

창호용 고분자

박 광 호 · 김 경 현 · 김 봄 리

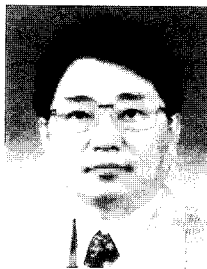
1. 서 론

창호는 조망, 채광, 환기를 조절해주는 역할과 함께 방풍, 방우, 방서, 방한, 방도(防盜)의 역할도 한다. 특별한 경우, 건축물 전체가 움직이는 경우를 제외하곤 건축물에서 유일하게 움직이는 부분인 창호는 움직임과 개폐가 빈번하고, 자주 떼어냄과 붙임을 반복함에 따른 고장과 파손이 발생할 수 있다. 따라서 창호용 재료는 우수한 기계적 특성과 내구성이 요구된다.¹ 창호용 소재로는 나무, 알루미늄, 고분자 또는 이들이 복합된 소재가 사용되고 있으나 강도, 단열 및 방음성 그리고 천연자원을 보호할 수 있는 측면에서 고분자 소재가 단연 우수하며 현재는 가격과 성능 측면에서 우수한 PVC가 창호용 소재로 가장 많이 사용되고 있는 추세이다.² 최근 PVC에 대한 환경 문제가 일부 제기되고 있으나 과거의 중금속계 안정제로부터 탈피하여 무독 안정제를 사용하는 노력과 재활용에 대해서도 많은 관심과 노력이 이루어지고 있다.

여기서는 창호용 소재의 수요 및 현황에 대해 간략히 언급하고 창호용 소재로 쓰이는 데 있어 요구되는 물성 및 평가 방법을 제시하여 그에 맞는 PVC 소재의 특성과 아울러 PVC수지와 고무간 그래프트 공중합체를 개발하여 창호용 소재에 적용하고 있는 내충격성 고분자에 대하여 소개하고자 한다.

2. 주요 전망

창호용 소재별 비중을 살펴보면 전술한 PVC 소



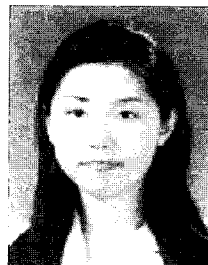
박광호

1973 서울대학교 화공과 (학사)
1977 과학원 화공과 (석사)
1983 미국 코네티컷대 화공과 (박사)
1996~ LG화학 화학공정 연구센터 소장
2001~ LG화학 유화연구소장
현재



김경현

1985 한양대학교 섬유공학과 (학사)
1987 한양대학교 섬유공학과 (석사)
1988~ LG화학 PVC연구소
2001~ LG화학 유화연구소
현재



김봄리

1994 한국외국어대학교 화학과 (학사)
1998 이화여자 대학교 화학과 (석사)
2000~ LG화학 PVC연구소
2001~ LG화학 유화연구소
현재

Polymeric Materials for Window Profile

LG화학 유화연구소 (Kwang Ho Park, Kyung Hyun Kim, and Bhom Ri Kim, LG Chemical Ltd., Chemicals & Polymers Research & Development, 70-1 Hwachi-dong Yeosu-city, Chunranam-do 555-280, Korea)

재의 가격 대비 성능의 우수성으로 인해 유럽과 중국 내에서도 그 수요 비중이 철재나 목재 창호에 비하여 높은 것으로 나타나고 있다. **그림 1**은 유럽 국가 중 독일, 영국, 이탈리아에서 사용하고 있는 창호 소재 중 PVC 소재의 수요 비중을 나타낸 것이다.

플라스틱 창호 중 대표적인 PVC 창호의 세계 시장규모는 2000년 기준으로 북미지역이 약 30만 톤, 서유럽이 76만 톤, 동유럽이 16만 톤 그리고 아시아 지역이 약 80만 톤으로 세계적으로는 약 202만 톤 규모로 추정되며 향후 높은 수요 신장이 예상되고 있다. **그림 2**에 볼 수 있듯이 중국 창호 소재별 수요를 보면 알루미늄이 37%로 수요 비중이 가장 크고 그 뒤를 이어 목재 28%, 철 20%, 그리고 PVC 소재가 15%의 비중을 차지하고 있다.

그 중 아시아 지역의 PVC 창호 시장을 살펴보면 2001년 기준으로 중국이 69만 톤 규모로 시장 규모가 가장 크며 중국 내 건축 수요의 꾸준한 신장과 정부의 PVC 창호 사용을 권장하는 Guide-line에 의하여 2005년에는 시장규모가 130만 톤까지 성장할 것으로 전망되고 있으며 이를 **그림 3**

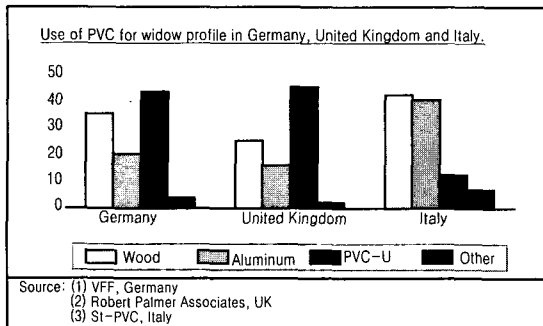


그림 1. 유럽 창호 소재별 수요 비중 구성 (% , 2000년).

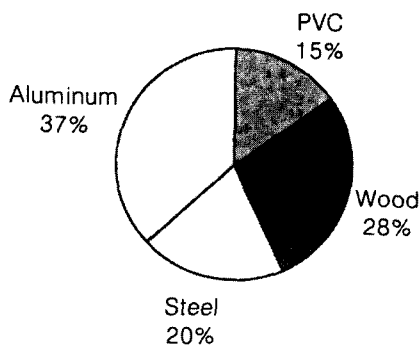


그림 2. 중국 창호 소재별 수요 비중 (2001년).³

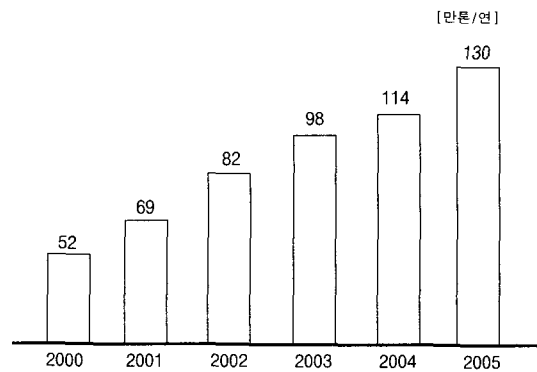


그림 3. 중국 PVC 창호재 시장 전망 (Kaneka Corp. 2002년 4월).³

에 나타내었다.

한국 및 일본의 2001년 PVC 창호 시장 규모는 16만 톤 및 3만 톤 규모이며 동남아시아 국가의 시장 규모는 연 1만 톤 미만이다.

3. 요구성능 및 평가 방법

먼저 창호재에 일반적으로 요구되는 성능과 그에 대한 평가방법과 기준치를 간략하게 정리하면 다음과 같다. 창호에 요구되어지는 주요성능은 강도, 내풍압성, 내충격성, 기밀성, 수밀성, 차음성, 단열성, 방로성, 방화성, 내진성, 내후성, 형태 및 치수 안정성, 개폐력, 개폐반복, 부품 부착성 등이 있다. (KS F 2297-창 및 문의 성능 시험 방법 통칙-참조). 그러나 창호의 이와 같은 성능은 보통의 벽과 비교할 때 유리 등의 얇은 면재로 구성되어 사용되는 것과, 개폐기구를 갖기 위하여 가동부분과 구체들 간에 불가피하게 틈이 생기는 것으로 인하여 대폭적인 성능저하가 생긴다. 이와 같이 창호와 같은 개구부는 본래 성능상의 결함을 피할 수 없지만, 역으로 창호의 성능 향상은 건축물의 성능 향상에 기여하는 정도가 커서 최근에는 건축물의 질적 향상에 대응하여 단열새시, 방음새시, 방로새시, 에어타이트 새시 등 여러 가지로 고성능의 창호가 개발되어지고 있다.

3.1 기밀성

창호의 기밀성은 창호 안팎에 압력차를 두어 통기량 정도를 측정하는 방법으로 KS F 2292 (창호의 기밀성 시험 방법)에 규정되어 있다. 기밀성의 평가방법에는 1시간 동안의 통기량을 창의 단위면적

으로 나누어 환산하는 단위면적 당 통기량법 ($m^3/h \cdot m^2$)과 틈새길이를 환산하는 틈새길이 당 통기량법 ($m^3/h \cdot m^2$)이 있다. 후자는 동일 개폐형식의 경우 잘 닫혀지는지의 여부를 평가하는데 유효한 방법인 반면, 전자는 서로 다른 형식의 창호간 기밀성 비교에 양호한 방법인데 독일 등에서는 후자, KS 및 JIS규격에서는 전자로 평가한다. 기밀성 정도의 구분은 압력차 1,3,5,10 kg/m^2 에서의 통기량 규정을 기밀성 등급으로 표시한다. 일반적으로 창호의 기밀성은 주택용은 8 내지 30등급, 빌딩용은 2 내지 8등급, 에어타이트 새시 등은 2등급 이하가 요구된다.

3.2 내풍압성

창호의 내풍압성은 창호의 외측으로부터 예상되는 풍속에 상당하는 풍압력을 걸 때 변형량 한계 및 유해한 손상이나 잔류변형이 생기지 않는 것을 확인하는 것으로 KS F 2296 (창 및 문의 내풍압성 시험 방법)에 규정되어 있다. 일반적으로 창호의 내풍압성을 말할 때에는 알루미늄새시와 같은 틀체의 성능을 지칭하는 것으로 시험은 제품규격에 지정된 유리를 붙이고 행하게 되지만, 단, 공기가 많이 새어 요구하는 단계까지 가압이 곤란한 경우는 틈에 종이를 바르는 등 필요한 조치를 취하고 실시한다. 내풍압의 정도는 건물의 입지조건 및 높이에 따라 다른데, KS규격에는 생산자 및 주문자 등 당사자간에 정하도록 되어 있다. 등급은 80 (80등급) $kg/m^2 \sim 360$ (360등급) kg/m^2 의 7단계로 나누어져 있다. 일반적으로 창호의 내풍압성은 저층주택 용에서는 120 내지 160등급, 중층빌딩 용에서는 240 내지 280등급의 것이 사용되어지고 있다. 또한 유리의 종류나 두께에 있어서는 고층부에 사용될수록 강하고 두꺼운 것이 되어야 하는 것에 주의하여야 한다.

3.3 수밀성

창호의 수밀성은 창호틀과 가동부재 사이의 접합 특성이 주가 되나, 새시의 누수는 이와 같은 접합부의 누수 외에도 폭풍 시에는 밀틀 물빼기 구멍으로부터의 역류 등도 문제시 된다. 창호의 수밀성 시험은 정해진 풍압력으로 맥동압 분무를 10분간 계속하고 누수가 없는 것을 확인하여 판정하게 되는데 상세한 시험방법은 KS F 2293 (창호의 수밀성 시험 방법)에 규정되어 있다. 수밀성의 등급은 맥동압의 상·중·하압 중에 상, 하한치 간의 차이 (곧, 중앙치 풍압력)에 따라 10~50 kg/m^2 를 5단

계로 나누어 압력차로서 규정을 정하고 있는데, 주택용은 압력차 15 혹은 25 kg/m^2 , 빌딩용은 25, 30, 35 kg/m^2 정도가 자주 이용된다.

3.4 차음성

이 성능은 건축물 바깥 둘레의 벽에 부착된 창 및 문으로의 음향투과 손실량 (dB)을 측정하여 창호의 차음성능으로 나타내는 것인데, KS F 2235 (창 및 문의 차음 시험 방법)에 규정되어 있다. 측정방법으로는 측정대상 창호에 대하여 외부에서 시험음을 입사시켜 창호의 외부 및 내부의 음압레벨을 측정함으로써 측정대상 창호의 음향투과 손실을 구하는 방법인 외부음원법과, 이의 반대 위치에서 음향투과 손실을 구하는 내부음원법이 있다. 차음성 등급은 측정주파수 125~4,000 Hz의 6개 단계에서 음향투과 손실량 (dB)을 정한 25~40의 4등급선으로 나누어 규정하고 있는데, 보통 미서기창의 방음량은 25등급선을 만족하는 것으로 되어 있다.

3.5 단열성

일반적으로 금속성의 창호는 거실의 단열, 에너지 절약화를 시도할 때 제일 큰 약점이 된다. 창호의 단열성을 향상시키기 위해서 창호의 틀체를 목재 혹은 플라스틱재로 변경하면 효과가 크고, 유리는 복층유리로 하거나 2중, 3중 새시로 하는 것이 효율을 높일 수 있다. 단열성 시험방법은 열관류저항 ($m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$)을 측정하는 것으로 상세한 내용은 KS F 2278 (창 및 문의 단열성 시험 방법)에 규정되어 있다. 단열성 등급은 열관류저항 0.25~0.40의 4단계로 규정되어 있는데 단열창호는 0.25 이상을 규정하고 있다.

3.6 개폐성

창호의 개폐성에 대해 창 및 문이 열리거나 닫히는 데 필요한 난이도의 척도로서 두가지 시험 규정을 정해놓고 있는데, 개폐시의 하중을 시험하는 KS F 2237 (창 및 문의 개폐력 시험 방법)의 개폐력 시험 규정과, 목재문용 정첩의 반복개폐에 대한 정첩 최상부의 비하중절 (非荷重節)에 대한 그 틈새의 마모도를 측정하는 KS F 2275 (경첩의 반복 개폐 시험 방법) 규정이 그것이다. 개폐성능에 대한 품질규정은 개폐력의 경우 미닫이창호 중 일상개폐되는 경우는 5.0 kg 이하에서 원활하게 작동하는 것이 규정되어 있고, 반복개폐에 있어 목재문용 정첩 (보주정첩)의 반복개폐에 따른 내구성은 20만회 개폐 시 그 마모율이 0.8 mm이하로 규정되어 있다.

3.7 기타 성능

건축용 창호에 요구되는 성능으로 상기 이외에 다음과 같은 것이 있다.

① 강도 : 부분 또는 전체의 면내 및 면외력에 견디는 정도로서 면내, 면외의 변형시험은 KS F 2294(창호의 구조적 성능 시험방법)에 규정되어 있고, 굴곡시험에 따른 처짐 및 응력도는 KS D 7038(알루미늄합금제 창)의 문틀 끝(여밌대) 강도시험 항목에 규정되어 있다.

② 내충격성 : 창 및 문의 부분 또는 전체가 충격력에 견디는 정도를 모양 변화로 측정하는데 KS F 2236(창 및 문의 모래주머니에 의한 내충격성 시험방법)에 규정이 있다.

③ 방로성 : 창 및 문의 온도저하에 따라 생기는 결로의 방지성능을 온도저하 상황을 측정하여 판단하는 것으로 KS F 2295(창 및 문의 결로방지성능 시험방법)에 규정이 있다.

④ 방화성 : 건축물에 화재 발생시 확대방지 성능의 정도를 나타내는 것으로 방화시험에 따른 변형을 평가한다. KS F 2268(건축용 방화문의 방화 시험방법)에 규정이 있다.

⑤ 내진성, 내후성, 모양안정성, 부품 부착성 : 지진 및 진동으로 생기는 면내 변형에 대응할 수 있는 정도를 나타내는 것으로 내진성, 구조 강도 및 표면 상태 등이 일정기간에 걸쳐서 사용에 견딜 수 있는 품질을 유지하고 있는 정도를 나타내는 내후성, 환경변화에 대하여 모양치수가 변하지 않는 정도를 나타내는 모양 안정성, 사용상태에서 부품 부착 부분에 생기는 변형, 헐거움, 덜거덕 거림이 없는 정도를 나타내는 부품 부착성 등의 성능에 대한 규정이 KS F 2297(창 및 문의 성능 시험방법 통칙)에 정해져 있다.

4. Plastic 창호에 대한 국내외 규격

창호용 고분자로서 PVC 수지가 가격 대비 우수한 강도와 내구성, 용이한 가공 성형성, 우수한 단열성, 보온성 등의 성능이 우수하여 널리 사용되고 있다. 이와 같이 PVC가 여러 장점이 있는 반면 brittle한 성질로 인해 외부의 충격에 취약한 단점도 있어 이를 보완하기 위하여 아크릴계 또는 MBS나 CPE 충격보강제를 첨가하여 단점을 보완하고 있다. 플라스틱 창, 문 및 틀은 표 1에 나타난 바와 같이 KS F 3117(창세트) 규격에 따라야

한다.

참고로 PVC 창호에 대한 역사와 기술이 앞선 유럽의 고충격 창호에 대한 규격은 표 2와 같다.

PVC 수지에 있어 또 다른 단점은 열에 취약하다는 점이다. 현재는 열안정제를 첨가하여 열안정성을 개선하고 있다. 표 3은 창호용 소재에 따른 전열 계수를 나타낸 것이다.

표 1. 플라스틱 창호의 물성 규격

항 목	관 정 기 준
인장강도 (kgf/cm ²)	400 이상
신 장 륜 (%)	100 이상
충격강도 (kgf · cm/cm ²)	20 이상

표 2. 유럽의 고충격 창호 물성 규격

Property	Test method	Typical Value
Tensile strength	ISO 527	44 MPa
Tensile modulus(1% strain)@23 °C	ISO R899	2250 MPa
Flexural modulus	ISO 178	2400 MPa
Flexural yield strength	ISO 178	76 MPa
Relative density	ISO 1183	1.4-1.5 MPa
Charpy impact strength@23°C	ISO 179 BS 2782, Part 3, Method 59, 1984 (0.1 mm V notch)	14 kJ/m ²
	DIN 53753 (0.1 mm VV notch)	40-50 kJ/m ²
Retention of impact strength after accelerated weathering to 8GJ/m ³	BS 2782, method 359 DIN 53753	> 80%
Color fastness	ISO 105	Grey scale 4-5
Vicat softening point	ISO 306B	80 °C
Coefficient of thermal conductivity @23°C		0.16 W/m°C
Coefficient of linear expansion		6×10 ⁻⁵ /°C

표 3. 창호용 소재의 전열 계수

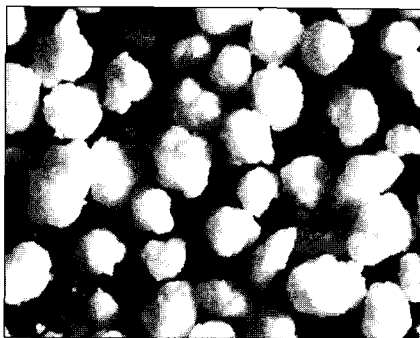
Component	Thermal transmittance (W/m ² K)
Timber-thickness 60 mm	1.5-1.6
Aluminum-without thermal break	5.2-5.8
Aluminum-with thermal break	2.9-3.9
PVC profile-2-cavities	2.4
Double glazing-12 mm air gap	3
Triple glazing-12 mm air gap	2.1-2.2
Single glazing	4.5

5. 창호용 고분자 (내충격성 PVC)

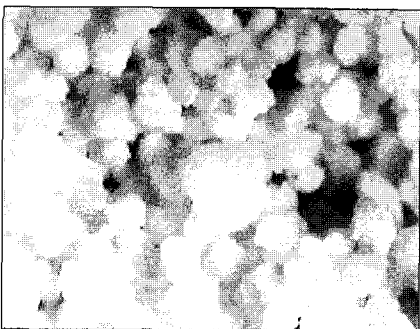
창호용 소재로서 PVC가 물성과 비용 측면에서 매우 우수하여 널리 사용되고 있으며 인장강도 등의 강도특성은 우수한 반면 충격강도가 취약한 단점이 있어 내충격성을 향상시키기 위하여 종래에는 MBS, Acrylate 충격 보강제, CPE, ABS 등을 혼합하여 사용하였으나,^{4,5} 최근에는 내충격성을 부여하는 고무 성분을 PVC 수지 내에 함유시켜 별도로 충격보강제를 배합할 필요가 없는 내충격성 PVC가 개발되어 PVC 창호의 품질 수준이 높은 유럽에서는 오래 전부터 사용되고 있다.

내충격성 PVC의 중합 방법은 다음과 같다.⁶⁻¹⁴ VC 단량체와 유리 전이 온도가 -20°C 미만인 알킬(메타)아크릴레이트를 주성분으로 한 아크릴계 단량체와의 그래프트 공중합 방법으로, 아크릴레이트 공중합체 중합 단계와 중합된 폴리 아크릴레이트 공중합체와 염화 비닐계 단량체와의 그래프트 공중합 단계로 나뉜다. 제 1단계에서는 개시제의

존재하에서 아크릴레이트를 포함한 공중합이 가능한 임의의 단량체를 사용하게 되는 데 여기에는 탄소수 2부터 10의 알킬 에스테르가 해당되며 일례로 에틸 아크릴레이트, *n*-프로필 아크릴레이트, *n*-iso-부틸 아크릴레이트, *n*-헥실 아크릴레이트, *n*-에틸 헥실 아크릴레이트, *n*-옥틸 아크릴레이트 등을 들 수 있다. 또한 그와 유사한 알킬 아릴 아크릴레이트를 사용할 수 있다. 제 2단계에서, 매트릭스 역할을 할 단량체를 제 1단계에서 중합한 아크릴레이트 공중합체에 현탁 중합 공정으로 도입하여 중합을 진행시킨다. 중합 후 제조된 PVC-폴리 아

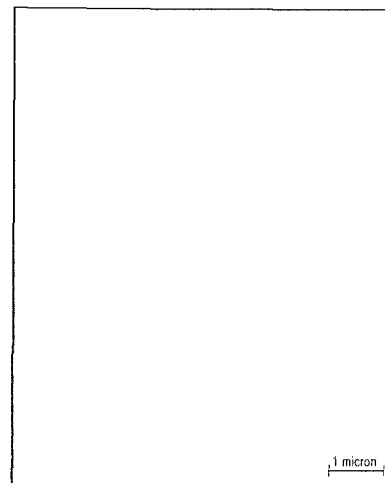


(a)

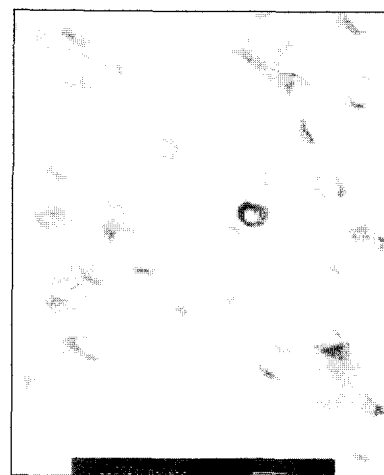


(b)

그림 4. 창호용 PVC 입자 형태 : (a) 일반 수상 현탁 중합 PVC 입자 (평균입경=150 μm), (b) 충격 보강 성분 일체형 PVC 입자 (평균입경=130 μm).

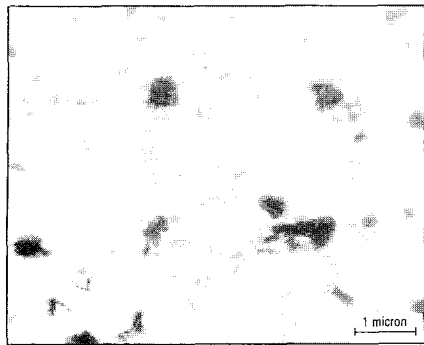


(a)

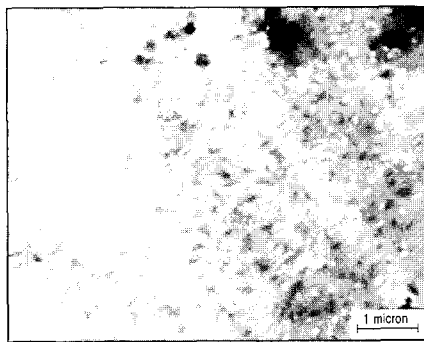


(b)

그림 5. 창호용 내충격성 PVC 입자의 단면 구조 : (a) 일반 수상 현탁 중합 PVC 입자 (평균입경=150 μm), (b) 충격 보강 성분 일체형 PVC 입자 (평균입경=130 μm).



(a)



(b)

그림 6. 성형된 창틀 단면 구조 (TEM) : (a) 일반 수상 현탁 중합 PVC 입자 (평균입경=150 μm), (b) 충격 보강 성분 일체형 PVC 입자 (평균입경=130 μm).

표 4. 사용 수지에 따른 창호의 물성 비교¹⁵

시험 항목		단위	Graft PVC	PVC+Acryl 계 충격보강제	PVC+CPE
충격강도	Izod충격강도	20 ℃	Kgf ·	NB	
		40 ℃	cm/cm ³	NB	
	Charpy	40 ℃		NB	
		0 ℃		16	
		-20 ℃		10	
인장강도	인장강도	Kgf/cm ³	460	510	450
	파단신율	%	155	150	160
굴곡강도	굴곡강도	Kgf/cm ³	670	730	750
	탄성율		24000	26000	27000
내후성	0 hr	-	○	○	○
	200 hr	-	○	○	△
	500 hr	-	○	○	×
	1000 hr	-	○	△	×
Vicat 연화점		℃	89	91	88

크릴레이트 그래프트 공중합체는 내충격성을 띠게 된다.

이러한 내충격 PVC를 사용함으로써 첨가제 계량에 따른 품질 편차를 줄일 수 있고 부원료 관리

간편성을 높일 수 있으며 분진 폭발에 대해서도 안정한 장점과 충격강도와 창호 제조시 용접 강도가 우수한 장점이 있다. 이러한 내충격 PVC 수지의 입자 구조를 살펴보면 외관 (그림 4)은 일반 PVC 입자와 큰 차이가 없으나 입자 단면을 TEM으로 관찰하여 보면 입자 내에 충격보강 성분인 고무의 분산성이 매우 우수함을 알 수 있다 (그림 5). 그림 6에 나타난 바와 같이 최종 성형품의 단면을 TEM으로 관찰하여 보면 종래의 MBS나 CPE를 사용하는 블렌드 형태에 비하여 충격보강 성분인 고무의 분산성이 우수하여 충격 효율이 뛰어나며 내후성도 매우 양호한 것으로 알려져 있다 (표 4).

6. 창호재 관련 환경 Issues

창호용 고분자 소재로 PVC를 사용할 때 PVC 자체의 환경 문제와 성형 가공 시 첨가되는 카드뮴 또는 납 계 유기 중금속계 안정제의 독성으로 인하여 환경 압력을 많이 받아 왔으며 최근 3~4년 전 부터는 이에 대한 대체 소재로서 폴리프로필렌을 사용하거나 목분 (Wood)이 약 40% 정도 복합화 된 창호가 개발되고 있으나 아직까지는 성능이 현재의 PVC 창호에는 미치지 못하는 것으로 알려지고 있다.

또한 영국에서는 2000년 기준으로 PVC 창호 약 15,000톤 정도가 재활용되고 있으며 2005년까지 재활용 비중을 높여 나갈 계획을 추진하고 있다.

표 5에 PVC 창호용 소재의 재활용 비율을 나타내었다.

한편 창호용 소재별로 환경에 미치는 영향을 살핀 최근의 연구에 의하면 PVC 창호가 타소재에 비하여 환경 영향이 가장 작은 것으로 평가되어 있다 (그림 7).

7. 맺 음 말

지금까지 창호용 고분자의 개념 및 소재에 따른

표 5. 유럽의 PVC 창호 재활용 비율³

창호용 소재	재활용	매립
목재	8%	92%
Aluminum	41%	59%
철재	57%	43%
PVC	66%	34%

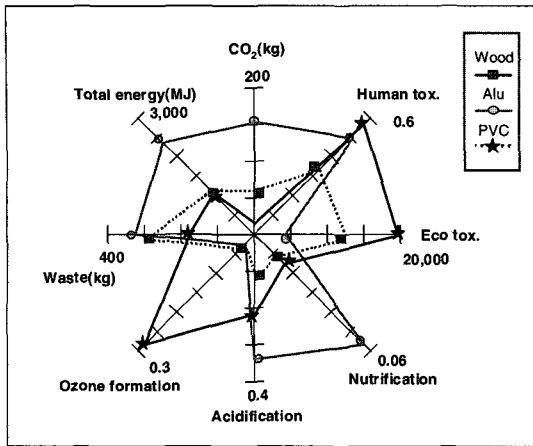


그림 7. 창호용 소재별 환경 영향 평가 결과.³⁾

사용 추이 및 현황, 특성에 대하여 간략하게 살펴 보았다. 기존 목재나 알루미늄 등의 소재에 비하여 비용효익이 우수한 Plastic 소재로 만들어진 창호의 규모가 지속적인 성장성을 나타내고 있는 사실을 알 수 있으며 이러한 추세는 향후 지속될 것으로 전망되고 있다. 그 중 창호용 소재로서 현재 가장 많이 사용되고 있는 PVC를 살펴 보면 타 소재에 비하여 가공 성형이 비교적 용이하며 단열, 보온 및 방음효과가 금속이나 목재 소재에 비하여 우수하여 사용범위의 확대가 예상된다.

현재 내충격 PVC와 같이 기존 PVC 재료의 장점을 살리고 내충격성과 내후성의 단점이 보완된 수지가 개발되어 적용하고 있는 바와 같이 창호용 소재로 사용될 Polymer의 발전 가능성도 기대된다. 이러한 추이와 함께 현재 Issue화 되고 있는 환경문제에 보다 능동적으로 대처하고 건축용 소재로서 인간 생활에 풍요로움을 더하기 위해서는 무

독 안정제를 개발하고 그에 적합한 가공 기술을 확립할 수 있도록 연구 개발에 힘써야 하며 아울러 건축물의 노후화나 신개축에 따라 발생하는 Plastic 창호를 재활용할 수 있는 방안에 대해서도 적극적인 관심과 노력이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 土本, 建築産業 プラスチック스 エージ, p.14~18 (1990).
2. 土本, 海洋, 建築物と 資材の 新動向 : 大板 Chemical Research, vol.3, no.100 (1986).
3. PVC 2002 "Towards a Sustainable Future" (2002).
4. Torsten Rehm, *J. of Vinyl & Additive Technology*, **4**, 259 (1998).
5. Aron Sternfield, *Modern Plastics International*, 63 (1986).
6. Vendelin Macho *et al.*, *J. Appl. Polym. Sci.*, **68**(4), 649 (1998).
7. T. Rehm, *Kunststoffe*, **87**, 1792 (1997).
8. J. Kolarik and L. Di Landro, *J. of Material Sci. Letters*, **9**, 876 (1990).
9. Vinnolit EP-0647663 (1995).
10. Huels, USP-5254630 (1993).
11. Solvay, EP-0713892 (1996).
12. Shinetsu JP-58103514 (1983).
13. Mitsui Toatsu JP-61111315 (1986).
14. Hoechst USP-4981907 (1991).
15. Akihiko Takahashi and Katsuhito Kohketsu, "Improving Functions of General Purpose Polymers and Cost Performance" (2001).