의 투자가 소요된다.

따라서 이러한 소재들이 상품으로서 성숙기에

접어들어 Positive Cash Flow를 달성하기까지는 대략 10~15년 정도의 기간을 필요로 한다. 사실 지난 10년에 걸쳐서 New Chemistry 방식에 의하여 상품화된 EP들을 살펴보다라도 그 수도 적으려니와 그 중합에 대한 기본 Chemistry는 이미 훨씬 전부터 확립된 상태였다. 다만 장기간에 걸친 공업화 및 상품화 노력이 최근에 결실된 것이라 하겠다. 예를 들면 PET의 경우는 1949년경 이미 섬유원료용 수지로서 생산이 시작된 것이다. 그러나 EP용도로서는 물성 및 성형가공성에 문제점들이 있어서 이용되지 못하다가 1970년대 말 듀폰사에서 Mechanophysics-chemical 방식에 의한 개질화에 성공하여 비로소 EP로서 사용이 본격화 되었다.

SMA 수지를 제외하면 대부분 특수 EP범주의 소재들이고 현재 상품화 시작중이거나 시험상품화 단계에 있어서 그 시장규모가 아직은 미미하다. 오히려 혁신적이고 수많은 EP의 개발은 Mechanophysics-chemical 방식에 의해 주도되어 왔다. 이제 이 내용을 몇개의 EP 선도업체들을 중심으로

〈그림 - 1〉 엔지니어링 플라스틱사업을 위한 구비요건



〈표-2〉 EP와 범용플라스틱의 상품특성

특 성	범용플라스틱	엔지니어링 플라스틱
• 고분자/배합조성	단 순	복 잡
• 생산실제	소품종/다량생산	다품종/소량생산
• 설비투자	대 규 모	소 규 모
• 시장규모	대 규 모	소 규 모
• 제품Life Cycle	성 숙 기	성 장 기
• 사업지향성	소재지향형	시장지향형
• 연구개발성격	- 원료경제성 - 공정경제성 - 품질개량	- 소재설계 (분자/Alloy/복합체/기능성) 기술 - 배합/가공기술 - 응용(상품개발)기술

로 살펴보자.

듀폰사는 최근 Rynite[®]계의 신제품인 Supertough Stiff Rynite SST[®] 및 Bexloy CR(비결정성 Nylon 계), Supertough Nylon, Supertough Acetal 등을 소개해 왔다. GE는 PBT계 Valox[®], PC계 Lexan[®], MPPO 계 Nylon[®]의 생산업체로서도 유명하거나와 최근에도 Xenoy[®], GTX 900[®] 등과 같이 Alloy 방식에 기초를 둔 새 상품들을 연속 소개시키고 있다. 특기할만한 제품으로서는 Dartco 사에 의해 최초로 상품화된 액정자체보강방식에 의한 Xydar[®]가 있는데 그 잠재능력이 큰 연유로 해서 여러 유명회사들이 개발에 진력하고 있다. 그외 Reactive Processing 방식(RIM)에 의한 Monsanto의 Nyrin[®](Polyamide계), PMC(Pelletized Molding Compound 등이 여러 업체에 의해 상품화되고 있다.

Thermoplastic SMC(Sheet Molding Compound) 형태의 Azdel[®](PP-Based SMC; PPG) 및 STX[®](Polyamide -Based SMC: Allied) 등도 새로운 가공 개념의 EP 소재들이다. EP 신제품 개발수단으로서 Mechanophysicochemical 방식의 대체화 배경은 이미 지적한 바와 같이 New Chemistry 방식의 한계성 및 비효율성에도 원인이 있으나 보다 근본적인 이유는 최근에 이룩되고 있는 Mechanophysicochemical 방식에 대한 기초학문적 발전과 기술적진보가 눈부시게 진행되고 있기 때문이다. 앞으로도 이러한 추세는 계속될 것이다.

New Chemistry 방식에 의해서 개발되는 EP들

도 대부분 수지 자체로서 공급되는 예는 적고 보통은 성형성 개량, 코스트절감 및 품종다양화의 방편으로 전술한 Mechanophysicochemical 방식에 의한 2차개질을 거친 다음 최종상품화되어 사용자측에 사용자측에 공합되어 진다.

참고로 〈표-3〉에는 5대 범용 EP 품종가운데 Mechanophysicochemical 방식으로 제조되거나 개질되는 합금(Alloy) 및 복합재(Composite) 형식의 품종수 비율을 나타내었다. 이로서 현재 및 향후 EP관련 핵심기술이 어떤 내용이라는 것은 자명해지라고 생각된다.

◇ 국내 현황과 전망

국내의 EP사업은 1980년대초 (주)럭키를 시초로 기존 섬유산업체들의 참여로 비로소 태동하였다. 현재 수개 기업에서 EP에 대한 사업성검토를 활발히 함과 동시에 연구개발 노력도 진행시키고 있어서 향후에도 추구참여 기업의 출현이 예상된다. 지금까지의 상품화 내용을 살펴보자. 특수EP 범주의 소재생산실적은 없다. 가까운 장래에도 상품화될 가능성은 희박하나 국내 출연연구소 및 극소수 기업연구소에서 1990년대를 상품화 목표로 일부 품목 개발연구를 진행하고 있다. Fluoropolymer, Polyarylate 및 Polyimide계가 그 대상이다(?). 저기능 EP계열의 상품화 내용은 특수 ABS류(초내열 ABS, 내후성 ASA 등), 보강 ABS/SAN류 및 Polyolefin Alloy류, 보강폴리프로필렌 등이 있다.

현재에도 이 부류에 대한 연구개발이 활발하여 향후에는 이들의 물성·기능성이 더욱 향상될 것이며 적당한 가격의 소재들이라는 것을 고려하면 그 시장도 계속 성장하리라고 예측된다. 5대 범용EP 가운데는 PBT, PET계, Nylon계(Nylon 6 및 Nylon 6/6) 품종들이 생산되고 있고 이들을 기초로 하는 각종 Alloy제품들이 상품화되어 있다. 현재 Acetal수지, PC 및 MPPO는 전량 수입에 의존하고 있다. 이중 Acetal 수지와 PC는 국내개발 움직임은 없고 가까운 장래에 기술도입이나 합작투자에 의한 생산업체의 출현이 예상

된다. 특기할 사항은 MPPO의 국산화 여부이다. 현재 전량 수입되고 있으나 향후에도 생산업체의 등장은 없을 것으로 예상된다.

그 이유는 개발의 난이도에 있는 것이 아니고 대체품 개발이 속속 이루어지기 때문이다. 즉, 특수 ABS류 및 PC/ABS Alloy류의 국내개발이 되어 착실히 MPPO시장을 대체해 가고 있다. 전체적으로 볼 때 향후에도 New Chemistry 방식에 의한 수지생산공장의 설립에 의해 등장할 신제품은 PC 및 Acetal수지에 국한될 것이다. 품종다변화 및 품질개선을 전제로 한 신제품의 연구개발은 주로 Mechanophysicochemical Processing 방식에 의해 진행될 것이다. 따라서 당분간은 범용 및 특수 EP계열 전반에 걸쳐서 기초수지(Virgin Resin)의 해외의존은 계속될 것이다. 이제 국내 EP 수요 및 그 시장패턴을 5대 범용EP를 중심으로 살펴보면 <표-4>와 같다.

<표-4>에서 알 수 있는 바와 같이 현재의 주요 수요시장은 전기·전자산업인 것을 알 수 있다. 그러나 향후 수요예측에서 유의해야 할 점은 국가전략산업으로서 전자공업과 자동차공업의 급속한 성장추세이다. 1980년대말 기준으로 자동차공업은 연 1백만대 생산규모에 이를 것이고 전자산업의 성장은 예측이 어려울 정도이다.

그러면 성공적인 국내 EP사업을 위한 바람직한 기업전략은 어떤 것일까? 참여기업체의 특성과 개성에 걸맞는 나름대로의 방안들이 있겠으나 대체적으로 다음과 같은 공동분모적인 내용들을 생각할 수 있겠다. 첫째, 다품종·소량생산체제의 구축이다. 향후 국내 EP시장이 빠르

게 성장하리라고 예상되지는 않는 EP는 어디까지나 범용플라스틱 소재와 같은 대량생산 소재가 될 수 없다.

<표-1>에서도 지적된 바와 같이 다품종이 상품특성이므로 개개 품종들이 수요별로 세분되어 진다면 극히 소량생산 형식이 실체가 되며 경우에 따라서는 주문생산체제화까지 심화되어야 한다.

결국 다품종화의 방편으로 저기능 EP생산까지를 겸용하여 적정 사업규모로 발전하는 것이 국내 관련기업들로서는 시도해 볼 수 있는 전략의 하나라 하겠다. 둘째, 몇가지 특정 품종들에 대해서는 최종 성형품까지 제조하는 일관체제를 도모하여 수익성 극대화를 도모하거나 시장(수요) 창출 및 확보를 기하는 것이 바람직하다. 셋째, 자체생산 수지 및 관련 원료들을 최대한 이용하는 원칙하에서 품종 설계를 도모하는 것이 바람

<표-3> EP 개발기술 현재 및 전망

수 지 명	Grade 수 (83년도현재)	Alloy·Composite 화비율(%)		
		'83	'86(예상)	'89(예상)
Acetal	70	20	40	50
PC	150	65	70	75
PBT/PET	108	90	95	95
PA	700	90	95	95
MPPO	35	99	99	99

직하다. 넷째, <그림-1>에서 지적한 바와 같이 사용자측과 조화된 상호협력체제의 구비가 EP 상품개발(사용자측의) 요체가 되므로 이를 충실화시킬 수 있는 응용설계기술(소재선정, 부품 및

<표-4> 국내 EP 수요현황 및 시장패턴

(단위: MT)

품 목	수요처		자동차용		산업기기 및 기타		계	
	'84	'88 ¹⁾	'84	'84 ²⁾	'84	'84 ³⁾	'84	'88
Acetal	2,500	6,500	80	800	1,400	2,000	3,980	9,300
PC	1,200	3,000	50	500	500	700	1,750	4,200
PBT	300	800	60	600	100	200	460	1,600
Nylon 6/6	300	800	150	1,500	300	500	750	2,800
MPPO	1,200	3,000	50	500	300	500	1,550	4,000
계	5,500	14,100	390	3,900	2,600	3,900	8,490	21,900

註) 1. 년평균 25-28% 성장 예상, 2. 년평균 78% 성장 예상 3. 년평균 8-19% 성장예상.

금형설계 능력)의 고도화와 Technical Service 체계의 운영이 중요하다.

이제 기술적 측면에서 국내의 현황과 전망에 대해 살펴보자. 이미 지적된 대로 국내 EP 업체들의 기초수지 생산실태는 PBT, PET, Nylon 6 및 특수 ABS 정도에 국한된다.

결국 EP도 일종의 공업소재인데 새로운 공업소재란 Cost/Performance 면에서 경제적 타당성이 있다고 평가될 때 창출되는 것이다. 이런 측면에서 본다면 향후에도 국내에서는 New Chemistry 방식을 통한 EP 기초수지의 연구개발 가능성은 극히 적다. 향후 생산되리라 예측되는 것들(예: PC, Acetal 수지)도 주로 기술도입에 의해 이루어질 것이다. 결국 향후 국내 EP 개발은 Mechanophysicochemical 방식에 의해 주도될 것이다. 특히 Alloy화 기술, 복합재화 기술 및 In-Situ 개질기술 등은 국내에서도 이미 지난 수년간에 걸쳐서 상당히 체계화 되었고 어느정도 기술축적도 이룩되었다고 본다. 제품수준으로 보면 국내에서도 Rynite SST[®] Supertough Nylon, Valox VCT[®] 및 Xenoy[®] 에 대등한 품종들도 개발되어 있다. 그러나 이런류의 기술들은 계속적으로 혁신되고 있고 또 진보속도가 빠르기 때문에 향후에도 계속적인 연구개발의 추진이 필요하다. 특히 향후 혁신적인 EP 제조기술로서 기대되는 IPN's 기술

및 액정자체보강수지화 기술은 세계적으로도 태동기에 있는 기술이고 그 잠재가능성은 매우 크기 때문에 이 분야에 대한 연구개발 노력이 특히 강조되어야 한다.

이런 기술들은 복합기술적인 특성을 갖기 때문에 이들을 이해한다거나 신제품 개발에 응용하기 위해서는 다방면에 걸친 지식 및 훈련이 필요하다. 즉, Interdisciplinary 배경이 필요한데, 대체적으로 학문적, 기술적 기본소양이 필요하다고 본다. 연구개발업무 측면에서 본다면 <그림-1>의 소양외에 System Analysis, Simulation 및 Modeling 에 대한 습관화가 중요하다.

엔지니어링 플라스틱은 결국 경량화, 소형화, 에너지절감, 제품의 고급화에 필수소재의 하나라고 하겠다. 특히 정부가 역점을 두어 추진하고 있는 향후의 전자·자동차·정밀기계산업의 기초부품 소재라는 측면에서 그 중요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않다. 이런 관점은 여타의 기능성고분자, 범용고분자소재를 포함한 모든 고분자소재/산업에도 그대로 적용된다고 하겠다. 그러나 기이하게도 국가의 정책적 차원에서 소홀히 다루어지는 현실이며 이 사실이 그대로 정부의 기술개발정책에서도 표출되고 있다. 차제에 이 문제에 대한 재검토가 각계로부터 이루어져 시정되었으면 한다.

최고속 人工智能 컴퓨터 개발

브리티시 에어로 스페이스사는 최근 세계에서 정보처리 속도가 가장 빠른 것으로 믿어지는 인공지능(AI) 컴퓨터인 Declarative Language Machine (DLM)을 개발했다.

현재 공공 및 방위 산업분야에의 응용을 목표로 한 전자시스템의 개발은 단순하고 코스트 효율이 뛰어난 하드웨어를 지향하여 특수한 기능을 갖도록

설계되는 방향으로 진전되고 있다. 따라서 이들 시스템의 기능적 특성은 앞으로 화상의 이해, 음성의 인식 및 로버트기능 등을 갖는 것이 요구되며, 이를 위해 인공지능을 활용함으로써 시스템의 기능을 획기적으로 진보시킬 수 있다.

컴퓨터의 각종 기능에 인공지능을 적용하는 것에 대한 기술적 복잡성은 서술적 언어로

알려진 컴퓨터 언어의 「제 5 세대」로 표현된다.

그런데 브리티시 에어로스페이스사는 DLM, 즉 서술적 언어 처리장치를 개발해 낸 것으로, 이 DLM은 620KLIPS (秒당 620,000 논리(推論)의 속도로 확정 연결 서술기준(Determinate Concate Prolog Benchmark)의 처리를 수행한다. 이는 HPM으로 알려진 일본에서 개발된 제 5 세대 컴퓨터에 필적하는 280KLIPS의 처리능력과 비교된다.