

폴리우레탄용 Polyol과 Foam

최 성 환

1. 개 요

1849년 독일의 Wurtz와 Hoffman이 최초로 hydroxyl 화합물과 isocyanate와의 반응을 발표하면서 세상에 알려지게 된 polyurethane은 1937년 Otto Bayer에 의하여 상업적인 용도가 개발되었으며 polyester계 우레탄이 공업적으로 생산되었다. 독일에서 개발된 섬유, 도료, 발포제용 우레탄 기술 등은 제 2차 세계 대전후 미국, 영국 등 선진제국에서 독일의 기술을 바탕으로 광범위한 연구가 진행되었다.

개발초기에는 polyester계 polyol이 사용되었으나 가공성, 가격, 폼의 물성 등의 여러 가지 문제로 인하여 다른 형태의 hydroxyl 화합물에 대한 연구가 꾸준히 진행되었다. 그 결과 polyether polyol이 미국에서 개발되었다. 이것은 석유화학공업을 기반으로 한 원료인 propylene oxide(PO)와 ethylene oxide(EO)가 대량공급됨에 따라 가격이 싸고 폼 물성 또한 우수하여 현재 사용되는 polyol의 90% 이상을 차지하고 있다.

그 후, one-shot 법의 개발 등을 바탕으로 우레탄 공업은 비약적인 발전을 하였으며 오늘날에는 우레탄만이 가지는 뛰어난 물성으로 인하여 의류, 신발, 쇼파, 침대, 자동차 시트 등과 같은 연질 쿠션재 (flexible foam), 냉장고, 냉동콘테이너, 이중단열 보온관 등과 같은 경질 단열재 (rigid foam)용으로 응용되고 있으며, 그외에 바닥재, 육상트랙, packing재, sealant 등과 같은 elastomer(non-foam), 접착제, 코팅재 등 우리들의 일상 생활주변에서 향

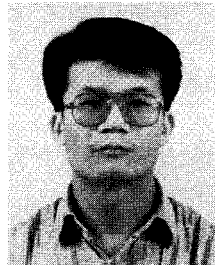
상 만날 수 있는 제품제조에 사용되고 있으며 그 수요면에서도 PE, PP, PVC, PS 등에 이어 다섯번째로 많은 소비시장을 가진 범용제품이 되었다.

이러한 폴리우레탄은 polyisocyanate와 polyol과의 반응에 의해 얻을 수 있으며, 우레탄 결합을 가지므로 “우레탄”이라고 부르며 또한 isocyanate와의 반응에 의해 얻어질 수 있기 때문에 “Isocyanate Polymer”라고도 한다.

일반적으로 탄화수소 사슬로 구성된 분자중에는 우레탄 결합외에 ether, ester, urea, amide, allophanate, biuret, 기타 여러 가지 결합기가 존재하고 있다(표 1).

2. 폴리우레탄 반응기구

우레탄 반응은 blowing, gelling, crosslinking 반응을 주로 하여 일어나며 그 외에 isocyanate의 반응인 isocyanurate반응 등이 일어난다. 이들 반응은



최성환

1985 동아대학교 화학공학과(학사)
1985~ 한국포리올주식회사 부설연구소
현재 우레탄팀 선임연구원

Polyol for Polyurethane and Foam

한국포리올주식회사 부설연구소(Seong-Hwan Choi, Korea Polyol Co., Ltd, Urethane Team, Research Center, 300-2, Yechon-Dong, Nam-Gu, Ulsan, Korea) Home Page : www.polyol.co.kr

표 1. 폴리우레탄 기술의 역사

년도	개발자	내용
1849	Wurtz	지방족 Isocyanate 합성 $R_2SO_4 + 2 KCNO \longrightarrow 2 RNCO + K_2SO_4$
1850	Hoffmann	방향족 Isocyanate 합성 $(C_6H_5 NH CO)_2 \longrightarrow 2 C_6H_5NCO + H_2$
1884	Hentschel	공업적 합성법 발견 $RNH_2 + COCl_2 \longrightarrow RNHCOCI + HCl$ $\hspace{10em} \hspace{10em} \hspace{10em} \longrightarrow RNCO + HCl$
1937	Bayer 외	Diisocyanate/Diamine 부가 중합법 발견 $H_2N(CH_2)_6NH_2 + OCN(CH_2)_6NCO \longrightarrow -[NH(CH_2)_6NHCONH(CH_2)_6NHCO-]_n-$ 최초로 PU수지 합성["Igamid U", "Perlon U"(합성섬유)] $HO(CH_2)_4OH + OCN(CH_2)_6NCO \longrightarrow -[O(CH_2)_4OCONH(CH_2)_6NHCO-O-]_n-$
1940	Schlack	Polyester와 1,6-Hexamethylene Diisocyanate와의 반응 검토
1941	Lieser	Tetra/Octa * Methylene Diisocyanate와 1,6-Hexane Diol과의 반응 검토
1942	Catlin	Diisocyanate와 Glycol에 의해 섬유용, 연질 Seat용 Polymer 개발
	Hanford, Holms	Polyisocyanate와 활성수소함유 다관능 화합물과의 반응 검토
	Pinten	최초의 Elastomer 개발
1945	Hoff, Wicker	Diisocyanate/Dihydroxy반응 이외의 선상 Polyurethane 합성 $CICOOROCOCI + H_2NR'NH_2 \longrightarrow -[COORCONHR'NH-]_n-$
1947	Bayer	경질 Foam, 접착제, Coating제 개발, Adduct체 및 Isocyanate Block화도 개발
1950	Rinke, Schild, Siefken	Diisocyanate와 Glycol에 의한 선상 폴리우레탄 개발
	Farberfabricker Bayer	Polyester계 PU 탄성체(Elastomer) 개발
1951	Simon, Thomas	경질 Foam 개발
1952	Pace 외	연질 Foam 개발
	Farberfabricker Bayer	Polyester계 연질발포체(Foam) 개발
1955	MD 화성	일본에서 최초로 연질 Polyester Foam 생산 개시
1957		우레탄용 Polyether Polyol 미국에서 시판
1958	Dupont	Polyether계 One shot 발포기술 개발
1960		미국 연질 Foam 생산 1억 파운드 달성
1962	K. A. Pigott	Thermo-Plastic Polyurethane(TPU) 소개
1967	Piechota 외	RIM Process 개발

촉매를 비롯한 폼 조성물 등의 종류와 사용량에 따라 그 속도가 다르며 그에 따라 생성된 고분자의 구조, 조성 및 물리적 성질이 변한다(그림 1).

3. 폴리우레탄 폼

폼(일명 스펀지)이란, 물체중에 기포가 무수하게 분산된 것이다.

플라스틱 폼이란 플라스틱에 배합된 발포제에서 발생하는 가스 등에 의하여 제조공정중에 팽창과정을 수반하는 재료이며 가용성 물질을 플라스틱에 배합하고 나서 나중에 이것을 용출하기도 하고 플라스틱 분말을 소결하기도 하는 것에 의하여 다공성으로 한 재료를 포함한 것이다.

이러한 폴리우레탄 폼을 제조하는 데에는 polyol, amine, silicone, metal catalyst, blowing agent, isocyanate 등 많은 원료가 사용되고 있으며 이 중에서 polyol과 isocyanate가 대부분을 차지하고 있다. 여기에서는 폴리우레탄 폼을 제조하는 데에 사용되는 polyol과 이러한 polyol로 제조된 폴리우레탄 폼에 대해서 간략하게 설명한다(그림 2).

3.1 Polyol

우레탄 폼의 제조에 사용되는 polyol에는 polyether polyol과 polyester polyol이 있다.

산과 알코올과의 축합반응에 의해 얻어지는 polyester polyol에 비하여 현재 우레탄 공업에서는 polyether polyol이 90% 이상 사용되고 있으며, 이것은 둘 이상의 활성수소를 갖는 화합물(예: 물, ethylene glycol, propylene glycol, glycerine,

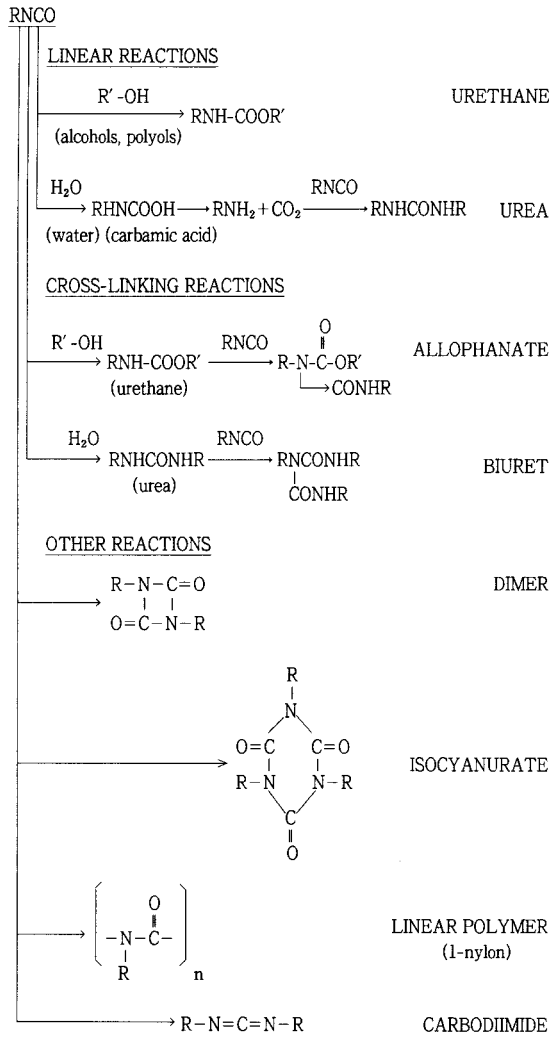


그림 1. Isocyanate 반응.

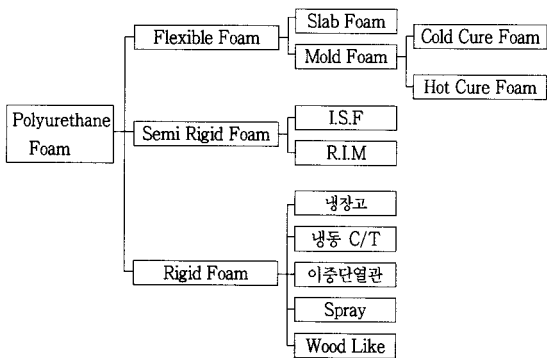


그림 2. 폴리우레탄 폼의 분류.

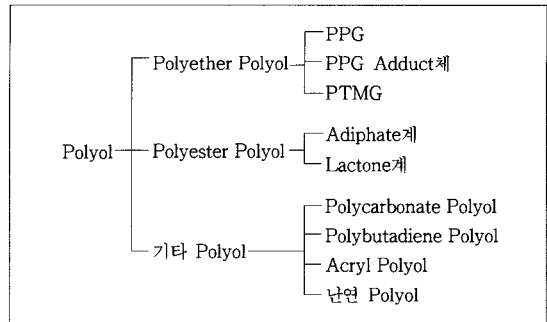
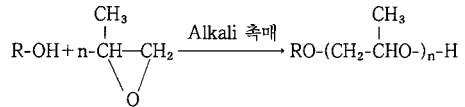


그림 3. Polyol의 분류.

trimethylol propane, ethylene diamine, pentaerythritol, sorbitol, sucrose 등)을 개시제로 하여 유기산화물(예 : ethylene oxide, propylene oxide, butylene oxide 등)을 부가중합하여 얻는다. 이러한 polyether polyol(PPG)은 부가되는 유기과산화물의 종류, 개시제의 종류 등에 따라 다양한 특성을 가지며 유기과산화물의 비율을 조절하므로서 다양한 구조의 polyol을 제조할 수 있으며 다양한 용도로 사용되고 있다. PPG는 알칼리촉매로서 통상 가성카리를 소량 사용하여 활성수소화합물인 다가알콜이나 amine에 PO 혹은 EO를 80~140 °C의 온도범위에서 개환부가중합하는 것에 의해 소정의 분자량까지 분자가 연장된다(그림 3).

3.1.1 연질 폼용 Polyol

Glycerine을 개시제로 한 분자량 3,000~7,000의 polyol이 연질 폼용으로서 주로 사용된다.

Slab 폼용으로는 PO사슬만으로 구성되는 분자량 3,000의 polyol이 주체이나 폼 경도를 상승시키기 위해 sorbitol 및 sucrose를 개시제로서 관능기수를 증가한 polyol도 일부 병용된다.

자동차 쿠션으로서 사용되는 hot mold 폼용 PPG로서는 분자량 3,000으로 통상 5~20 wt%의 EO로 분자말단을 capping 한의 고반응성의 polyether가 주로 사용된다.

Isocyanate, 물 등과의 상용성, 반응성을 조절하기 위해 capping뿐만 아니라 EO block, PO/EO random도 행해지고 있다. 자동차 시트용으로서 보다 승차감이 좋은 HR(high resilience : 고탄성) 폼이 최근 널리 응용되고 있다. 고탄성을 발휘하기 위해서는 soft segment인 사슬의 길이가 길수록 유효

하며 3관능인 분자량 4,500~7,000의 PPG가 주로 사용되고 있고, 적당한 반응성이 요구되기 때문에 EO capping으로 분자말단이 60~90% 1급 OH화시키는 것이 일반적이다.

3.1.2 RIM용 Polyol

RIM(reaction injection molding)은 PPG(A액)와 isocyanate(B액)를 고속으로 순간적으로 충돌, 혼합시켜 금형내에 필요액량을 1~3초간에 주입하여 형내에서 urethane urea 경화반응을 형성하고 성형물을 1~3분후에 탈형하는 system이다. 제품의 파단시에 높은 신율이 요구되는 경우에는 2관능의 분자량 2,000~4,000인 PPG가 주로 사용되며 경화 속도 및 이형성이 증시되는 경우에는 3관능으로 분자량이 4,000~7,000인 PPG가 주로 사용되나 2관능, 3관능의 PPG가 혼합 사용되는 경우도 있다.

RIM system에 있어서는 성형성, 물성 등에는 사슬연장제가 PPG와 함께 중요한 요인이다.

3.1.3 고분자 Polyol

UCC에 의하여 1960년에 개발된 고분자가 분산된 polyol이며 통상 EO capped된 PPG중에서 ACN(acrylonitrile) 혹은 AN/SM을 라디칼 중합시킨 고분자 분산 PPG이다. HR 폼, hot mold 폼, 반경질 폼 등에 광범위하게 사용된다. 분자량 5,000의 EO capped된 triol중에서 ACN을 20 wt% 분산시킨 것이 대표적이다. 이것은 동일 고분자 농도에서 폼 경도 향상효과가 크고 발포효과도 크며 경화속도도 빨라지는 장점이 있다. ACN/SM을 공중합시키는데 있어서 SM의 비율이 높아질수록 얻어지는 고분자 polyol은 백색화의 경향이 강해지며 50 wt%를 넘으면 거의 백색으로 된다. SM의 비율이 증가할수록 base로 되는 PPG중에 graft점을 명확하게 도입하여 두지 않으면 생성하는 고분자의 입자가 거칠고, 침전하기 쉽게 되는 경향이 있다. ACN/SM 공중합 고분자는 폼 경도를 향상시키는 효과는 ACN 단독으로 도입한 고분자보다 낮으나 고분자 농도를 높이기가 유리하므로 무수말레인산 등을 이용하는 방법, hydroxyethyl methacrylate를 응용하는 방법, isocyanate ethyl methacrylate를 이용하는 방법 등의 graft점의 도입법에 대한 연구가 진행되고 있다. 최근에는 고분자 농도가 40 wt%를 넘는 제품이 많이 있으며, 고분자 농도는 높이고 고분자 polyol의 점도는 낮추는 연구가 진행되고 있다.

3.1.4 PHD Polyol(Polyharnstoff Dispersion Polyol)

Diamine과 isocyanate를 반응시켜 생성되는 urea입자를 PPG중에 안정하게 분산시킨 제품이다.

고분자 polyol과 같이 HR 폼, 고경도 slab 폼 분야에 응용된다.

3.1.5 Amine 변성 PPG

PPG의 말단을 amino화한 amine변성 PPG는 PPG보다도 isocyanate에 대한 높은 반응성을 가지므로 성형속도를 빠르게 할 수 있고, urea결합으로 쇠연장되므로 얻어지는 elastomer 등 폴리우레탄의 내열성을 크게 향상시킬 수 있는 특징을 가진다. 어떤 종류의 PPG는 RIM system액에 첨가되는 유기 금속염 등의 내부이형제가 분산하는 것을 방지하는 효과가 있다.

3.1.6 Ester 변성 PPG

PPG의 폼으로서의 우수한 특징과 polyester의 열융착 가능한 특성을 조합시킨 것으로 열융착 폼 분야에서 PPG의 말단에 polyester 사슬을 block한 polyether polyester polyol이 개발되어 있다.

3.1.7 경질 폼용 Polyol

단열제로 사용되는 경질 폼은 저열전도율이 필요하므로 독립기포를 가지고 강도가 크고 찌그러지지 않는 폼 특성을 나타내므로 사용되는 PPG도 분기 및 가교밀도가 높게 되도록 다관능의 개시제에 소량의 PO 혹은 EO를 부가한 분자량 200~800(OH-V=300~600)의 구조를 가진다.

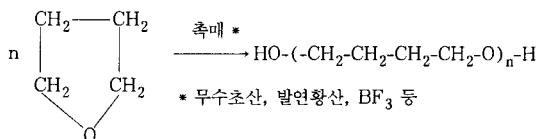
또, 폼 형성시 발포와 동시에 cell 강도가 강해져서 높은 반응성이 요구되는 경우가 많으므로 amine을 sucrose 또는 sorbitol과 혼합한 계 및 amine 단독계가 개시제로서 사용되는 경우가 많다.

개시제로서 3관능의 경우 glycerine, trimethylol propane, mono, diethanol amine, 4관능으로서 pentaerythritol, ethylene diamine, toluene diamine, 4,4'-diaminodiphenylmethane, 6관능으로서 sorbitol, 8관능으로서 sucrose 등이 사용된다. Sucrose의 경우 단독으로는 개시제로서 사용할 수가 없고 물, glycerine 및 amine 등의 액체원료와 혼합하여 PO부가시킨다. 방향족계의 PPG를 이용하면 폼의 cell이 적어져서 열전도율이 낮아지며 fine cell화를 진행하여 열전도율을 한층 낮추는 시도가 진행되고 있다.

3.1.8 PTMG(Poly Tetra Methylene Ether Glycol)

PTMG는 THF(tetrahydrofuran)의 양이온 중합에 의하여 제조되며 분자말단에 1급 OH기를 가진

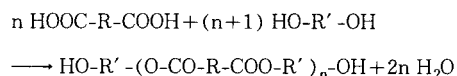
분자량 650~4,000의 제품이 시판되고 있으며 PTG, PTMG, PTMEG 등의 이름으로 부른다.



PTMG로 제조되는 폴리우레탄은 내수성이 우수하고, 강인한 기계적 물성을 가진다. 현재는 탄성섬유(Spandex)에 가장 많이 사용되고 있으며 열가소성 elastomer로서 polyester계의 결점인 내습, 내수성을 개량하기 위해 PTMG의 사용량이 증가하고 있고 내압튜브, 호스, 벨트 등에 응용되고 있다.

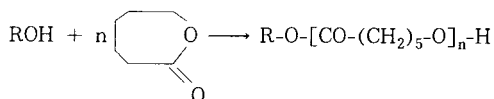
3.1.9 Polyester Polyol

Polyester는 기계적, 열적 특성, 내유성, 내약품성 등이 우수한 우레탄을 형성하는 재료로서 옛날부터 제조되어 사용되었으나 내가수분해성이 떨어지는 결점이 있다. 일반적으로 다염기산과 알코올을 200 °C 전후의 온도에서 축합반응으로 제조되며 반응을 촉진시키기 위해 촉매를 사용하는 경우도 있다. Polyester는 shoes, 주형, 열가소성 elastomer, 접착제, 코팅재, 합성피혁 등에 널리 사용된다.



3.1.10 PCL (Polycaprolacton Polyol)

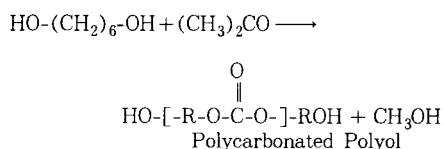
ε-Caprolacton(CL)을 150~180 °C의 온도에서 유기주석촉매를 사용하여 개환중합으로 제조되는 개환중합계 polyester의 대표적인 것이 polycaprolacton이며 중축합계 polyester로 형성되는 폴리우레탄에 비하여 내수성, 저온특성 등이 우수하다.



3.1.11 PCD(Polycarbonated Polyol)

1,6-Hexane diol과 탄산 dimethyl로 제조되는 폴리우레탄용 diol로서 PCD로 제조되는 우레탄은 내가수분해성, 내열성, 내후성 등이 우수하므로 elastomer, 합성피혁, 도료 등에 사용되나 가격이 비싸기 때문에 소비량이 많지 않으며 분자량 500~

2,000의 제품이 판매되고 있다.



3.1.12 Polybutadiene Polyol

Polybutadiene 골격의 말단에 1급 OH기를 가지는 액상의 mono 혹은 copolymer로서 비극성의 polybutadiene이 주체인기 때문에 형성되는 폴리우레탄은 소수성이 강하며, 내가수분해성, 저온특성, 전기절연성 등이 우수하므로 방습 코팅, 주형 elastomer 등에 사용된다.

3.1.13 Acryl Polyol

Acryl polyol은 acryl copolymer에 수산기를 도입한 구조로 속건성이며 금속에의 도막의 밀착성이 우수하고 내약품성도 양호하고 외관광택이 좋아 주로 도료, 코팅 등에 사용된다. 수산기를 가진 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)와 같은 acryl monomer를 acryl산 ester, methacryl산 ester, styrene 등과 공중합하여 제조된다.

3.1.14 난연 Polyol

인산, 아인산, 유기인산 등에 alkylene oxide를 부가중합하여 제조되는 함인 polyol과 epichlorohydrin 또는 trichlorobutylene oxide의 개환중합으로 얻어지는 할랄로젠계 polyol이 일반적이다.

함인 polyol의 경우, 난연효과는 인함량에 크게 영향을 받으며 할랄로젠 polyol의 경우는 할로젠중 Br이 주로 사용된다.

3.2 연질 폴리우레탄 폼(표 2, 그림 4)

3.2.1 Slab Stock 폼

Slab stock 폼은 연속식 또는 비연속식으로 커다란 block으로 제조하여 원하는 크기와 형태로 재단하여 산업전반에 널리 사용되고 있다(표 3).

3.2.2 성형 폴리우레탄 폼

성형 폴리우레탄 폼은 일정한 형태의 mold에 원

표 2. 연질 폼의 용도

구분	용도
실내장식용	침대, 방석, 매트리스 등
의류용	의류 내장재, 의류 Lamination Foam
신발용	방한화, Cushion재
포장용	정밀기기 Packing용, 흡음재
수송기관	Seat Cushion, 흡, 차음재, Air Filter

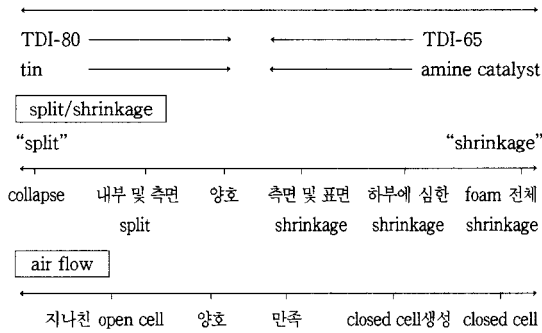


그림 4. Index 및 Tin축매가 폼에 미치는 영향.

표 3. Slab 폼의 물성에 영향을 주는 요인

	요 인	내 용
Polyol	낮은 분자량	인장강도 증가, 탄성증가, Good Feeling
	낮은 반응성기 EO함량증가	인열강도 증가, Good Feeling 신율증가, 경도감소, 내연성 및 내수성 악화
	Tipped 대	탄성증가
Isocyanate	Modified TDI TDI/MDI Blend	고탄성 Foam제조
	Index 증가	Cell Size 커지고 탄성이 떨어진다
발포제	물증가	밀도감소, 인장강도 증가, 탄성 감소, 경도상승
	F-11 증가	Foam 내부온도 감소, Foam이 부드러워짐
	MC증가	Cell 불균일

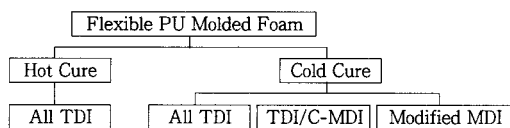


그림 5. 폴리우레탄 폼의 분류.

료를 주입하여 원하는 성형물을 제조하는 것으로 제조공법에 따라 hot cure mold 폼과 cold cure mold 폼으로 나눈다(그림 5, 표 4, 표 5).

3.2.3 반경질 폴리우레탄 폼

반경질 폴리우레탄 폼은 연질 폼과 경질 폼의 중간 성질에 속하는 것으로 압축강도 및 충격흡수성, 부드러운 촉감 등 우수한 물리적 특성을 가지는 거의 open cell(90% 이상)로 구성된 폴리우레탄 폼으로 주로 자동차의 내외장재용으로 널리 적용되고 있다(표 6).

표 4. Hot Cure와 Cold Cure의 비교

		Hot Cure	Cold Cure
Polyol	관능기수	2~3	2~4
	분자량	2,500~4,000	4,500~8,000
Isocyanate		TDI-80 TDI-65	TDI-80, TDI-65 TDI-80/C-MDI Modified MDI
Catalyst	Amine계	TEDA, NEM, NMM, A-1	TEDA, TMEA, DMEA, TMHDA, A-1
	Tin계	Stannous Octoate	Dibutyltindilaurate
Blowing Agent		물	물
Surfactant		Silicone	Silicone
Frame Retardant		필요	불필요
Crosslinking Agent		불필요	필요
Mold주입온도		35~45 °C	50~70 °C
Cure Oven온도		150~250 °C	80~100 °C
Curing Time(min)		10~15	3~5
이형제		수용성 Wax	유용성 Wax
폼 물성 및 특성		내하중성이 높고 경 도/밀도 비가 크다 신율이 높다 습윤노화성 우수하다 가 적다 밀도변화로 경도조정이 어렵다 필요하다	이경도 폼 성형 용이 Post Cure 필요하다 고탄성이며 Hysteresis loss가 적다 내연성이 우수하다 밀도변화로 경도조정이 쉽다 탈형 후 Crushing 불 필요하다
제조특성		원료 Cost가 낮다 Energy소비가 높다	생산면적이 작다 Scrap Loss가 적다 생산성이 우수하다 작업환경이 좋다

표 5. HR 폼과 Hot Mold 폼의 비교

구 분	HR	Hot Mold
밀도	대(40~50)	소(25~35)
Seg Factor	3.0	2.5
반발탄성 (Ball Rebound %)	양	약간 양
난연화 제조 Process	용이	곤란
주입온도 → Cure온도	50~60 → 50~80	35~40 → 100~150
Cycle Time	단 6~12분	단 10~20분

3.2.3.1 Integral Skin 폼

Integral skin 폼은 발포시 발열반응으로 인한 폼 내부의 높은 온도에 의해 휘발된 발포제가 발포압에 의해 mold면에서 응축하여 내부의 낮은 밀도와 외부의 높은 밀도로 형성된 폼이다.

표 6. 반경질 폼의 분류

	Integral Skin Foam	강화 RIM	Cold Cure Type
용도	Steering Wheel Head Rest Arm Rest Door Grip Console Box Air Spoiler Side Panel	R-RIM Bumper Fascia Fender Rear Finish Side Panel Door Panel	Instrument Panel Dash Panel Sunvisor Energy Absorption Bumper Arm Rest

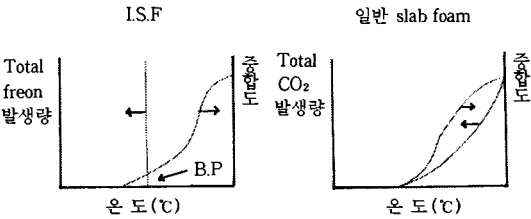


그림 6. ISF 폼과 일반 slab 폼.

3.2.3.1.1 Integral Skin 폼의 특성

- ① 폼 feeling성이 우수
- ② 폼 경도 조절이 용이
- ③ 성형성, 경화성이 우수
- ④ 내마모성 등 물리적 성질이 우수

3.2.3.1.2 Integral Skin 폼의 Skin 형성 Mechanism(그림 6)

일반적으로 integral skin 폼은 프레온을 발포제로 하여 사용하는데 반응열로 프레온이 기화하여 발포가 시작되며 just-pack후 over-pack이 된다. 이때, 형표면에서는 급격히 압력이 상승하여 프레온의 boiling point가 상승하므로서 액화가 일어난다. 그 후 겔화가 진행되어 기포가 작은 고밀도 skin층이 형성된다. Skin층에 용해된 프레온은 탈형후 서서히 공기중으로 휘발된다.

이에 비하여 slab 폼은 물과 isocyanate의 반응에서 발생하는 CO₂ 가스가 서서히 발생하며 반응종료와 동시에 발생을 중단한다.

3.2.3.2 Reinforced Reaction Injection Molding

2종이상의 저분자량, 저점도의 반응성 monomer 혹은 prepolymer를 압력하에서 혼합한 후 밀폐된 금형내에 사출하고 금형내에서 단시간에 반응 고화시켜 단성(강성)이 풍부한 고분자 발포체를 형성시키는 성형법을 말하며 polyol중에 짧게 갈아 만든 섬유형태의 유리 보강제를 첨가하는 reinforced RIM과 injection 전에 유리 mat를 미리 금형안에

표 7. RIM Process의 특성

	특성	보강재	비고
RIM	저온에서 성형가능 흐름성 및 성형성이 우수	No Reinforcement	IS.F
R-RIM	다양한 물성 및 성능 생산성이 우수	Milled Glass Fiber MICA Wollastonates Mineral Fiber	Polyol속에 보강재를 넣고 발포
S-RIM	성형수축률이 적다 강성이 크다 선팅창계수가 적다 열변형이 적다 고강성 (R-RIM의 5~10배) 내열성이 우수 내충격성이 우수 제품강도가 균일	Glass Mat	금형내에 보강재를 깔고 발포

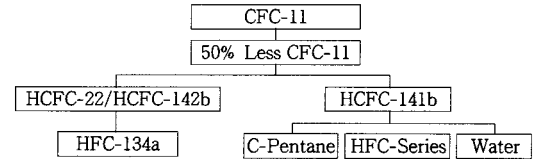


그림 7. CFC-alternative.

깔고 주입하여 폼을 형성시키는 structural RIM이 있다(표 7).

3.2.4 경질 폴리우레탄 폼

경질 폴리우레탄 폼은 단열성이 우수하여 전기냉장고, 냉동콘테이너, 건축용 단열재, tank insulation, 단열이중판, 냉동창고 등의 단열재로 널리 사용되고 있다.

90년대 초반까지는 CFC-11이 사용되었으나 CFC-11의 오존층 파괴로 인하여 삭감 또는 대체 발포제를 개발하는 방향으로 연구가 진행되고 있다(그림 7).

3.2.4.1 냉장고 System

냉동, 냉장식품을 보관하기 위하여 단열재로서 폴리우레탄 폼을 사용한다. 이러한 폴리우레탄 폼은

- ① 열전도도가 우수하다.
- ② 피착체와 접착력이 우수하다.
- ③ 치수안정성이 우수하다.
- ④ 흐름성이 우수하다.

등의 특징을 가지고 있다.

3.2.4.2 냉동 콘테이너

냉동, 냉장용 화물을 수송하기 위하여 소형, 고성능의 냉동기를 설치한 화물용 콘테이너를 말한다.

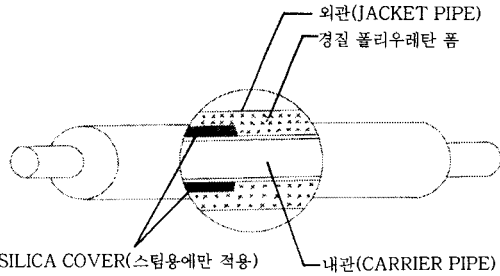


그림 8. 단열 이중관의 구조.

이러한 냉동 컨테이너용으로 사용하기 위한 polyol은 다음과 같은 특징을 가져야 한다.

- ① 열전도도가 우수해야 한다.
- ② 접착력이 우수해야 한다.
- ③ 치수안정성이 우수해야 한다.
- ④ 성형성이 우수해야 한다.
- ⑤ 흐름성이 좋아야 한다.

3.2.4.3 단열 이중관

폴리우레탄 폼을 사용한 단열 이중관은 빠른 시공성과 우수한 단열효과 및 손쉬운 유지보수성으로 인하여 그 용도가 점점 확산되고 있다. 이러한 폴리우레탄 폼은 단열성이 우수하고 수명이 반영구적이며 경제성 및 생산성이 좋은 특징을 가지고 있다 (그림 8).

3.2.4.4 Spray System

경질 폴리우레탄 폼은 단열재의 현장시공에 적합하도록 구성된 polyol premix로서 밀도 또는 계절에 따른 선택의 폭이 넓고 C-MDI와의 상용성이 우수하며 물성이 우수하다.

- ① 용도
저온창고, 건축물 단열, 저장 tank 단열
- ② Spray system이 갖추어야 할 조건
빠른 반응성, 적정수준의 점도, 경화성, 수축 문제 해결, 접착력, 단열성

3.2.4.5 합성목재

경질 폴리우레탄 폼으로 가공된 합성목재는 성형성, 가공성이 뛰어나고 강도가 우수하여 목재대용으로 사용이 가능하다(표 8).

표 8. 일반목재와 합성목재의 비교

	일반목재	합성목재
재료비용	소	대
가공비	대	소
섬세한 가공	어렵다	쉽다
생산성	낮다	높다
강도	동일	동일
밀도조절	어렵다	쉽다

4. 맺음 말

지금까지 폴리우레탄용 polyol과 폴리우레탄 폼에 대하여 간략하게 설명하였다.

우리나라의 폴리우레탄 산업은 80년대에 가구, 침대, 의류, 신발, 가방, 지갑, 완구 등의 기본적인 생활용품을 시작으로 발달하여 오늘날에는 자동차, 선박, 가전제품, 건축 등 산업전반에 걸쳐 거의 사용되지 않는 곳이 없을 만큼 그 영역이 확대되어 왔으며 지금도 수많은 용도가 새로이 개발되고 있다.

오늘날과 같은 무한 경쟁시대에 폴리우레탄 산업이 지속적인 성장을 하기 위해서는 계속적인 새로운 용도개발과 기술경쟁력의 향상이 절실히 필요하며 신흥시장으로 부상하고 있는 중국이나 동남아시아로 수출을 확대하여야 할 것이다.

또 이를 위하여 각 기업은 연구개발 부분에 더욱 많은 투자와 관심을 기울여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. G. Oertel, "Polyurethane Handbook", Hanser Publishers, 1985.
2. H. Saunders and K. C. Frisch, "Polyurethane Chemistry and Technology", Interscience Publishers, 1964.
3. Kurt C. Frisch Daniel Klempner, "Polyurethane Technology", Technomic Publishers, 1987.
4. "The Polyurethane Book", George Woods, ICI Polyurethane, 1987.
5. "Polyester 수지", Koygo Chosakai Publishing, 1970.
6. "기능성 Polyurethane", CMC, 1989.
7. 今井嘉夫, "Polyurethane Foam", 고분자 간행회, 1985.