

고분자 수지의 발포 원리와 특성

조원호 교수 · 이호상/서울대학교 공과대학 섬유고분자공학과

목차

- 1. 서론
- 2. 발포 기초 원리
 - 2-1. 셀의 생성
 - 2-2. 셀의 성장
 - 2-3. 셀의 안정화
 - 2-4. 발포에 영향을 미치는 인자
- 3. 발포제
 - 3-1. 물리 발포제
 - 3-2. 화학 발포제
- 4. 발포제의 기계적 성질
- 5. 발포 공정
- 6. 결론

1. 서론

포장재료로 사용되는 재료인 종이나 목재, 고분자 재료, 경금속 등은 밀도가 0.4~7.8g/cm³의 범주 내에 들게 되는데, 그중에서도 고분자 물질의 밀도는 발포를 시켜줌으로써 더욱 감소시켜 줄 수가 있다. 이때 발포체는 다양한 크기와 모양의 작은 셀(cell)을 갖게 된다.

발포체는 낮은 밀도에 비하여 좋은 물성들을 나타내고 있으며 포장재로서의 사용량이 증가하는 추세이다. 발포 포장재는 온도의 변화나 운송 취급시의 충격으로부터 제품을 보호하기 위해 많이 사용되고 있으며, 발포체로 사용되는 고분자 재료로 폴리올레핀(Polyolefin)계, 폴리스티렌(Polystyrene), 폴리우레탄(Polyurethane)과 PVC 등이 사용되고 있

다.

이중에서 폴리올레핀계 수지인 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리프로필렌(Polypropylene) 및 그것의 공중합체(copolymer)의 발포체는 탄성(elasticity), 유연성(flexibility), 내마모성, 내화학약품성 및 전기적 특성이 뛰어나며 기계적 물성 또한 뛰어나 각종 포장재를 비롯한 자동차 내장재, 전기, 전자 부품 및 일용잡화 등에 폭넓게 사용되고 있다.

이 글에서는 발포 이론과 포장재료에 주로 사용되는 저밀도 발포 폴리올레핀계 수지를 중심으로 발포공정 및 발포체의 특성과 용도에 대하여 알아보고, CFC규제로 인한 대체 발포제에 대한 최근의 경향에 대하여 소개하고자 한다.

2 발포 기초 원리

발포수지 내의 기체상(gas phase)은 셀 내에 분포하게 되는데 셀이 서로 연결되어 있으면 연속기포(open-cell) 구조라 하고, 셀이 개별적으로 떨어져 있어 기체상의 셀 내에 독립적으로 분포되어 있는 경우에 독립기포(closed-cell) 구조라고 부른다.

수지발포는 여러 가지 방법에 의하여 이루어지는데 가장 광범위하게 사용되는 것이 분산에 의한 방법으로 용액상의 고분자에 기체를 분산시켜 발포시킨 후 그 구조를 유지시키는 방법이다. 발포공정은 광범위한 연구의 주제가 되어 왔으며 일반적으로 세 단계로 구분된다. 용액상이나 수지에 셀을 형성시키는 초기단계, 원하는 부피의 셀을 갖게 만드는 성장단계와 발포구조의 안정화단계로 구분되어진다.

2-1. 셀의 생성

고분자 용액상에서 셀의 생성을 기핵(nucleation)이라 부르는데 기핵의 방법에는 다음의 여러 가지가 있다.

- ① 고분자 용액에 정상적으로 존재하는 용해된 기체의 온도를 증가시킴으로써 강제적으로 기화시킨다.
- ② 낮은 비등점을 갖는 액체(발포제)를 수지에 침투시켜 온도를 상승시키거나 압력을 낮춰주어 기화시킨다.
- ③ 화학반응에 의해 기체를 발생시킨다.
- ④ 비교적 낮은 온도에서 분해되어 분해가스를 발생시키는 화학 발포

제를 수지와 섞은 뒤 온도를 상승시켜 분해시킨다.

발포셀의 기핵작용에 있어 영향을 끼치는 가장 중요한 인자는 온도와 압력이다. 온도는 높을수록, 압력은 낮을수록 발포형성이 가능해진다.

이외에도 영향을 미치는 인자로는 습도, 충전제의 표면특성, 첨가제의 존재와 농도, 가스발생 속도 등을 들 수 있다. 대부분의 경우 기포나 다른 불순물이 이미 고분자 용액이나 수지에 존재하게 되는데 이러한 것들이 가스가 확산될 수 있는 자리를 제공해 주게 된다. 따라서 위에서 언급한 여러 인자들의 조건을 적절히 조절해 주어야 균일한 발포형성을 시킬 수가 있다. 발포에 미치는 인자들에 대한 자세한 사항은 뒤에서 다시 언급하기로 한다.

2-2. 셀의 성장

초기 셀은 구형이며 셀 안과 밖의 압력차(ΔP)와 계면장력(γ)의 작용에 의해 성장하게 된다. 평형상태에서 셀의 반지름(r)과 위의 인자 사이에는 다음의 식이 성립한다.

$$\Delta P = 2 \frac{\gamma}{r} \dots \dots \dots (1)$$

식(1)에서 알 수 있는 바와 같이 계면장력을 고정시켰을 때 작은 셀의 경우가 큰 셀보다 셀 내부와 밖의 압력차가 더 큰 값을 갖게 된다. 따라서 작은 셀들은 압력차를 줄이기 위하여 셀의 성장속도가 빠르게 되거나 셀 벽의 파괴에 의해서 서로 합쳐지게 된다. 또한 식(2)에서와 같이 기체가 작은 셀에서 큰 셀로 확산하므로써 압력차를 줄이려 하게 된다. 반경 r_1 인 셀과 r_2 인 셀의 ΔP 의 차는

식(2)와 같이 표현될 수 있다.

$$\Delta P_{1,2} = 2\gamma \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

여기서 $\Delta P_{1,2}$ 는 반경 r_1, r_2 를 갖는 셀 사이의 ΔP 의 차이이다. 따라서 셀의 성장속도는 수지의 점탄성적 성질, 발포제의 외부압력, 셀의 크기, 수지 내로의 발포제의 침투속도 등에 영향을 받게 된다.

식(1)과 (2)로부터 작은 셀은 그 수가 감소하고 큰 셀의 크기는 증가하게 됨을 알 수 있다. 계의 표면자유에너지(ΔF)는 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta F = \gamma A \dots \dots \dots (3)$$

여기서 A 는 총 계면 면적이고, 식(3)에서 알 수 있듯이 셀은 총계면 면적을 최소화하기 위해 합쳐지려 하고, 그럼으로써 필요로 하는 자유에너지를 감소시킨다.

위의 세 식은 계면장력의 셀 크기와 성장에 미치는 영향을 나타내고 있다. 즉 셀은 내부의 압력과 외부의 압력 차를 줄여 안정하게 되고자 하므로 성장하게 되며, 이웃한 셀과 합쳐지므로써 압력차를 줄이려고도 한다. 반면에 식(3)에서와 같이 셀의 분산성을 좋게 하려면 표면 장력이 작아야 유리하나 표면 장력이 작다는 것은 셀의 크기가 작아지는 것이므로 총 계면 면적은 증가하게 된다. 따라서 위의 변수들의 적절한 균형에 의해 셀이 성장하게 된다.

표면장력이 감소되면 임의의 크기를 유지하는데 드는 압력차를 감소시킬 수는 있으나 계면장력은 온도에 따른 수지의 고유성질이므로 발포과정중에 인위적인 조절은 불가능하며

수지선택시의 고려사항이 된다.

셀의 크기는 이미 녹아있던 기체가 셀 안으로 확산되며 커지기도 하고, 이웃한 셀과 합쳐지기도 하며, 온도에 의한 팽창에 의해서도 커지게 되는데 이렇게 해서 셀의 크기가 커지면 최초 구형이던 셀이 구형을 유지하기가 어렵게 되어 셀 모양이 변형된다.

2-3. 셀의 안정화

발포셀의 수가 많지 않은 저발포체의 경우 셀의 형태는 구형을 유지하게 되나 고발포체의 경우에는 셀의 형태가 변하게 된다. 따라서 고발포체의 경우 셀과 셀 사이의 수지층이 발포 정도에 따라 점점 얇아져 셀 사이가 연결되어 있는 연속기포구조를 갖게 되거나 셀과 셀 사이의 벽이 붕괴되는 현상들이 일어나게 되므로 이를 막아주기 위해 안정화의 과정이 필요하게 된다.

셀의 안정화는 점도의 증가에 의하여 이루어지게 된다. 가교나 냉각 등에 의하여 용융된 수지의 점도가 커지면 수지의 유동성의 저하로 셀이 더 이상의 팽창이나 셀끼리의 합쳐짐 등이 정지되어 안정화하게 된다.

2-4. 발포에 영향을 미치는 인자
발포체의 구조에 영향을 미치는 인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 발포방법의 선택
 - ② 고분자와 그 첨가제의 특성
 - ③ 발포제
 - ④ 발포제의 적합온도 범위 내에서의 수지 점도
 - ⑤ 발포온도와 지속성
- 발포제의 분해는 kicker의 첨가에

(표 1) kicker의 종류와 용도

종 류	화합물 예	용 도
fast kicker	카드뮴과 카드뮴-아연 염	분해온도를 낮춰준다
midium kicker	납과 납-아연 염	
slow kicker	바륨과 바륨-아연 염	분해온도를 높여준다

의해 조절되어진다. 여기서 kicker란 촉진제(activator)로 작용하는 물질을 말하는데 (표1)에 나타내었다. fast kicker는 독립기포 구조를 갖게 하고 slow kicker는 좀더 연속기포 구조를 갖게 한다.

3. 발포제(Blowing agent)

발포제는 수지에 기포를 부여하는 화학제품으로 다음의 특성을 구비하는 것이 좋다.

- ① 저장 안정성
 - ② 수지 내 분산 용이성
 - ③ 공정온도에 적합한 좁은 범위 내에서의 기체 발생
 - ④ 성형압력에 무관한 분해속도
 - ⑤ 발생기체가 무독하고 부식성이 없어야 한다.
 - ⑥ 분해생성물은 무독하고 무색, 무취해야 한다.
 - ⑦ 분해생성물이 발포체의 물리적, 화학적 성질에 영향을 주지 않아야 한다.
 - ⑧ 분해생성물은 수지와 상용성이 있어야 한다.
 - ⑨ 분해열이 작아야 좋다.
 - ⑩ 경제성
- 발포제는 크게 물리발포제(physical blowing agent)와 화학발포제(chemical blowing agent)로 구별

되는데 화학발포제는 다시 무기(inorganic)와 유기발포제(organic blowing agent)로 나뉘어진다. 발포제는 가공조건 및 특성을 고려하여 사용해야 한다.

발포제의 종류에 상관없이 발포과정은 위에서 언급한 기핵과 성장, 안정화의 세 단계를 지나게 된다. 초기 단계에서 수지 내의 발포제가 과포화 상태가 되어야 하는데, 수지와 물리발포제의 혼합물에서 감압을 시키거나 화학발포제를 포함한 수지를 가열함으로써 과포화 상태에 이르게 된다. 셀이 임계 크기에 이르게 되면 발포제가 셀 내부로 급격히 확산되며 셀이 성장하게 된다. 물리발포제를 사용한 경우의 안정화는 수지상으로부터 발포제가 빠져 나오는데 따르는 점도의 상승이나, 냉각에 의한 수지의 고화(solidification)에 의해 이루어진다. 반면에 화학 발포제를 사용한 경우는 가교에 의하여 안정화된다.

3-1. 물리 발포제

물리발포제는 폴리에틸렌의 저밀도 압출발포에 주로 사용된다. 물리발포제는 발포공정중 액체에서 기체로의 상변이가 있어야 하며 기체 상태에서 열적으로 안정하고 화학적 불활성이면서 무취, 무독, 불연성이고 부식성이 없는 것이 좋다.

사용되는 물리 발포제로는 낮은 비등점의 탄화수소계, 안정성이 좋은 프레온(freon)계, 염소 및 불소계 화합물이 사용되며 그의 알콜(alcohol)계, 에테르(ether)계, 케톤(ketone)계 및 방향족 탄화수소계 등의 화합물들이 있다.

지난 삼십여년 동안 가장 많이 사용되어온 CFC114는 물리발포제가 갖춰야 할 거의 모든 조건을 구비했으나 오존층을 파괴하는 화합물 중의 하나로 알려져 사용이 규제되었다. 최근에는 환경보전 측면이 강력히 대두되고 있어 프레온계의 사용이 줄고, 낮은 비등점의 탄화수소계 발포제를 사용하는 경향이 있다. [표2]에 주요 물리발포제의 특성을 나열하였다.

[표2]에서 나타낸 발포제중 CFC 계열은 보통 프레온(Freon)이란 상품명으로 더욱 잘 알려져 있는데, 이

는 미국 EPA의 사용규제와 '몬트리올 의정서'의 전세계적인 사용축소와 궁극적 생산금지 협약에 의해 점차 그 사용이 불가능하게 되었고 대체 재료의 개발연구에 귀추가 주목된다.

환경파괴의 주범으로 결정적 역할을 하고 있다는 것으로 알려져 사용이 규제되는 CFC계는 F-11, 12, 113, 114, 그리고 115의 다섯 가지이다. 따라서 CFC와 유사물질인 HCFC(Hydrofluorochlorocarbon)와 HFC(Hydrofluorocarbon), FC(Fluorocarbon) 등이 대체 재료로 많이 연구되고 있으며 이들을 정리하면 [표3]과 같다.

CFC의 용도별, 지역별 전세계적 소비량을 [그림1]과 [그림2]에 나타내었다. 그리고 각 용도에 따라 대체가 예상되는 물질을 [그림3]에 정리하였다. 지금까지는 만족스러운 대체 물질이 개발되지는 않았지만 HCFC

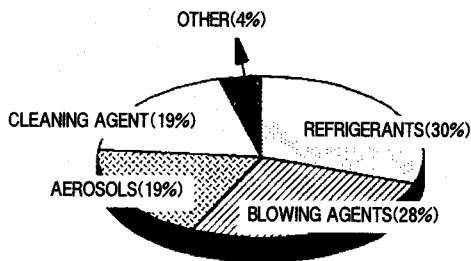
(표2) 물리발포제의 특성

종류	화학식	분자량	비등점(°C)
CFC 11	CCl ₃ F	137.4	23.8
CFC 12	CCl ₂ F ₂	120.9	-29.8
CFC 22	CHClF ₂	86.5	-40.8
CFC 113	CCl ₂ FCClF ₂	187.4	47.6
CFC 114	CClF ₂ CClF ₂	170.9	3.8
CFC 115	CF ₃ CClF ₂	154.5	-38.7
MeCl	CH ₃ Cl	50.5	-24.2
MeCl ₂	CH ₂ Cl ₂	84.9	40.7
EtCl	CH ₃ CH ₂ Cl	64.5	12.3
Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44.1	-42.1
n-Butane	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃	58.1	-0.5
i-Butane	(CH ₃) ₂ CHCH ₃	58.1	-11.7
n-Pentane	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	72.2	36.1
i-Pentane	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	72.2	27.9
Neopentane	(CCH ₃) ₄	72.2	9.5

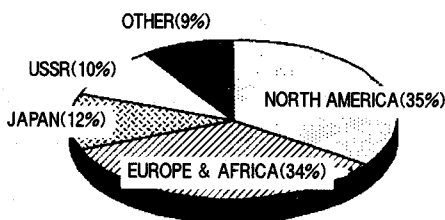
(표3) 개발중인 CFC의 대체 화합물

화학식	난연성	특성	용도
CHCl ₂ CF ₃	불연		발포제, 냉매, 용제
CHClFCF ₃	불연		발포제, 냉매
CHF ₂ CF ₃	불연	시험중	냉매
CH ₂ CF ₃	불연		냉매
CH ₃ CCl ₂ F	가연		발포제, 용제, 분사제

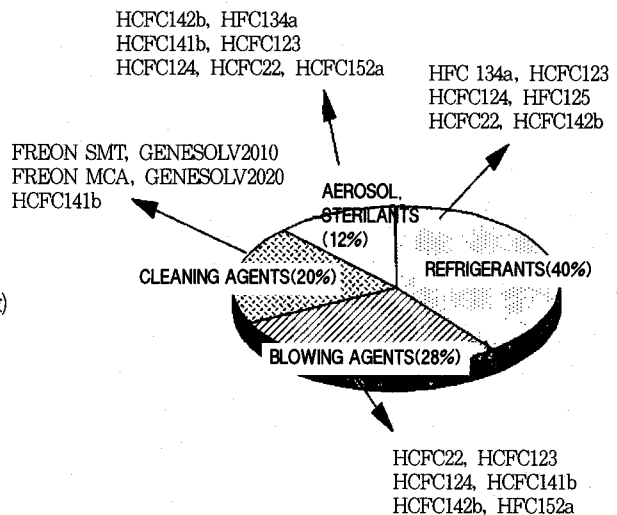
(그림 1) 용도별 fluorocarbon의 세계 소비량(1988=1, 138천톤) (자료 : Du Pont)



(그림 2) 지역별 fluorocarbon의 세계 소비량(1988=1, 138천톤) (자료 : Du Pont)



(그림 3) 대체 fluorocarbon의 용도별 시장수요 예측 (자료 : Du Pont)



와 비불소화합물의 개발은 더욱 가속화 될 것으로 예상된다.

3-2. 화학발포제

화학발포제는 무기발포제와 유기발포제로 나뉘는데 주로 유기 발포제가 많이 사용되어진다. 화학발포제는 열에 의해 분해되어 기체를 생성시킨다. 따라서 화학발포제의 특성은 주어진 수지와 공정 상태에 따르는 기체생성 온도에 의해 결정되어진다.

무기 발포제는 가격이 저렴하고 유기용제에는 잘 녹지 않으며 분산성이 좋지 않고 분해속도가 느리다. 주로 연속기포 구조의 발포체 재료에 사용되어진다. 많이 사용되어지는 무기 발포제를 [표4]에 나타내었다.

유기 발포제는 무기발포제와는 달리 열분해 반응이 급격히 일어나고 발생기체는 대부분 화학적으로 불활성인 질소로 보통 독립기포 구조의 발포체가 만들어 진다. 폴리올레핀 발포에 많이 사용되는 질소발생 유기 발포제를 [표5]에 나타냈다. 그중에서 azodicarbonamide(ACA)가 폴리올레핀 발포에 가장 많이 사용된다. ACA는 발포체에 요구되는 조건들(분해온도, 기체 방출 속도, 기체의 성분, 분산의 용이성, 저장 안정성, 독성 그리고 비용 등)을 모두 만족시켜준다.

ACA는 좁은 분해온도(200~210℃) 범위를 갖지만 촉진제를 사용하여 130℃까지 낮출 수가 있다. 분해속도는 입자의 크기와 촉진제에 의해 변화시킬 수 있으며, 발생 기체는 대부분 질소와 일산화탄소이다. ACA는 연소를 돕지 않으며 자기 소화성을 갖는다. 기체 방출량은 OBSH의

(표4) 무기 발포제의 종류와 특성

종 류	화 학 식	분해온도(℃)	분 해 기 체
중탄산나트륨	NaHCO ₃	60-150	CO ₂ , H ₂ O
탄산 암모늄	(NH ₄) ₂ CO ₃	40-120	CO ₂ , H ₂ O, NH ₃
중탄산암모늄	NH ₄ HCO ₃	36- 60	CO ₂ , H ₂ O, NH ₃
아질산암모늄	NH ₄ NO ₂	불안정	N ₂ , H ₂ O, NH ₃ , N ₂ O
아지드화합물	CaN ₆ , BaN ₆	110, 120	N ₂
경금속	Mg, Zn, Al	—	물과 반응하여 H ₂

(표 5) 유기 발포제의 종류와 특성

종 류	분자량	분해온도(℃)	발생기체량(cal/g)	분해열(cal/mol)
Azodicarbonamide (ACA)	116	195-210	190-240	10.0
N, N'-Dinitroso pentamethylene tetramine(DNPA)	186	200-205	232-252	100.0
4,4-Oxybis(benzene sulfonylhydrazide) (OBSH)	358	150-160	115-130	43.5
p-Toluenesulfonyl hydrazide(TSH)	186	103-111	110-125	52.0

거의 두 배에 가깝다. DNPA는 분해온도는 ACA와 유사하나 높은 분해열과 아민 잔유물에 의한 악취 때문에 사용에 제약이 따른다.

4. 발포체의 기계적 성질

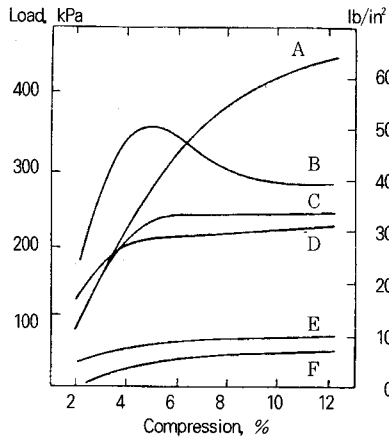
발포수지를 구분하는데 있어 ASTM에 따르는 경우, 20×2.5×2.5cm의 수지를 상온에서 일정속도로 2.5cm의 mandrel에 감을 경우 파열되면 rigid foam, 그렇지 않을 경우를 flexible foam으로 분류된다.

지난 십여년동안 고밀도, rigid 발포 고분자가 상업적으로 매우 중시되었다. rigid 발포수지는 [그림4]에

서 보이는 바와 같이 일반적으로 항복점(yield point)을 보이지 않고, 압력이 가해짐에 따라 후크(Hooke's)의 법칙으로부터 큰 편차를 보임을 알 수 있다. 압축강도(compressive strength)와 탄성률(modulus)에 영향을 미치는 구조 변수로는 수지성분, 밀도, 셀의 구조와 수지의 상태이고, 기체 성분의 효과는 그렇게 크지 않다. 고분자의 밀도와 고분자 종류가 발포수지의 압축강도와 탄성률에 미치는 영향을 [그림5]와 [그림6]에 나타내었다.

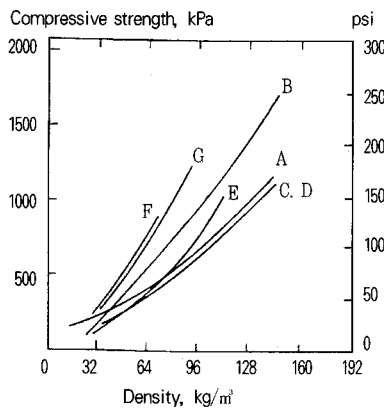
셀의 모양과 구조 역시 압축성질에 영향을 미치게 되는데, 셀의 구조는 적절하게 조절할 수가 있다. rigid

(그림 4) rigid 발포 수지의 압축하중에 대한 변형 곡선



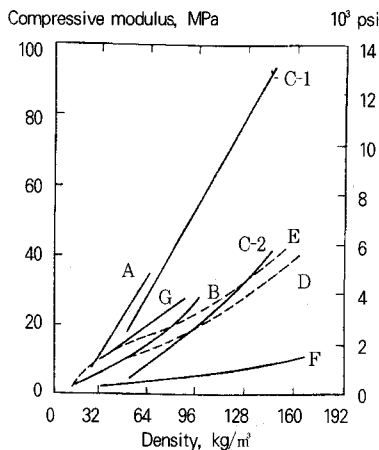
A;폴리스티렌 (64kg/m³), B;PVC(37kg/m³), C;폴리우레탄(30.5kg/m³), D;폴리스티렌(32kg/m³), E;우레아-폼알데히드(29kg/m³), F;폴리에틸렌(32kg/m³).

(그림 5) rigid 발포 수지의 압축 강도에 대한 밀도 효과



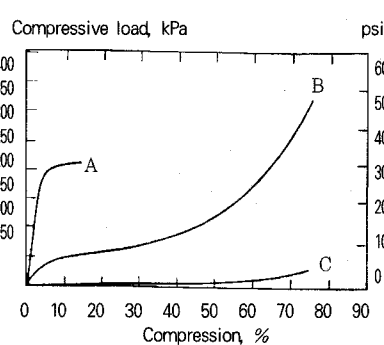
A:발포 폴리스티렌, B:폴리우레탄, C:페놀-폼알데히드 발포수지, D:발포 에보나이트, E:발포 에폭시, F:압출 폴리스티렌, G:PVC.

(그림 6) rigid 발포 수지의 압축 탄성률에 대한 밀도 효과



A;압출 폴리스티렌, B;발포 폴리스티렌, C;폴리우레탄, D;페놀-폼알데히드, E;에보나이트, F;우레아-폼알데히드, G:PVC.

(그림 7) 발포 수지의 하중에 대한 압축률곡선



A;폴리스티렌, B;폴리에틸렌, C;latex 고무 발포.

(shear) 강도와 탄성률에 영향을 미치는 인자 역시 고분자의 조성, 밀도와 셀의 형태이며 밀도의 증가, 온도의 감소에 따라 전단성질도 증가하게 된다.

쿠션(cushion)이나 포장, 의류에 사용되는 flexible 발포수지는 rigid 발포수지에 비해 다른 기계적 성질을 나타낸다. flexible 발포수지의 압축 성질은 가장 중요한 물성이다. 그외 중요한 성질로는 인장강도, 인열(tear) 강도 등을 들 수 있다. 압축거동에 있어 영향을 미치는 인자로는 고분자의 종류와 밀도, 셀의 구조와 크기 등을 들 수 있는데 이 중에서 가장 중요한 인자인 고분자의 종류에 대한 영향을 [그림7]에 도시하였다. 폴리스티렌과 폴리에틸렌 발포체는 거의 같은 밀도를 가지나 압축강도는 서로 매우 다른 거동을 보이고 있다. 인장강도는 밀도에 의존하게 되는데 낮은 밀도에서 인장탄성률은 밀도에 거의 직선적인 관계를 갖고, 높은 밀도에서는 밀도에 따라 매우 큰 증가를 보인다. 그리고 인열강도는 밀도에 따라 증가하고 셀의 크기에 따라 증가한다.

5. 발포공정

폴리우레탄의 발포공정은 크게 압출발포, Bead발포, 그리고 가교발포로 나눌 수 있다.

압출발포는 수지와 발포제 및 첨가제를 함께 혼합하여 압축기 내에 공급하여 압축기 내에서 수지의 용융과 발포제의 분해가 일어나고 die를 나올 때의 압력의 저하로 발포체를 얻는 방법으로 비교적 간단한 방법이다.

발포수지의 밀도에 대한 인장(tensile) 강도와 인장 탄성률의 변화는 압축강도와 탄성률에서의 거동과

같다. 굽힘(flexural) 강도 역시 압축이나 인장성질에서와 같이 밀도의 증가에 따라 같이 증가한다. 전단

Bead발포는 미립상의 수지를 autoclave에 넣고 방사선 또는 가교제에 의해 가교를 시키고 발포제를 스며들게 한 후 발포제의 분해온도 이상으로 가열하여 발포체를 얻는 방법이다. 이 방법은 개발한 회사의 명칭을 따라 BASF공정, Kanegafuchi공정, JSP공정 그리고 Sekisui공정으로 나눌 수가 있다.

가교발포공정은 가교방법의 선택이 결정적이므로 가교방법에 따라 방사선에 의한 가교와 가교제에 의한 가교공정으로 나눌 수 있다.

방사선에 의한 가교공정은 발포제와 수지를 혼합하여 원하는 두께로 sheet를 압출하고, 고 에너지의 방사선을 조사하여 가교를 시킨 후 오븐 안에서 발포를 시키는 네 단계로 이루어진다. 이때 중요한 기술로는 수지와 발포제의 고른 혼합, 기포없는 일정한 두께의 sheet의 제조, 가교정도의 적절한 조절, 오븐 내에서의 발포 등을 들 수 있다.

가교제에 의한 발포공정은 처음 단계에서 수지, 발포제와 함께 가교제를 혼합하는 것을 제외하면 방사선에 의한 가교공정과 유사하다. 가장

큰 차이점은 발포 오븐의 디자인에서 나타난다. 가교제에 의한 발포공정에서는 가교공정시에 발포제의 분해가 일어나지 않으면서 효과적으로 가교를 시켜야 하기 때문에 오븐의 디자인과 가교제, 발포제의 선택이 매우 중요하다.

6. 결론

이상에서 발포수지에 대한 전반적인 사항에 대하여 간략히 알아보았다. 발포수지는 절연재, 자동차 내장재와 스포츠 레저용품 등에의 사용량이 증가하고 있을 뿐만 아니라 포장분야에서의 사용량은 매우 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 포장재료로서 발포체의 사용량 증가는 훌륭한 완충효과, 단열성질 그리고 경량화에서 기인하는 원가의 절감효과 등에 기인한다고 생각된다.

최근에는 난연성, 대전 방지성, 유연성, 내열성, 내후성 및 강성의 개선 등 새로운 기능을 부여하고자 하고 있으며 또한 블렌드를 통한 수지의 개질이나 발포 셀의 크기를 조절하려는 연구가 진행되고 있어 앞으로

그 적용분야가 더욱 확대될 것으로 예상된다.

[참고문헌]

1. M. F. Mark, N. M. Bikales, C. G. Overberger, and G. Mengens, 『Encyclopedia of Polymer Science and Engineering』, John Wiley & Sons Inc., New York, Vol. 3, 1986.
2. D. Klemperer and K. C. Frisch, 『Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology』, Carl Hanser Verlag, New York, 1991.
3. J. Stepek, 『Polymers as Materials for Packaging』, John Wiley & Sons Inc., New York, 1987.
4. J. H. Briston, 『Plastics Films』, 3rd Ed., Longman Scientific & Technical, London, 1988.
5. 이경우, Lucky Polymer Technology, 23, 10(1992).

ISO 9000시리즈

‘ISO 9000시리즈’란 ISO(국제표준화기구)가 세계시장 공 급자와 수요자 모두에게 품질에 대한 신뢰감을 제공하기 위해 만든 지침이다.

ISO 9000시리즈는 ISO 9000에서 9004까지 5가지로 이뤄져 있으며, KS나 UL 등의 일반 규격과 달리 제품 하나하나에 대해 허가를 해주는 게 아니라 회사 전체의 체제에 대해 생산부분별로 인증을 한다는 특성이 있다.

ISO 9000과 9004는 품질시스템에 대한 일반적인 지침과 품질보증시스템의 원칙 등을 각각 규정하고 있으며 9001~

9003까지가 실질적인 규격에 해당한다.

9001은 설계·개발에서 사후 서비스까지를 포함, 가장 범위가 넓어 대기업에 적합하며 9002는 제조와 설치만을 규율하기 때문에 OEM생산공장이나 하청업체에 알맞는 규격이다. 9003은 최종검사와 시험에 관한 모델을 규정, 부품을 단순히 조립하는 중소기업에 적합하다.

영국을 비롯한 53개국이 국가규격으로 채택하고 있고 23개국이 시행하고 있으며 우리나라도 11월중 정식업무를 수행.