



Chapter 12/13.

폴리우레탄/폴리에테르

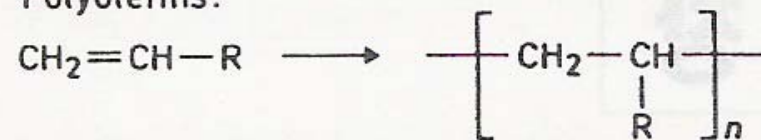
• Outline of Chapter

- 폴리우레탄
- 에테르 고분자

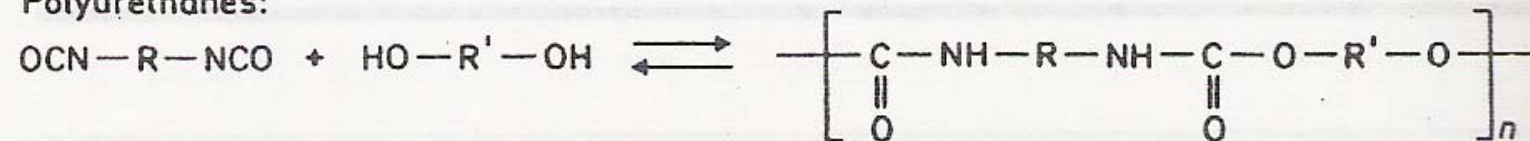
폴리우레탄

- 탄소-탄소 결합의 부가고분자 → 비 가역 반응
- 탄소-산소 결합의 부가고분자 → 가역 반응

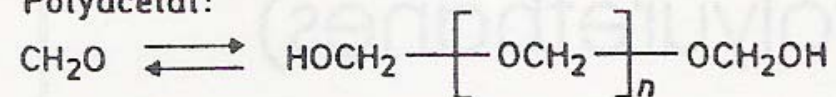
Polyolefins:



Polyurethanes:



Polyacetal:



| 그림 33 | 공업 부가고분자

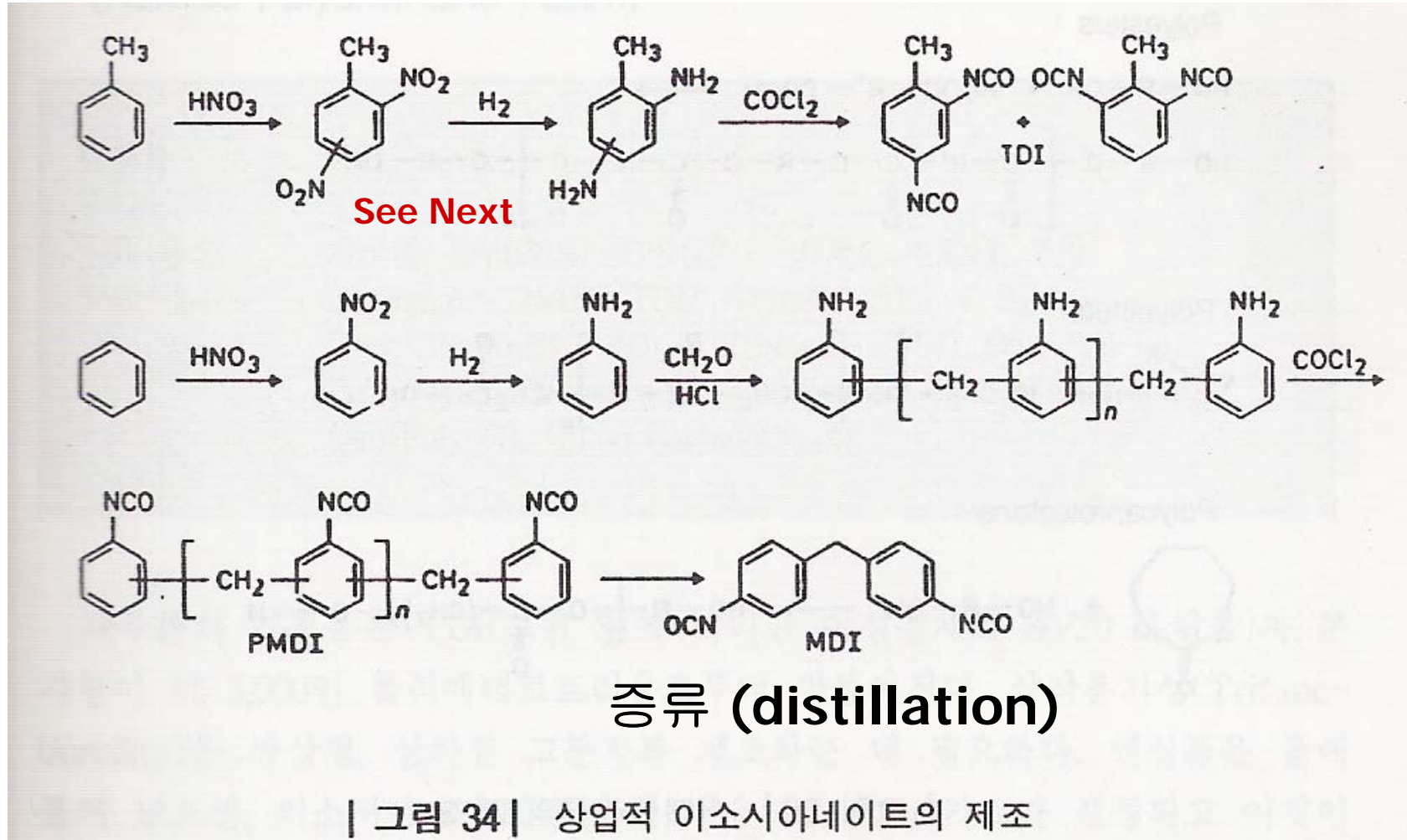


폴리우레탄과 그 원료

- 폴리우레탄: 연질폼, 경질폼, 탄성체와 접착제, 코팅과 밀봉제
- 1937년 Bayer (독)에 의해 개발, 거대 글리콜과 디이소시아네이트의 부가 중합으로 제조
- 폴리우레탄의 세계소비량 (1988년): 4,666,000톤
- 원료: 상업적으로 사용되는 이소시아네이트
 - TDI (Tolylene diisocyanate)
 - MDI (Methylenediphenyl diisocyanate)
 - PMDI (Polymeric isocyanate) 혼합물

MDI와 PMDI는 같이 제조되며, PMDI 반응 혼합물로 부터,
MDI를 증류시켜 분리제조

이소시아네이트 모노머의 제조



오쏘/파라 지향 & 메타지향

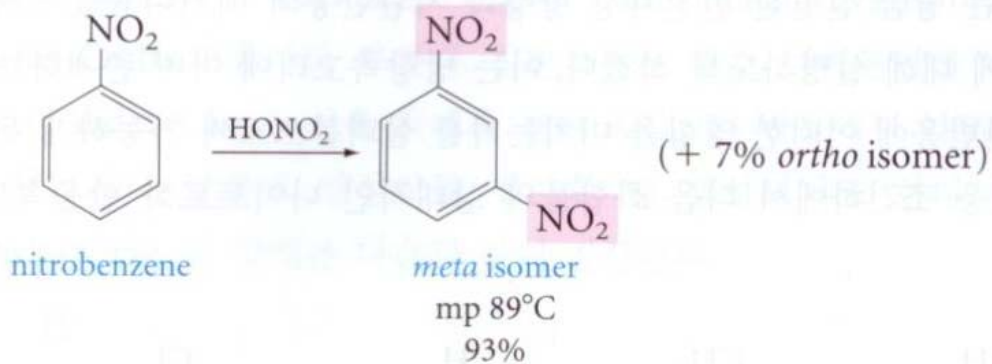
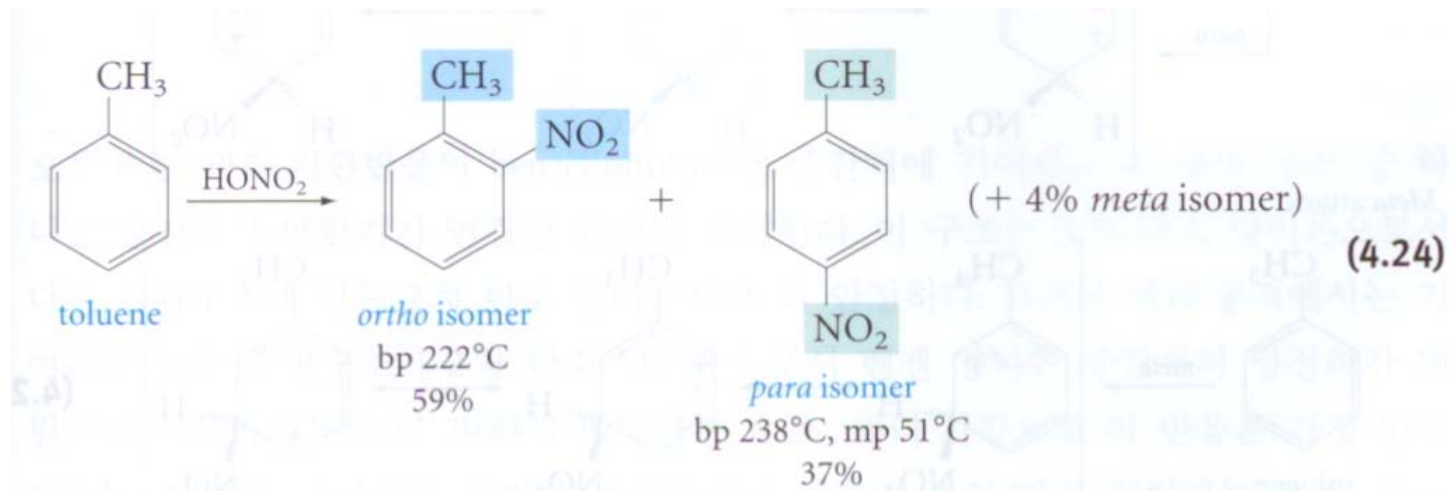


Table 4.1

Directing and activating effects of common functional groups

Table 4.1 Directing and activating effects of common functional groups (groups are listed in decreasing order of activation)

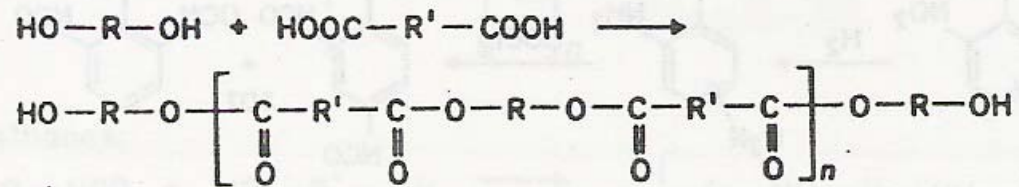
	<i>Substituent group</i>	<i>Name of group</i>	
Ortho, Para-Directing	$-\ddot{\text{N}}\text{H}_2, -\ddot{\text{N}}\text{HR}, -\ddot{\text{N}}\text{R}_2$	amino	Activating
	$-\ddot{\text{O}}\text{H}, -\ddot{\text{O}}\text{CH}_3, -\ddot{\text{O}}\text{R}$	hydroxy, alkoxy	
	$-\ddot{\text{N}}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{R}$	acylamino	
	$-\text{CH}_3, -\text{CH}_2\text{CH}_3, -\text{R}$	alkyl	
	$-\ddot{\text{F}}:, -\ddot{\text{Cl}}:, -\ddot{\text{Br}}:, -\ddot{\text{I}}:$	halo	
Meta-Directing	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$	Deactivating
	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{C}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{R} \end{array}$	
	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{S}-\ddot{\text{O}}\text{H} \\ \text{:O:} \end{array}$	sulfonic acid	
	$-\text{C}\equiv\text{N:}$	cyano	
	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ -\text{N}^+ \\ \diagdown \\ \text{:O:}^- \end{array}$	nitro	

폴리우레탄

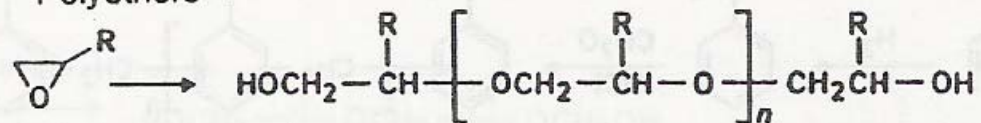
- 원료: 상업적으로 사용되는 거대 글리콜
 - 폴리에테르, 폴리에스테로를 기본으로 함 (13장 참조)
 - Polyether diol은 알킬렌 옥사이드의 개환중합
 - 카프로 락톤의 개환중합

거대 글리콜의 제조

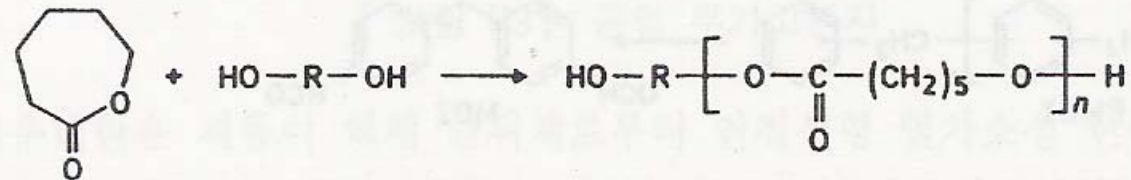
Polyesters :



Polyethers :



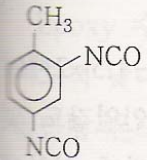
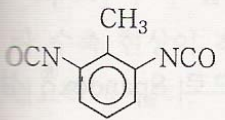
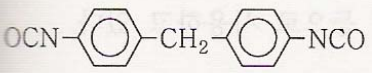
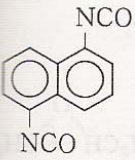
Polycaprolactone :



| 그림 35 | 거대글리콜의 제조

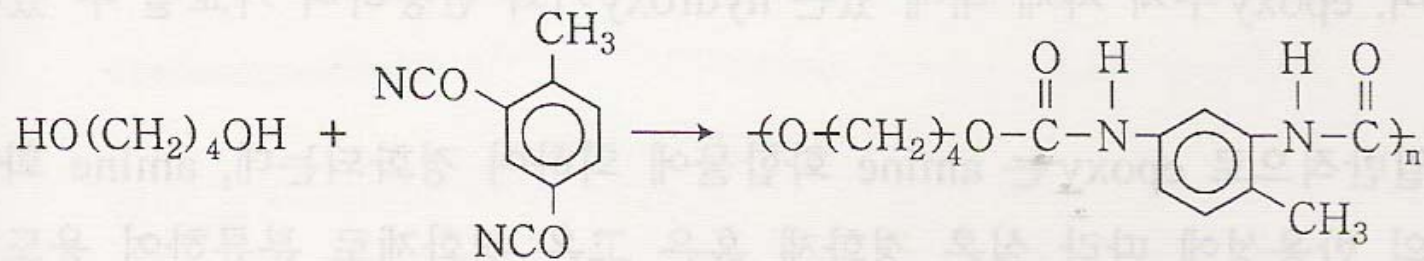
폴리우레탄의 모노머

트 7 | Polyurethane의 제조에 사용되는 diisocyanate 및 diol 류

diisocyanate	diol
 <p>2,4-tolylene diisocyanate</p>	$\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ ethylene glycol
 <p>2,6-tolylene diisocyanate</p>	$\text{HO}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH}$ propylene glycol
 <p>methylene diisocyanate(MDI)</p>	$\text{HO}-(\text{CH}_2)_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ polyester glycol
$\text{OCN}(\text{CH}_2)_6\text{NCO}$ hexamethylene diisocyanate	$\text{HO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{H}$ poly(ethylene oxide)
 <p>naphthalene-1,5-diisocyanate</p>	$\text{HO}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{H}$ poly(propylene oxide)

폴리우레탄의 합성

1,4-butane diol과 TDI 사이의 반응을 예로 들면,



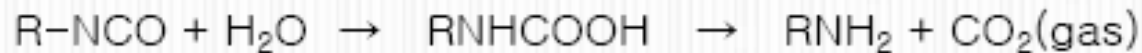
여러 가지 폴리우레탄

- **연질 폴리우레탄 폼:** TDI와 높은 분자량의 폴리에테르 트리올로 부터 제조
→ 물은 연질폼 제조에 발포제로 사용된다 (참조).
- 연질폴리우레탄의 용도: 낮은 밀도: 가구와 침구류, 높은 밀도: 자동차 의자 씩우개, 반연질 폼 (Semiflexible foams)은 자동차 내부 충전물
- **경질 폴리우레탄 폼:** PMDI와 높은 기능성 폴리 에테르 또는 방향족 폴리에스테르 폴리올로부터 제조
- 경질 폴리우레탄 폼의 용도: 단열재 (건축, 수송)
- Foaming agent가 CFCs가 사용되어 왔으나, 대체 물질로 바뀌는 추세
- **폴리우레탄 탄성체:** 플라스틱의 단단함과 고무의 탄성을 지님, 반응 사출 성형으로 내장제로 주로 사용

폴리우레탄의 발포

발포제의 사용 외에 고려할 수 있는 발포법은 용융되거나 액상의 수지에 기체를 높은 압력으로 주입하는 것이다. 기체는 압출기나 사출기를 통하여 직접적으로 주입되고 용융 수지가 die 나 nozzle 밖으로 나와 압력이 낮아졌을 때 기체가 팽창함으로써 발포체를 형성하게 된다. 한편 isocyanate (-NCO 기를 일컫는 것) 등의 화합물이 물과 고온에서 반응할 때 기체를 생성할 수 있는 성질은 polyurethane의 발포 성형에 활용되기도 한다. Freon 등의 휘발성이 낮은 용매들이 발포 성형에 자주 활용된다. 이들 용매들은 반응열이나 가공열에 의해 증발 팽창하여 발포 수지를 형성한다. Freon은 특히 urethane 발포 성형에 주로 사용되고 있으나 Freon의 오존층 파괴 효과로 인하여 사용이 감소할 것으로 예측된다.

발포 성형에 사용되는 수지로는 polyurethane과 polyethylene, polystyrene, epoxy 수지 및 phenol 수지가 대표적이다. Urethane 발포 수지는 물성이 다양하며 발포도가 높다. 발포도란 발포 후의 수지 부피와 발포되지 않았을 경우의 수지 부피의 비이다. polyurethane은 저분자량의 반응성 고분자인 polyol과 diisocyanate의 반응에 의해 제조된다. 약간 과량의 diisocyanate와 물이 존재할 경우 이산화탄소가 발생하는 반응을 이용하여 아래와 같이 urethane 발포 수지를 제조할 수 있다.



연질 폴리우레탄폼

- TDI와 분자량이 약 3000인 폴리 에테르트리올로 합성
- 삼 작용기성은 망상형 삼차원 고분자를 제조
- 연질폼은 물을 불어넣어 이소시아네이트와 반응하게 하여 발포제로 사용
- 가구에 사용되는 연질 폴리우레탄 폼의 밀도: 0.024g/cm^3

■ 연질 폴리우레탄폼

(Flexible Polyurethane Foam)

단위체	TDI, polyether polyols, 물
중합	벌크부가중합
주요 용도	가구와 침구(66%), 수송(29%), 카페트 밑깔개, 포장
주요 제조사	Isocyanates: BASF(TDI), Bayer(Mondur T-80), Dow (Voramate T-80), ICI(Rubinate TDI), Olin(TDI-80) Polyol: BASF(Pluracol), Dow(Voranol), Mobay(Multranol), Olin(Poly-G), Union Carbide(Niax)

경질 폴리우레탄폼

- PMDI와 폴리올로 프로필렌 부가체와 방향족 폴리에스테르디올로 제조
- 아민 개시 폴리올은 autocatalytic activity 가져 성형과 스프레이에 사용
- 용도는 주로 단열제로 사용되며, 클로로 플로로카본으로 발포하여 제조
- 용도: 빌딩과 건축의 단열, 냉장고, 쿨러, 철도, 화물컨테이너의 단열

■ 경질폴리우레탄폼 (Rigid Polyurethane Foam)

단위체	고분자 MDI(PMDI), polyether, polyester polyols
중합	벌크부가중합
주요 용도	빌딩과 건축(68%), 냉동(18%), 수송, 포장
주요 제조사	Isocyanates: BASF(Lupranate M-20S), Dow(Papi) ICI(Rubinate M), Mobay(Mondur MR) Polyols: 연질폼과 동일

CFC 이야기

- 오존이란 무엇일까? 오존은 산소원자 3개로 이루어져 있다. 오존분자들은 지구 상공 24~32km에 떠다닌다. 이 오존분자들은 특히 지구 상공 24km 높이에서 한데 뭉쳐 오존층을 형성한다. 오존분자들은 태양의 강력한 자외선을 흡수한다. 오존분자들은 일정하게 사라졌다 다시 나타난다. 오존이 자외선을 흡수하면 오존분자들은 쪼개진다. 쪼개진 분자들은 곧 새로운 오존 분자를 만든다. 이런 반복작용이 방해 받지 않는다면 대기중의 오존은 일정한 양으로 균형을 이룬다. 이러한 오존층이 CFC(염화불화탄소: Chlorofluoro Carbon)의해 파괴되고 있다. 이 CFC는 화학물질과 쉽게 반응을 하지 않는 안정된 물질이다. 그래서 CFC는 스프레이 제품, 냉각제과 스티로폼에 많이 사용된다. 현재는 CFC 대신에 다른 물질을 사용하고 있지만 CFC로 만들어진 제품과 다른 제품을 구분하기 힘들다.

CFC 명명법

- CFC : Chloro-Fluoro-Carbon : 대표적인 화합물로는 CFC-11, CFC-12, CFC-113 등이 있다. 오존층 파괴의 주요인으로 알려져 있다.
- HCFC : Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon: 수소가 함유된 CFC를 나타낸다. 대표적인 화합물로는 HCFC-22, HCFC-123, HCFC-141b 등이 있다. 오존층을 파괴하는 능력이 CFC물질보다 적어 CFC 대체물질 중 과도기 물질로 분류된다.
- HFC : Hydro-Fluoro-Carbon: 수소화불화탄소(불화탄화수소)를 나타낸다. 염소원소를 함유하지 않아 오존층을 파괴하지 않는다. 대표적인 화합물로는 HFC-134a, HFC-152a 등이 있다.

CFC 명명법

- 영문 접두어 뒤의 숫자는 분자식을 나타낸다. 세자리 숫자의 첫째(100단위) 숫자가 탄소(C)수 - 1, 둘째(10단위) 숫자가 수소(H)수 + 1, 그리고 셋째 숫자가 불소(F)의 수를 나타낸다.
- 표시된 숫자에서 분자식을 쉽게 알아보려면 표시된 숫자에 90을 더하면 된다. 90을 더하여 얻어진 세자리 숫자의 첫번째(100단위) 숫자가 탄소(C)의 수, 두 번째(10단위) 숫자가 수소(H)의 수, 그리고 세번째 숫자가 불소(F)의 수를 나타낸다. 염소(Cl)의 수는 포화화합물을 만드는데 필요한 개수이다.
- CFC-12의 경우를 예로 들어 설명하면 다음과 같다. 12에 90을 더하면 102가 된다. 따라서 탄소 1, 수소 0, 불소 2개가 함유되어 있고 여기에 추가로 이 화합물의 포화를 위한 염소 2개가 포함되어 결과적으로 CCl_2F_2 의 화학식을 갖는다는 것을 알 수 있다.

CFC 명명법

- CFC계 : CFC-11 (CCl₃F), CFC-113 (CCl₂F-CClF₂)
- HCFC계 : HCFC-22 (CHClF₂), HCFC-141b (CH₃-CCl₂F)
- HFC계 : HFC-134a (CH₂F-CF₃), HFC-152a (CH₃-CHF₂)

폴리우레탄 탄성체

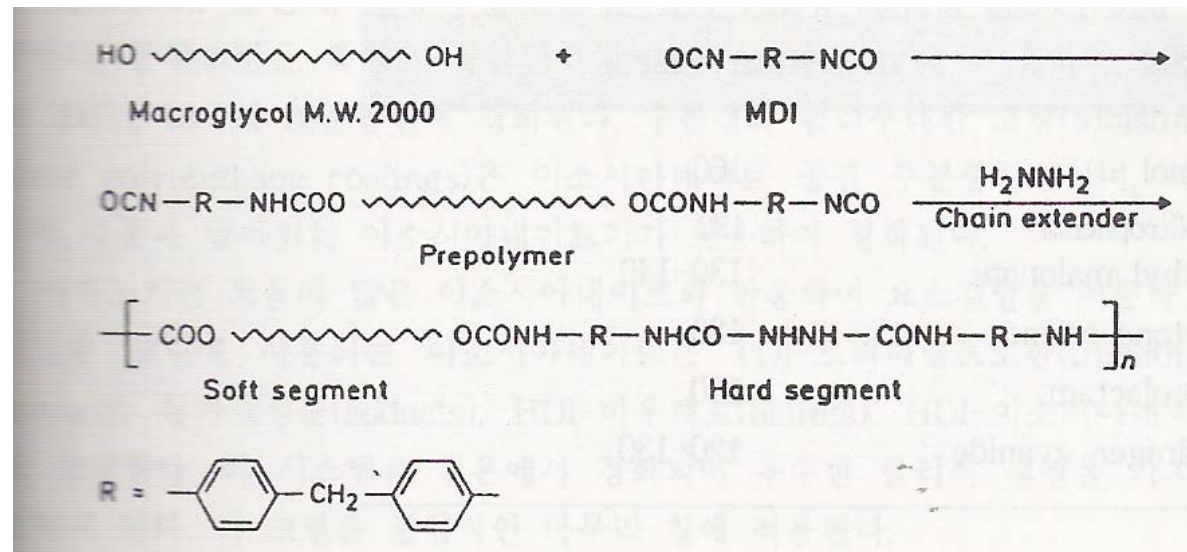
- 폴리우레탄 탄성체는 열가소성 (선형)과 열경화성 (가교형)으로 구분
- 분말 폴리우레탄 탄성체는 선형의 폴리 에스테르 또는 폴리에테르 폴리올을 TDI, MDI와 반응으로 제조
- 황 또는 과산화물 개시 가교반응에 의하여 경화
- 용도: 자동차 부품, 구두 밑창, 스포츠화, 롤러스케이트, 스케이트보드 바퀴

■ 폴리우레탄 탄성체 (Polyurethane Elastomers)

단위체	MDI, TDI, butanediol, polyether, polyester diols
중합	벌크부가중합
주요 용도	수송, 신발류, 스포츠 용품, 스판덱스 섬유
주요 제조사	Dow(Rimthane, Pellethane), Du Pont(Lycra), B. F. Goodrich (Estan), Mobay(Desmopan, Texin)

스판덱스형 섬유 (Lycra)

- 스판덱스 섬유: Du pont에서 1962년 개발
- Soft segment는 거대글리콜, Hard segment는 MDI와 히드라진 또는 에틸렌 디아민으로 구성
- 용도: 거들, 브라, 탄성스타킹, 수영복, 운동복



코팅, 접착제, 밀봉제

- 완성된 고분자, 부분 중합체, 또는 이성분계 모두에 사용되는 코팅에 응용
- 완성된 고분자는 극성용매, 열 용융, 분말 코팅기술로 응용
- 부분 중합체는 단일 또는 이성분계로 구성
- 단일계는 용기에서의 경화를 방지하기 위해 이소시아네이트기의 보호가 필요 (표 31 참조)
- 보호된 지방족 디이소시아네이트로 부터 제조된 폴리 우레탄은 TDI, MDI 로 제조된 PU보다 빛이나 산소에 안정 (cyclic bisurea)

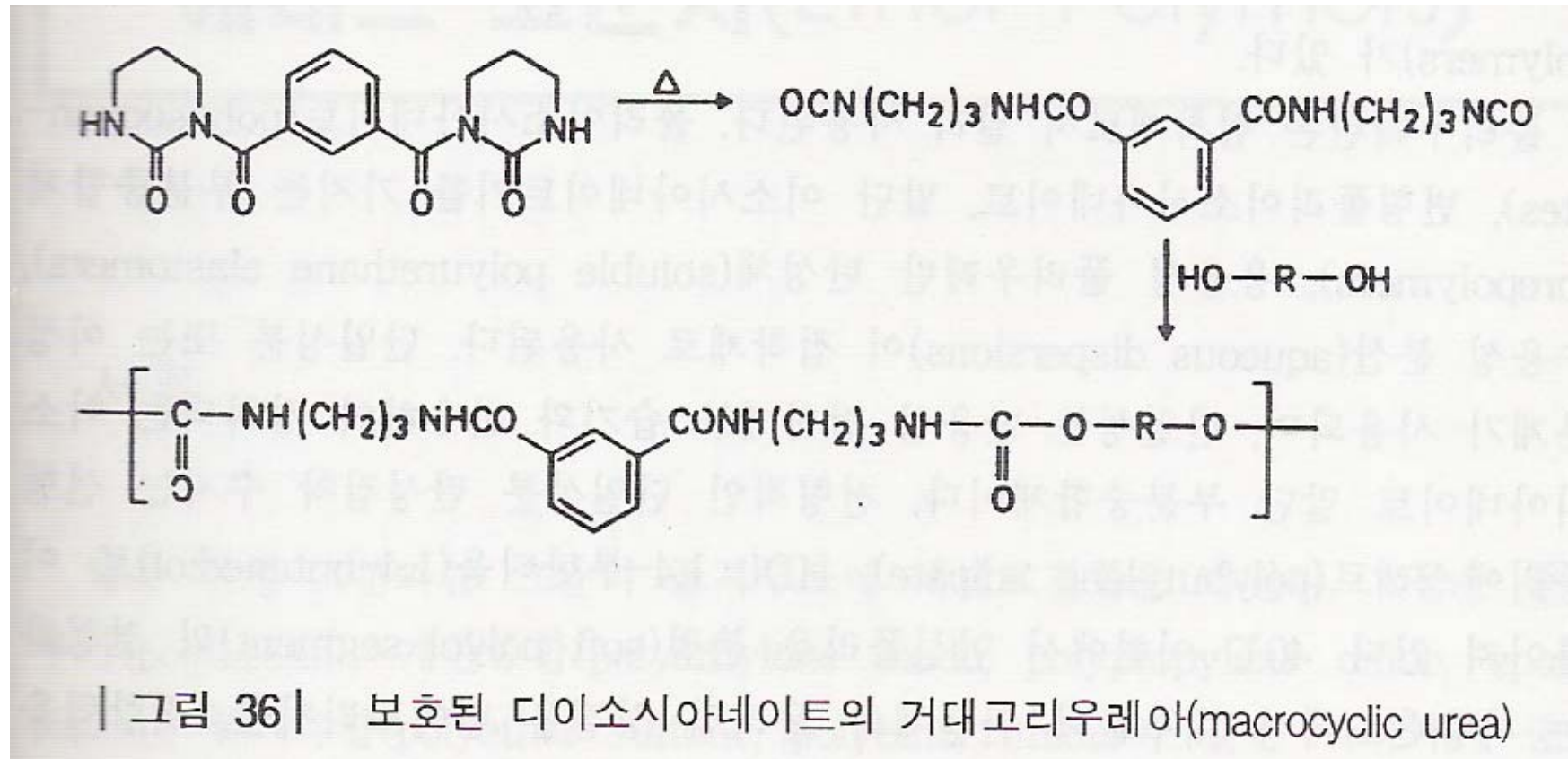
단위체	MDI, TDI, butanediol, polyester, polyether polyols
중합	부가중합
주요 용도	공업용 코팅, 수송, 건축, 신발
주요 제조사	BASF, Bayer, B. F.-Goodrich, ICI, PPG, Sherwin-Williams

이소시아네이트기의 보호

표 31 Isocyanate의 보호

보호제	탈보호 온도(°C)
Phenol	160
<i>m</i> -Nitrophenol	130
Diethyl malonate	130-140
Acetone oxime	180
Caprolactam	160
Hydrogen cyanide	120-130

Cyclic bisurea



코팅, 접착제, 밀봉제

- **폴리우레탄 분말 코팅**은 폴리에스테르 폴리올, 보호된 이소시아네이트 가교제로 배합
- 대부분의 가교제는 카르보락탐-보호된 TDI와 IPDI를 원료로 함.
- 분말코팅은 촉매로 옥탄산 주석을 사용, 180~200도에서 15~30분 경화
- **수분산 폴리우레탄 코팅**은 용매배출을 억제하기 위해 개발
- 폴리우레탄은 안전한 수용성 분산을 형성할 수 있도록 변형 → 이온기가 내부 유화로 작용하는 이온성 고분자와 친수성 폴리에테르 분절이 붙어 있는 비 이온성 고분자가 있음
- **폴리우레탄 접착제**는 폴리이소시아네이트, 말단에 이소시아네이트기를 가지는 부분중합체, 용융성 폴리우레탄 탄성체, 수용성분산 중합체가 응용됨. → 전형적인 이성분 반응성 접착제는 폴리이소시아네이트와 폴리올의 배합으로 제조

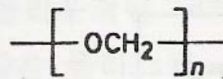
에테르 고분자 (Ether Polymers)

제 13 장

폴리아세탈 (POM)

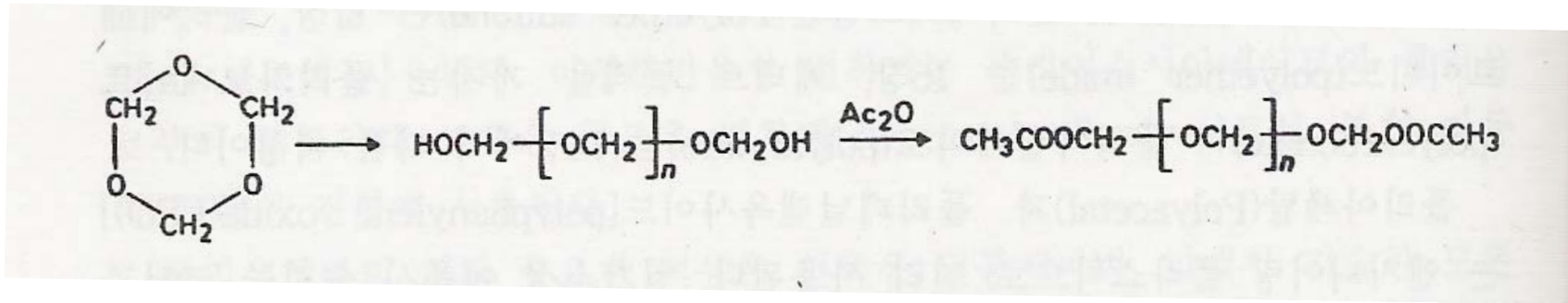
- 골격에 에테르결합을 가지는 고분자는 폴리부가 (POM), 개환중합 (PEO, PPO, Epoxy resin), 폴리축합 (PSF, PEI)로 제조
- POM은 포름 알데히드의 아세탈로 수용성 포름알데히드의 중합, 포름알데히드의 고리 삼량체인 트리옥산의 개환중합으로 제조
- 말단기를 보호하지 않으면 해중합이 일어나므로 무수초산으로 Capping [참조 반응식]

■ 폴리아세탈
(Polyacetal)



단위체	Formaldehyde, ethylene oxide
중합	양이온 또는 음이온연쇄중합
주요 용도	전기제품, 수도관, 하드웨어, 수송
주요 제조사	BASF(Ultraform), Du Pont(Delrin), Hoechst Celanese (Hostaform, Celcon)

Capping 반응



POM의 구조와 물성

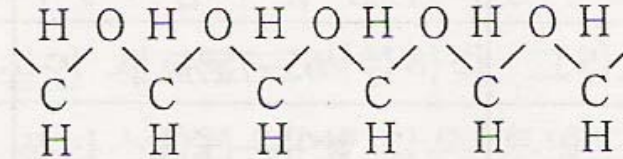
- 1958년 Du Pont에서 개발, 1961년 Celanese에 의해 상업화
- POM은 30,000~50,000의 평균 분자량을 가지는 결정성 선형고분자로 공기중에서 100도까지 안정하며, 넓은 온도범위에서 좋은 기계적 강도와 전기적특성을 지니고 있어 엔지니어링 플라스틱으로 응용
- POM은 석유화학원료에 기초를 두지 않는 물질로 포름알데히드의 원료인 천연가스, 석탄을 이용한 합성가스를 통하여 제조 가능

POM의 구조와 물성

【표 17】 Polyacetal 수지의 구조와 물성

구 분		공중합체	단일중합체
분자구조		$\left(\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{---}(\text{C}-\text{O})_n(\text{C}-\text{C}-\text{O})_m\text{---} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right)_p$	$\text{---} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{---}(\text{C}-\text{O})_n\text{---} \\ \\ \text{H} \end{array}$
결정화도		65~75%	75~85%
제조법		양이온 중합	음이온 중합
단기물성	인장강도 (MPa)	620	720
	파단신장률 (%)	60	25
	굴곡탄성계수 (MPa)	26,400	28,800
	융점 (°C)	165	175
장기물성	열변형 온도 (°C)	110	120
	고온 하에서의 내Creep 성	우수	양호
	고온 하에서의 수명	우수	양호
성형성	열안정성	우수	분해용이
	성형온도 범위	광범(185~230°C)	협소(190~210°C)
	재생 성형성	다	소
내약성	알칼리	○	×
	산	×	×
	Oil	○	○
	Hot Water	○	×
	Cl ₂	△	×
섬유 강화 플라스틱		강화 용이	강화 곤란
강화 Grade		인장강도 1,300 kg/cm ²	인장강도 610 kg/cm ²

POM의 구조와 물성



공중합체의 경우에는 oxymethylene 기($-\text{CH}_2\text{O}-$)에 oxyethylene 기($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$)가 공중합되어 있기 때문에 결정화도는 단일중합체보다 약간 낮으며 따라서 밀도도 조금 더 낮다.

【표 18】 Polyacetal 단일중합체와 공중합체의 결정화도 및 밀도

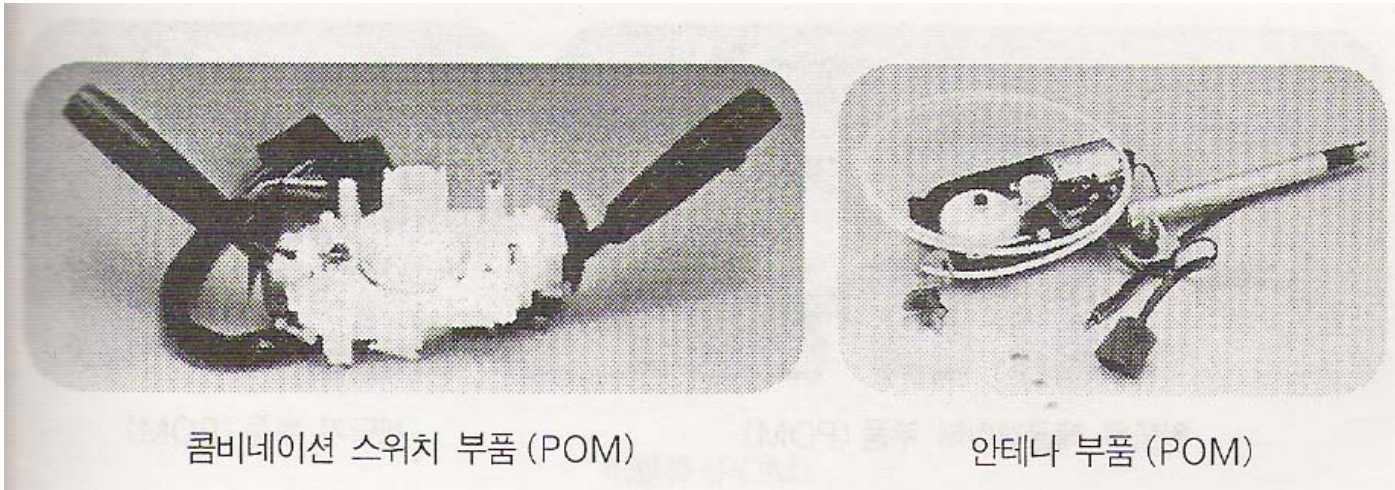
구 분	결정화도 (%)	밀도 (g/cm ³)
단일중합체	75~85%	1.42
공중합체	65~75%	1.41

POM의 용도

표 19 Polyacetal 수지의 용도

구분	구성비(%)	적용 분야
자동차	32	스피커 그릴, 인사이드 도어 핸들, 안전벨트 부품, 사이드 미러 부품, 연료펌프 부품, 윈도우 레귤레이터 부품, 계기 부품, 안테나 부품, 도어 부품, 콤비네이션 스위치, 와이퍼 링 게이지 부품, 윈도우 드럼, 오토미션 부품, 베어링 류, 에어컨 부품, 히터 조절기 부품, 방향 지시 램프 홀더
전기전자	28	세탁기 니플, 세탁기 받침대, 세탁기 유입수 밸브 부품, 세탁기 배수구 부품, 세탁기 유성기어 부품, VTR 데크, VTR 기어, 타이머 부품, A/V 테이프 부품, 핸드폰 부품, 프린터 부품, 전자레인지 부품, 카메라 부품
기타	40	지퍼, 장난감 기어류, 창문 롤러, 양변기 부품, 의자용 부품, 펌프 부품, 밸브류, 녹즙기 부품, 버클류, 블라인더 부품, 로드, 립스틱 부품

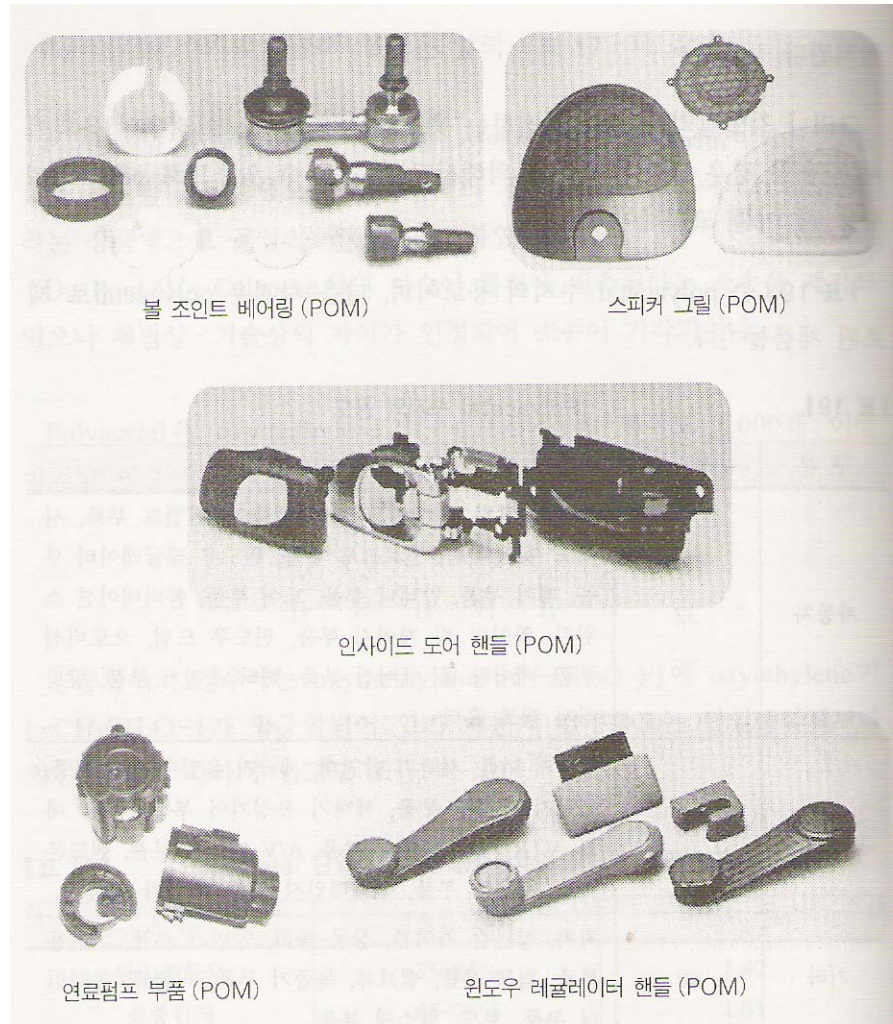
POM의 용도



콤비네이션 스위치 부품 (POM)

안테나 부품 (POM)

POM의 용도



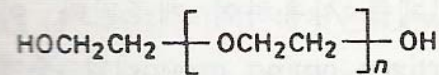
POM의 용도



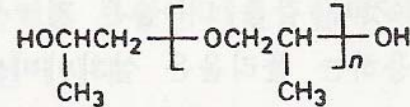
PEO/PPO

- 고리에테르의 부가생성물: 중합은 KOH하에서 해당되는 글리콜 또는 알킬렌 옥사이드를 부가함으로 얻어짐.

- 폴리에틸렌글리콜과 폴리프로필렌글리콜
(Polyethylene Glycol(PEG) and Polypropylene Glycol(PPG))



PEG



PPG

단위체	Ethylene oxide, propylene oxide
중합	염기촉매, 개환
주요 용도	폴리우레탄에 사용되는 polyol(> 80%), 계면활성제, 윤활유
주요 제조사	BASF(Pluracol), Dow(Voranol), ICI(Daltorez), Mobay(Multranol), Olin(Poly-G), Union Carbide(Niax)

PEO/PPO

- 형태와 분자량에 따라서 점성 액체에서 왁스상의 고체의 범위를 가진다. 폴리 우레탄에 사용되는 폴리올은 200~10,000의 범위를 가진다.
- 블록 공중합체의 제조도 용이, PO를 프로필렌 글리콜과 반응 시킨 후, EO를 반응을 진행하면 PPO-PEO block 공중합체를 제조
- 다작용기의 폴리올의 제조를 위해서는 적절한 개시제를 사용하여 조절이 가능 (표 32 참조)

폴리 에테르 폴리올

표 32 상업적 폴리에테르폴리올

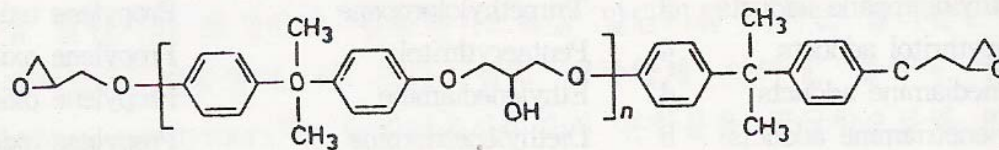
생성물	작용기의 수	개시제	알킬렌옥사이드
Polyethylene glycol PEG	2	물 또는 ethylene glycol	Ethylene oxide
Polypropylene glycol PPG	2	물 또는 propylene glycol	Propylene oxide
PPG/PEG*	2	물 또는 propylene glycol	Propylene/ Ethylene oxide
Glycerol adduct	3	Glycerol	Propylene oxide
Trimethylolpropane adducts	3	Trimethylolpropane	Propylene oxide
Pentaerythritol adducts	4	Pentaerythritol	Propylene oxide
Ethylenediamine adducts	4	Ethylenediamine	Propylene oxide
Diethylenetriamine adducts	5	Diethylenetriamine	Propylene oxide
Sorbitol adducts	6	Sorbitol	Propylene oxide
Sucrose adducts	6	Sucrose	Propylene oxide

* 불규칙 또는 블록 공중합체

에폭시 수지

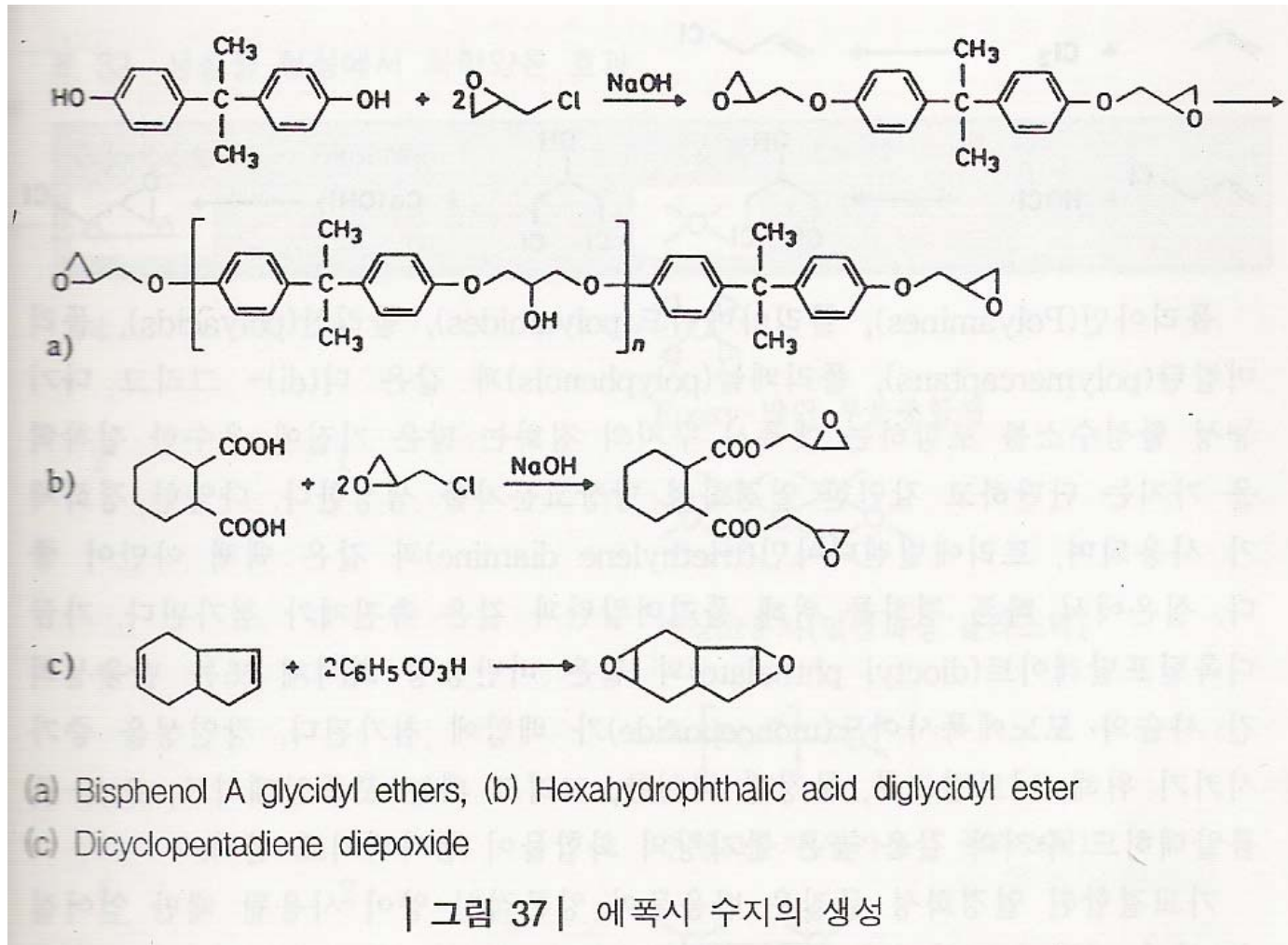
- 1934년 나일론-6의 발명자인 P. Schlack에 의해 최초 합성
- 다기능성 아민과 무수물과의 경화반응으로 제조
- 실온에서 경화되고, 휘발성물질의 생성이 적으며, 최소한의 응축 발생

■ 에폭시 수지(Epoxy Resins)

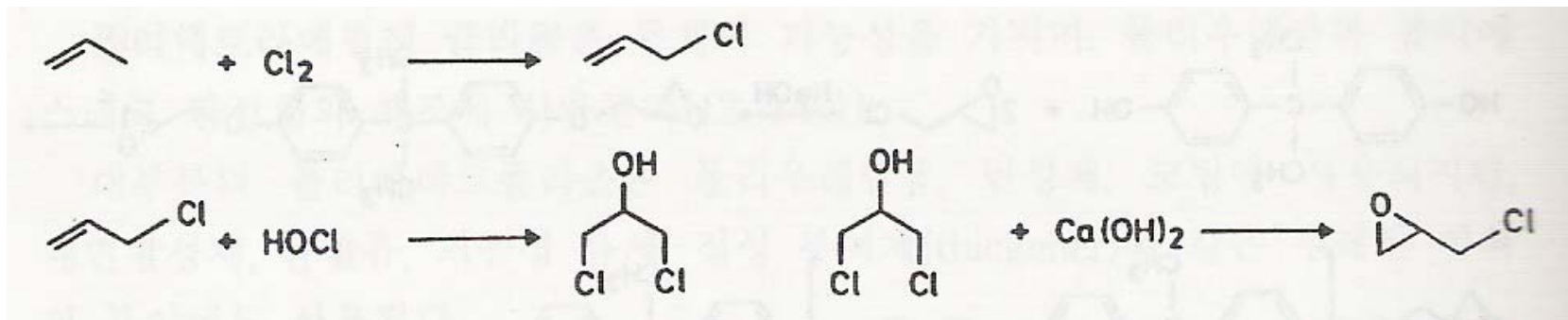


단위체	Bisphenol A, epichlorohydrin
중합	다기능성 경화제와 개환 폴리부가반응
주요 용도	표면 코팅(44%), 적층물(laminates)과 복합물(composites) (18%), 성형(9%), 바닥재(6%), 접착제(5%)
주요 제조사	BASF(Epoxin), Bayer(Levepox), Ciba Geigy(Araldit), Dow(DER), Hoechst(Hostapox), Reichhold(Epotuf), Shell(Epon, Epikote)

에폭시 수지의 합성



에피클로로히드린의 제조





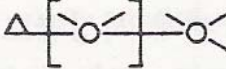



에폭시 수지

- 폴리아민, 폴리아마이드, 폴리산, 폴리머캡탄, 폴리페놀과 에폭시 수지와 의 경화는 많은 기질에 우수한 접착력과 단단하고 강인한 열 경화성 망상 고분자 생성
- 가교결합된 열경화성 물질은 반응물이 양론적인 양이 사용될 때만 얻어 질 수 있으므로, 경화제에 대한 에폭사이드의 비율이 중요 (표 33 참조)
- 상온에서 폴리아민, 폴리아마이드, 폴리머캡탄과의 촉매 경화를 사용하여 가교반응을 시키는 system
- 가열-가교 결합 시스템: 무수물과 폴리카르복시 산을 사용하여 히드록시기를 통한 경화도 가능

양론 효과

표 33 생성물 형성에서 화학양론 효과

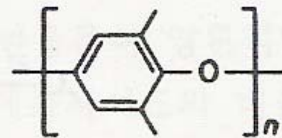
Bisepoxide	Tetramine	생성물
		
4	1	 Epoxy-말단 부분중합체
2	1	 망상고분자(열경화성 플라스틱)
1	1	 선형고분자(열가소성 플라스틱)
1	2	 Amine-말단 부분중합체

PPO

- GE에서 1956년 개발
- 동종중합체의 가공이 어려워, 고충격 폴리스티렌 또는 부타디엔-스티렌 공중합체를 포함하는 변성 PPO가 제품으로 제조
- 결정성 나일론과의 브렌드는 내 용매성을 증대

■ 폴리페닐렌옥사이드

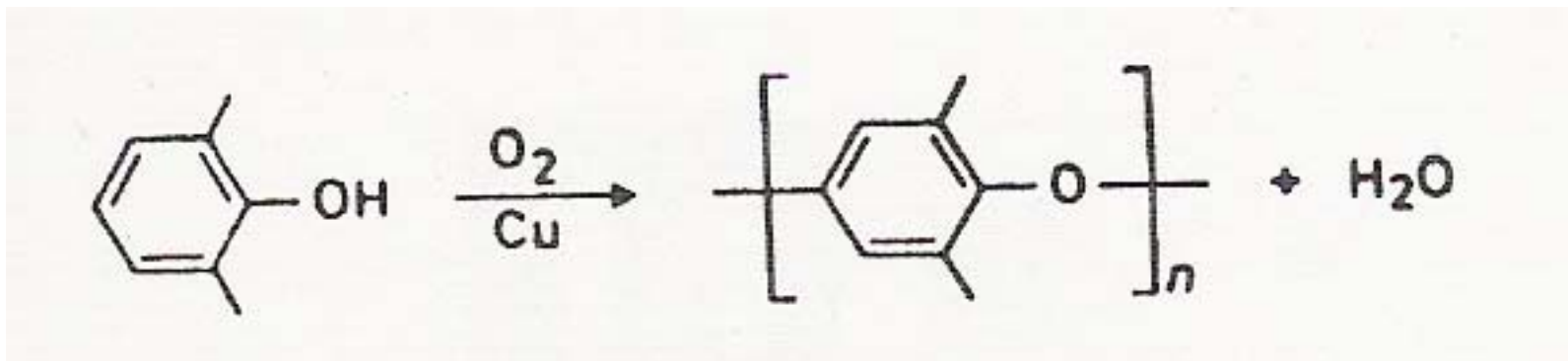
(Polyphenylene Oxide(PPO))



단위체	2,6-Dimethylphenol, 2,3,6-trimethylphenol
중합	산화결합(oxidative coupling)에 의한 축합중합
주요 용도	자동차, 전기제품, 사무기기 하우징, 전기부품
주요 제조사	Borg-Warner(Prevex), G. E.(Noryl)

PPO의 합성

- PPO는 촉매로 구리염과 피리딘을 사용하여, 2,6-dimethyl phenol의 산화로 제조된다.
- 2,6-dimethyl phenol은 메탄올로 페놀을 알킬화 시켜 제조
- PPO는 약 210도까지 안정하며, 이 온도 분위기에서 강도와 내화성이 유지
- 용도: 참조 표 22



MPPO의 용도

표 22 MPPO의 용도

구분	구성비(%)	적용 분야
자동차	10	내 외장재 부품(휠 캡) 등
전기전자	76	카메라 스위치 부품, 오버 헤드 프로젝트 팬, 팩시밀리 부품(Chassis, Paper guide 등), 랩탑 하우징, 스위치 케이스, CD 플레이어 부품
기타	14	펌프 커버, 테니스 라켓, Spoiler