



Chapter 1. 공업 고분자 응용 개론

• Outline of Chapter

- 기본 고분자의 법칙
- 고분자 공업의 원료
- 공업 고분자의 제조
- 공업 고분자의 가공
- 공업 고분자의 재생

기본 고분자 법칙

합성 고분자

- 고분자의 용융점도 = f (분자량, 사슬의 길이, 가지의 모양, 가교도)
- 선형고분자: 열가소성 → 재 가공 가능
- 가교고분자: 열경화성 → 재 가공 불가

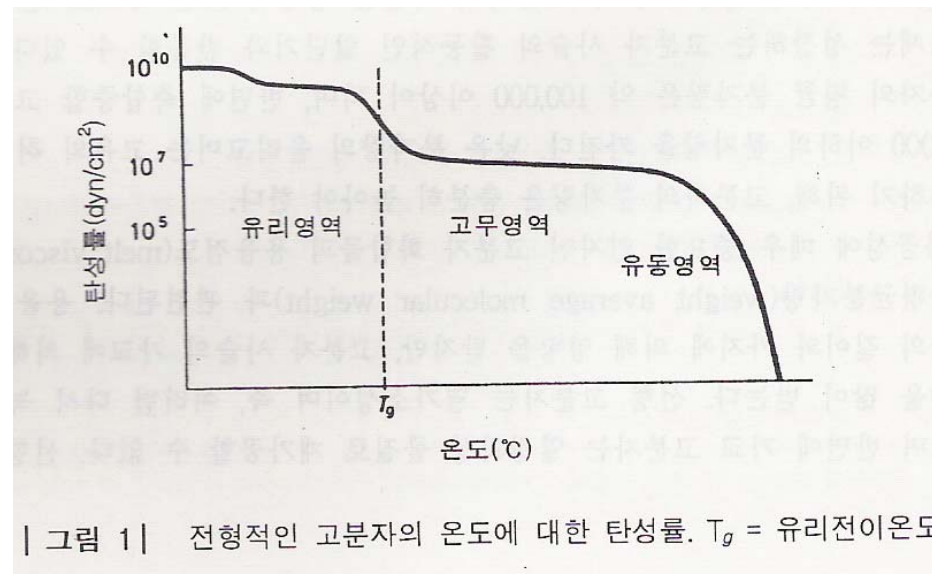
표 2 기본 고분자 구조

	선형사슬	고분자망
중합 타입	폴리부가, 폴리축합	가교결합이 이루어지는 폴리부가
초분자 구조	결정성, 무정형	무정형
가공	열가소성 플라스틱	열경화성 플라스틱
용해도	용해	불용

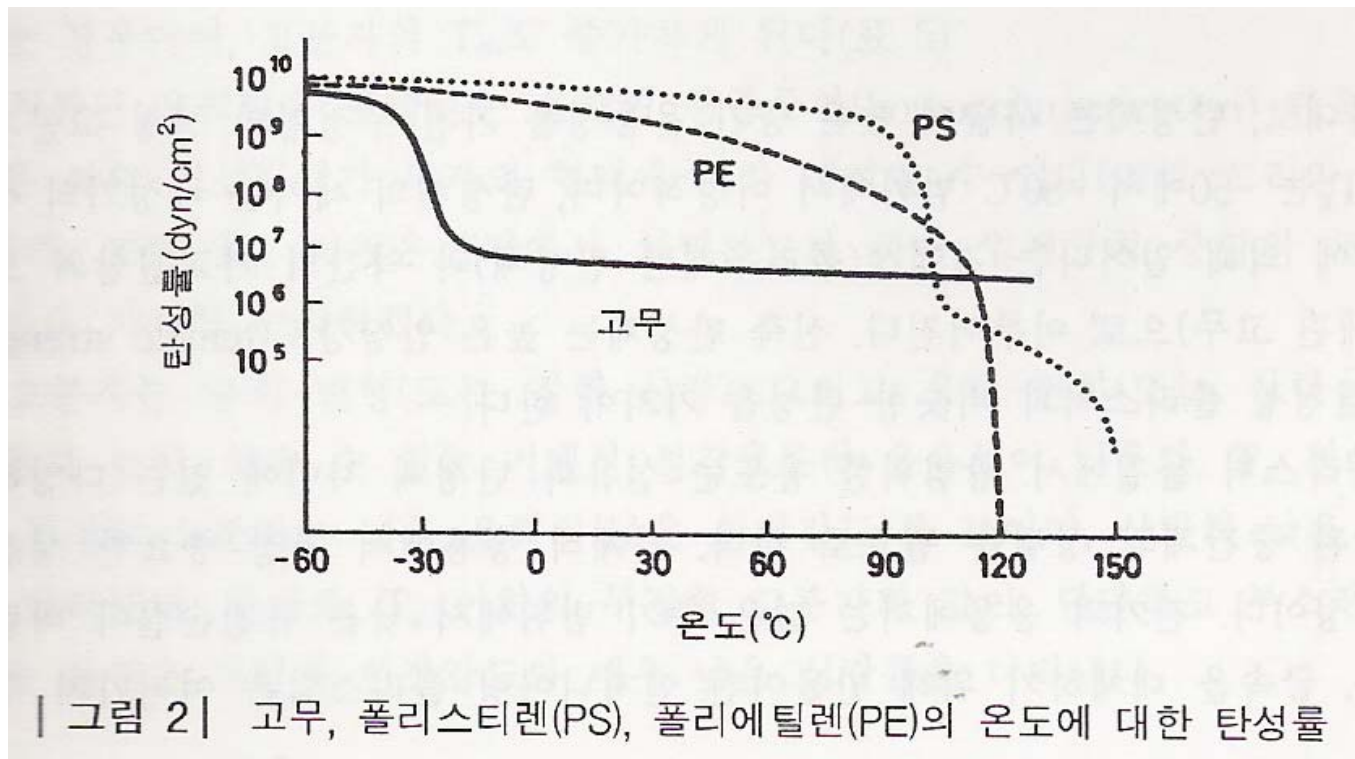
기본 고분자 법칙

합성고분자

- 측정시간과 온도에 따라서 유리와 성질에서 탄성 있는 고무, 점성 있는 액체의 성질을 나타냄.
- 유리전이온도: 유리영역과 고무영역의 중간지점.



탄성률 vs 온도



고분자의 유리전이 온도

표 3 고분자의 유리전이온도

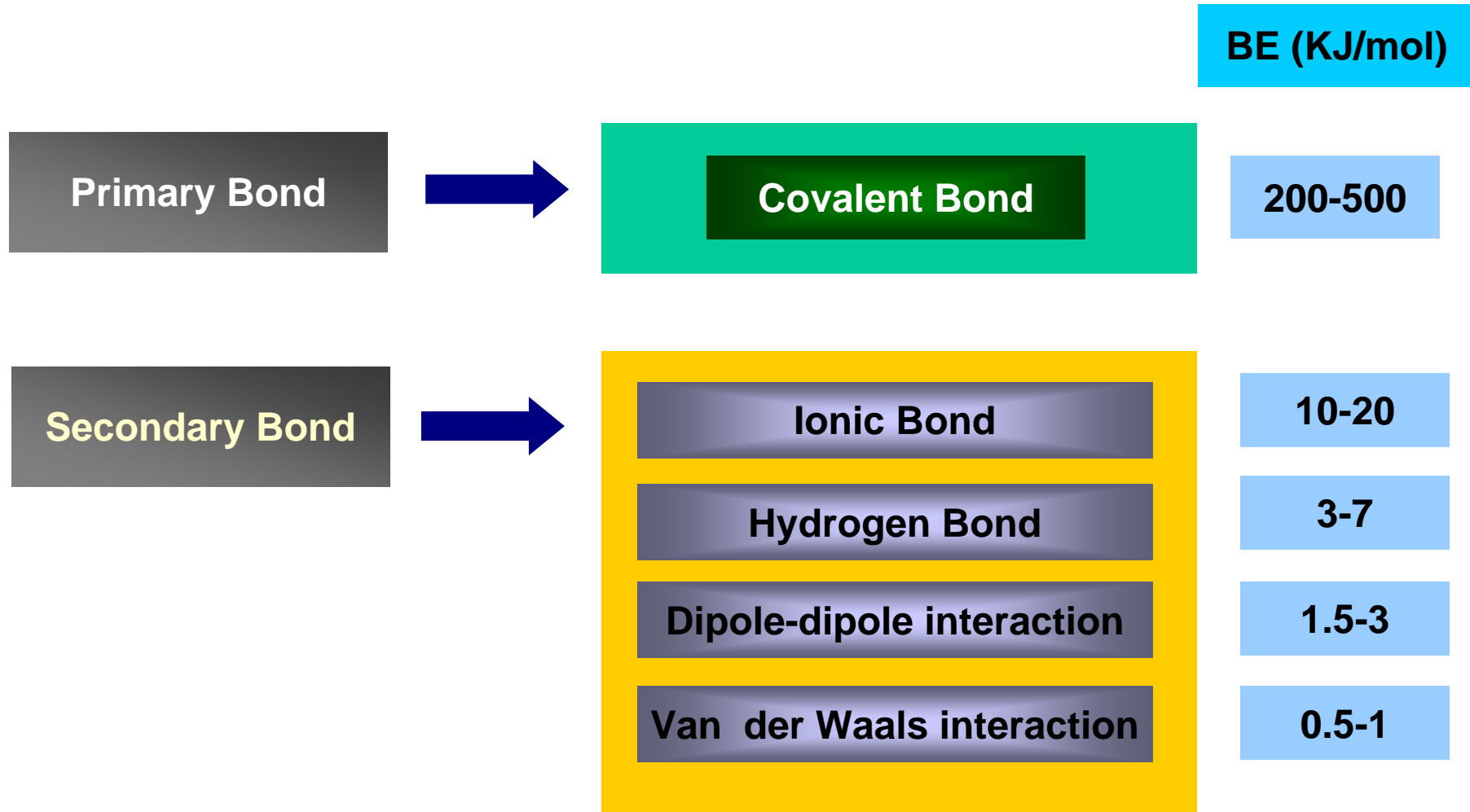
고분자	T_g (°C)
천연고무	-72
Polyisobutylene	-70
Polypropylene	5
Polyvinyl acetate	29
Nylon-6	60
Polyvinyl chloride	82
Polystyrene	100
Polymethyl methacrylate	105
Polycarbonate	150
Polyvinylcarbazole	211

고분자 구조와 물성

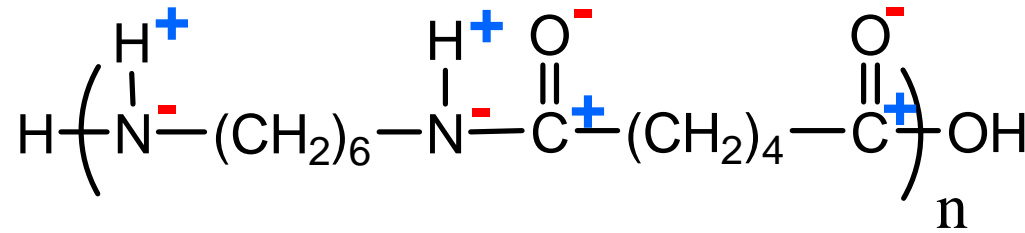
합성고분자

- 고분자의 물리적 성질 = f (결정화도, 사슬 유연성, 원자단의 Bonding)
- 극성기의 함량이 높아져서 원자단끼리의 bonding이 강해짐에 따라 Tg의 증가 [표 4]
- 고분자 사슬에서 비극성기가 치환될 경우 결정성의 감소에 따른 용융점의 감소.
- 입체규칙성을 유지하며, 알킬기의 부피가 커질 경우, 강인성이 증가하고, 용융점도 증가 [표 5]

Interaction of Polymer

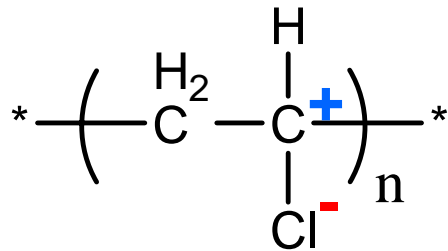


극성고분자와 전기음성도



H: 2.2, N: 3.0

C: 2.5, O: 3.4



C: 2.5, Cl: 3.2

고분자 구조와 물성

표 4 염화폴리에틸렌의 유리전이온도

염소 (%)	T_g (°C)
0	-50
30	-20
50	20
60	75
70	150
72	180

표 5 동일배열 폴리올레핀의 용융온도에서 곁 사슬의 효과

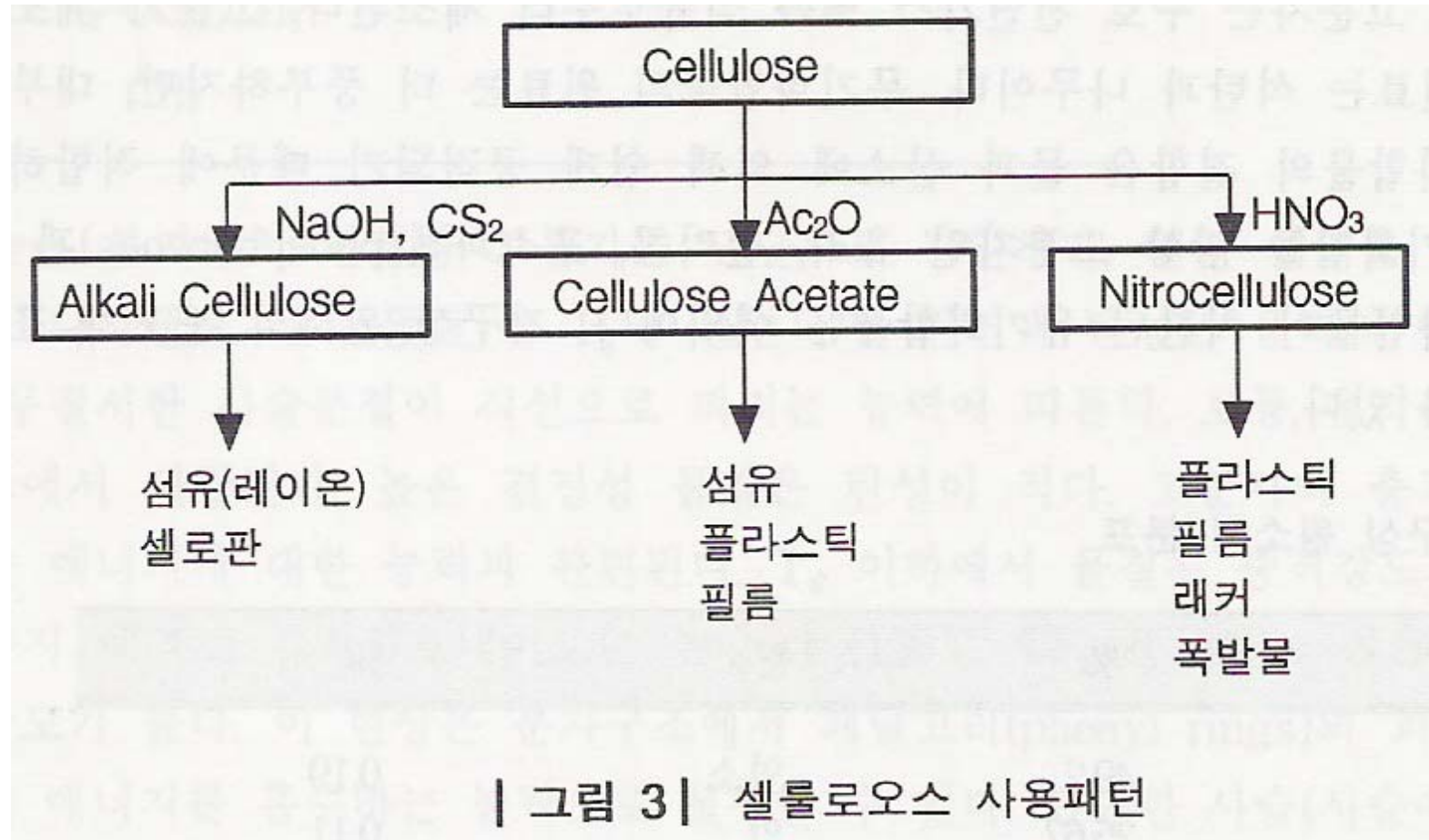
곁 사슬	용융 온도 (°C)
- CH ₃	165
- CH ₂ CH ₃	125
- CH ₂ CH ₂ CH ₃	75
- CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	55
- CH ₂ -CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	196
- CH ₂ -C(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₃	350

고분자 공업의 원료

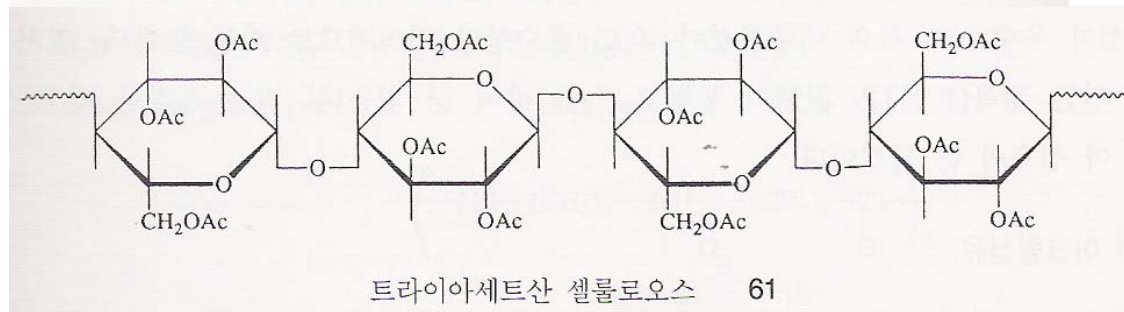
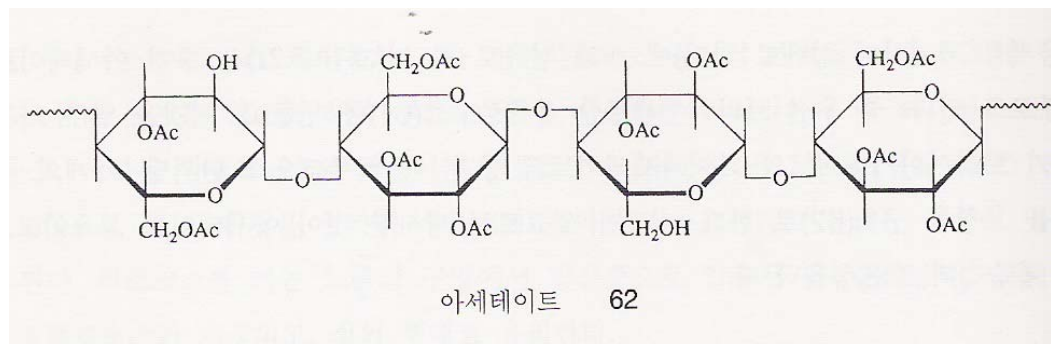
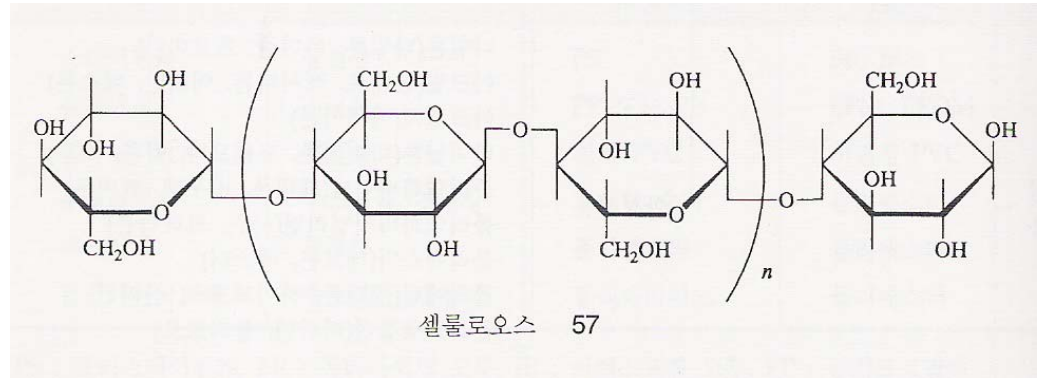
표 6 지구상 원소의 분포

원소	%	원소	%
산소	49.2	염소	0.19
규소	25.67	인	0.11
알루미늄	7.50	망간	0.08
철	4.71	탄소	0.08
칼슘	3.39	황	0.06
소듐	2.63	바륨	0.04
칼륨	2.40	질소	0.03
마그네슘	1.93	불소	0.03
수소	0.87	스트론튬	0.02
티타늄	0.58	기타	0.47

셀룰로오스의 응용



셀룰로오스의 응용



아세테이트 섬유

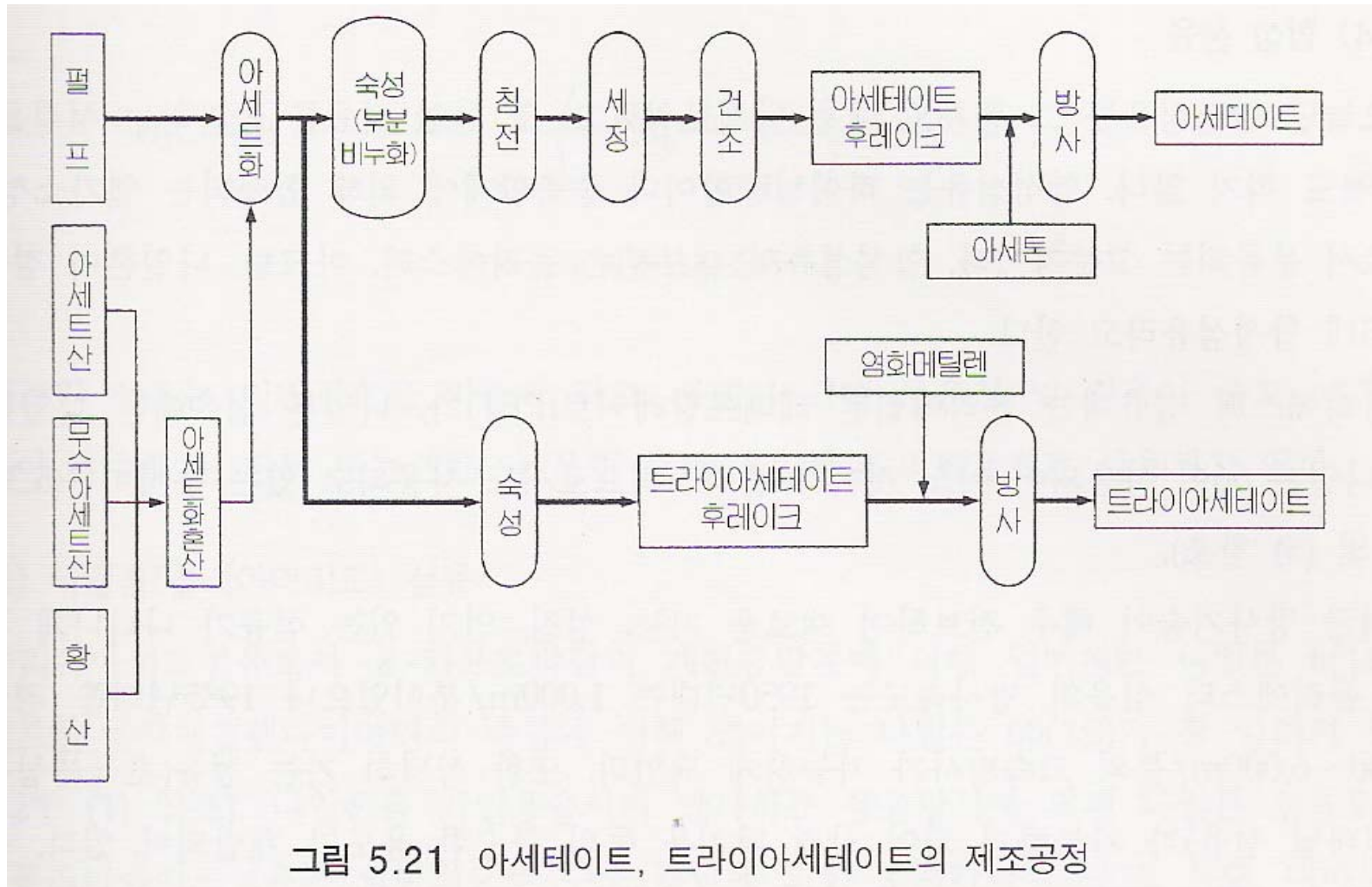
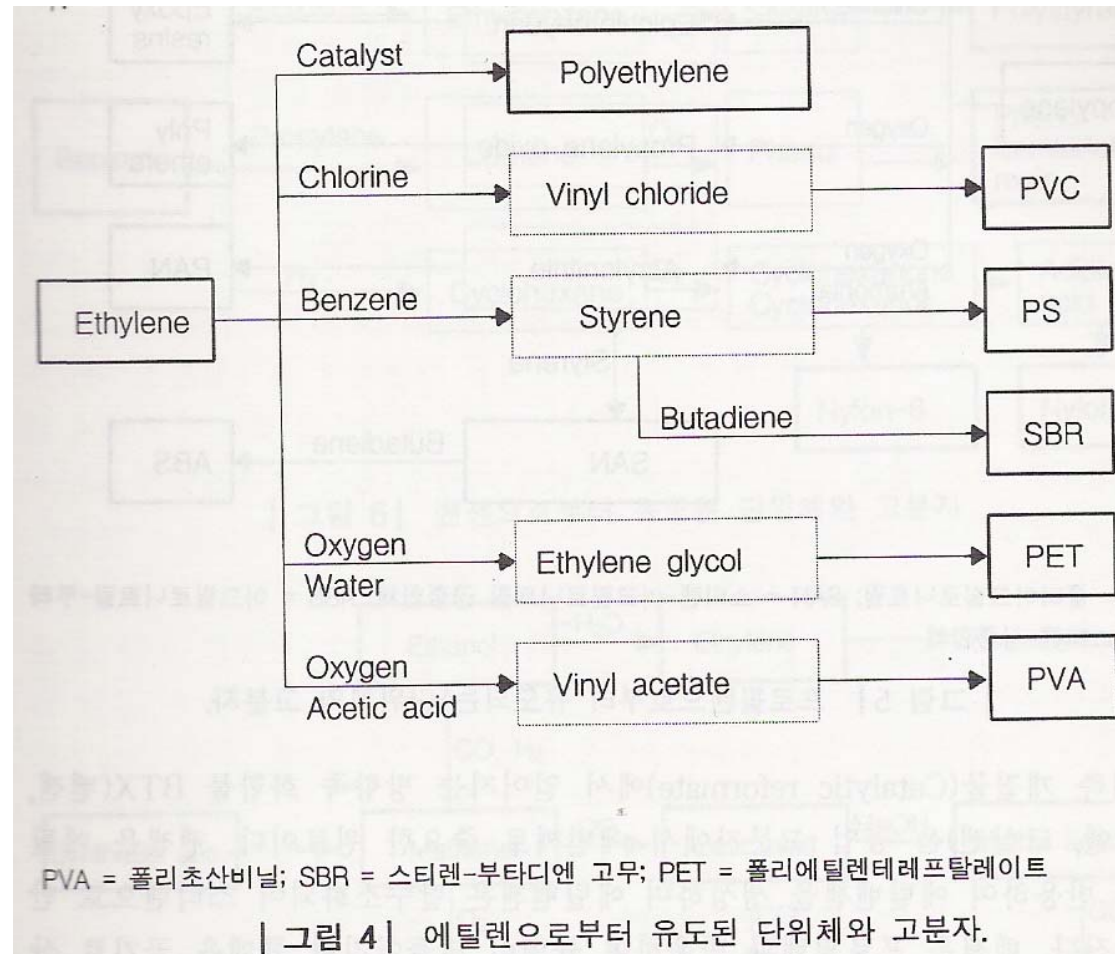
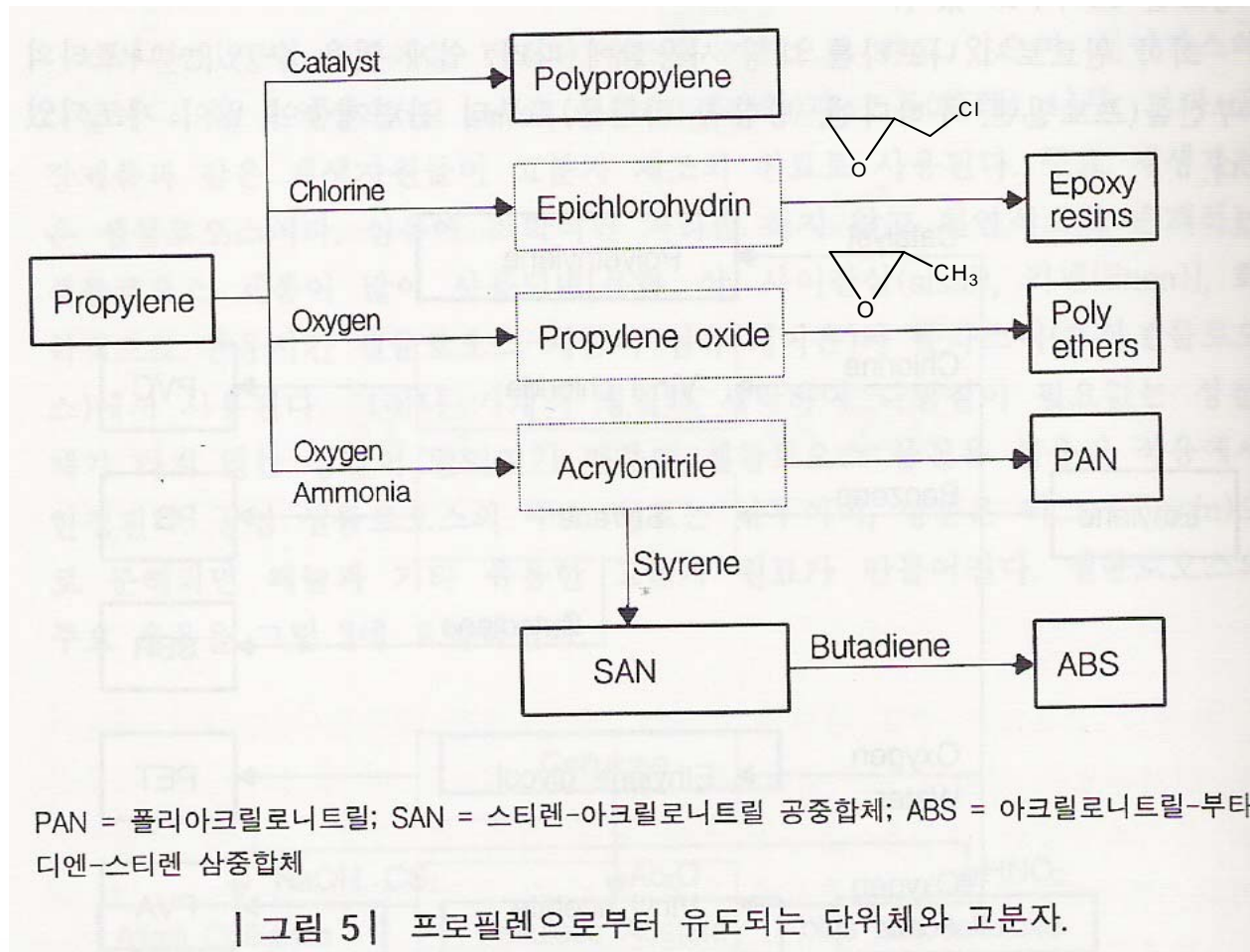


그림 5.21 아세테이트, 트리아세테이트의 제조공정

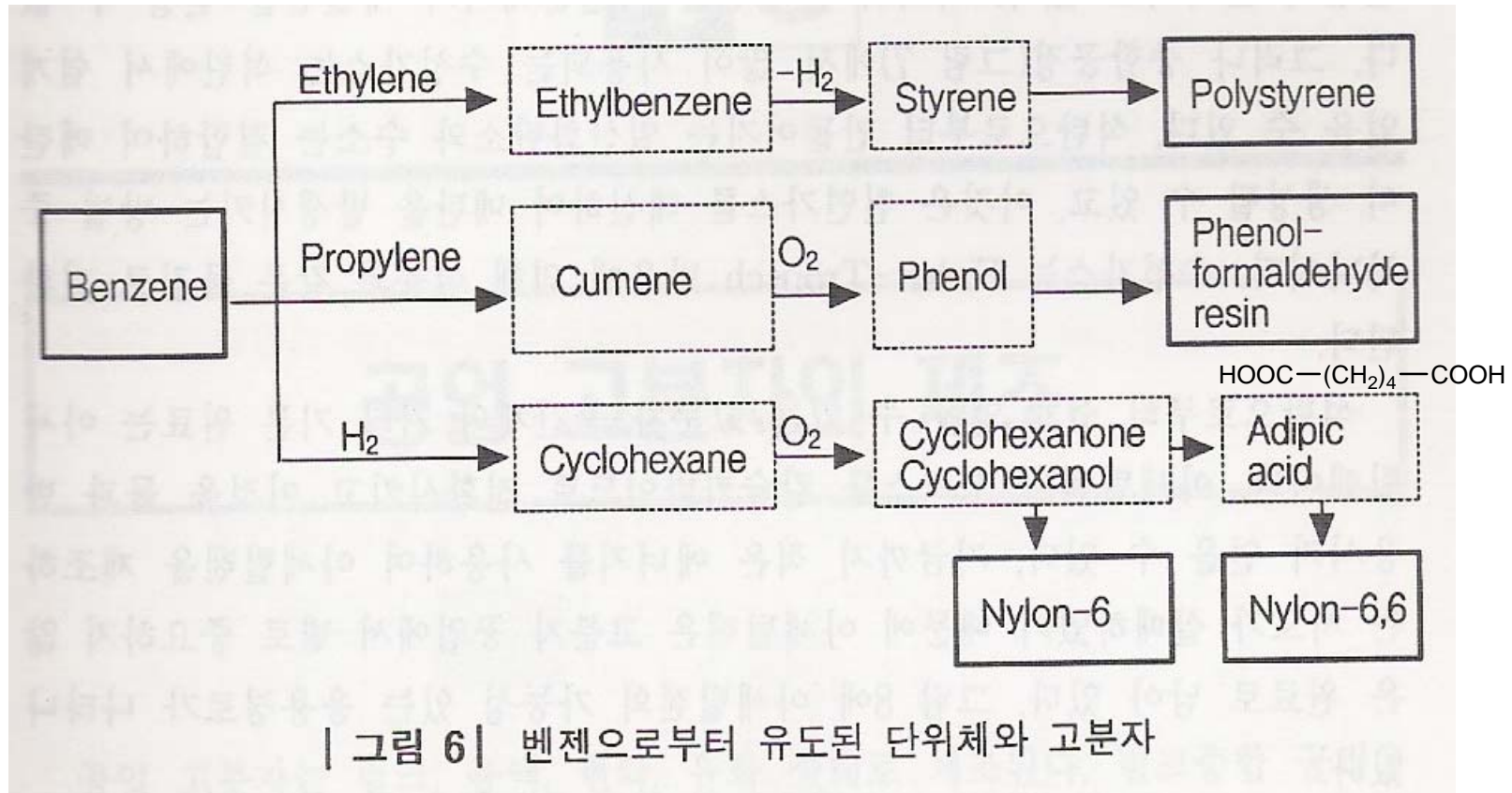
에틸렌으로부터 유도된 모노머와 고분자



프로필렌으로부터 유도된 모노머와 고분자

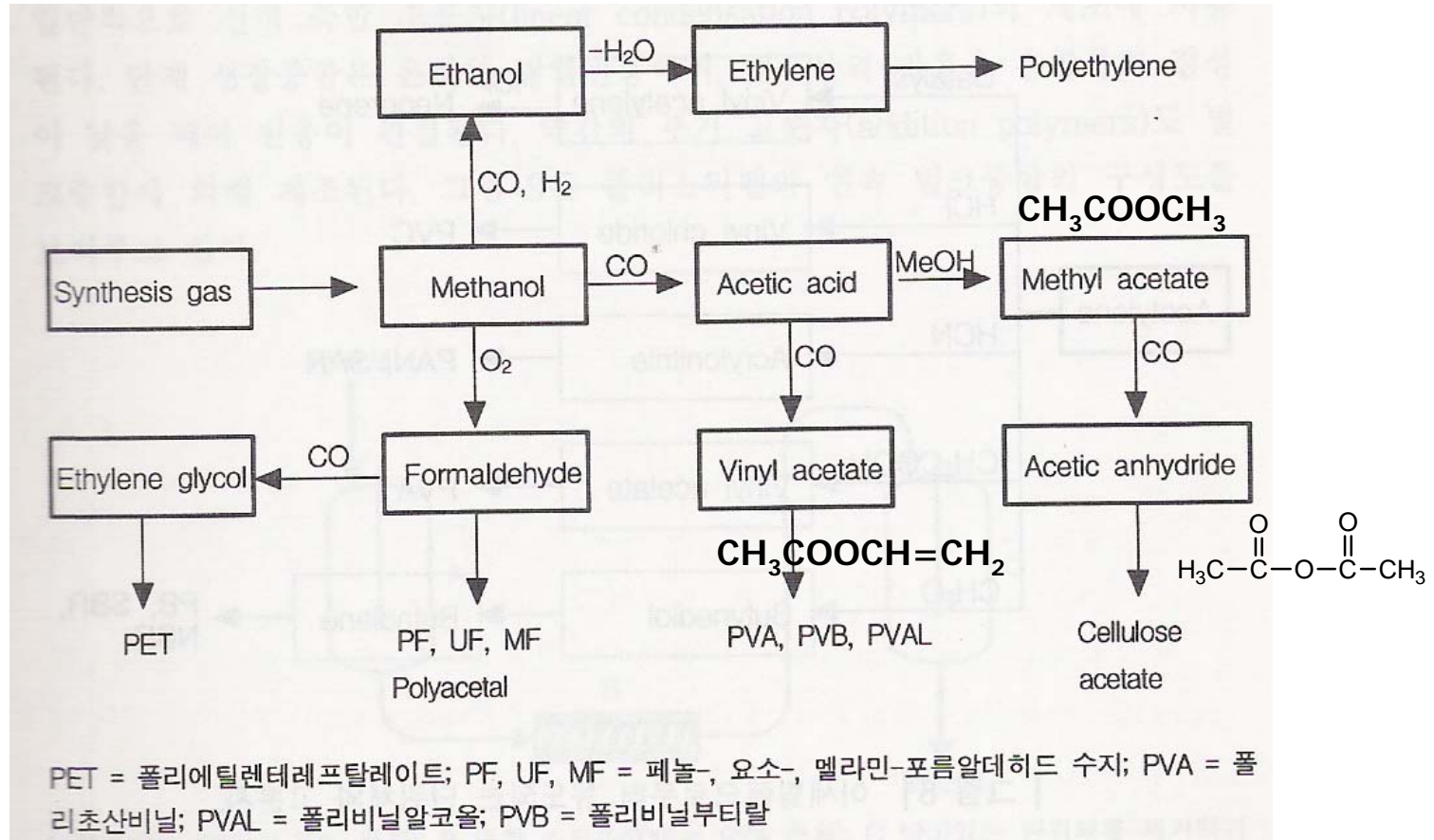


벤젠으로부터 유도된 모노머와 고분자

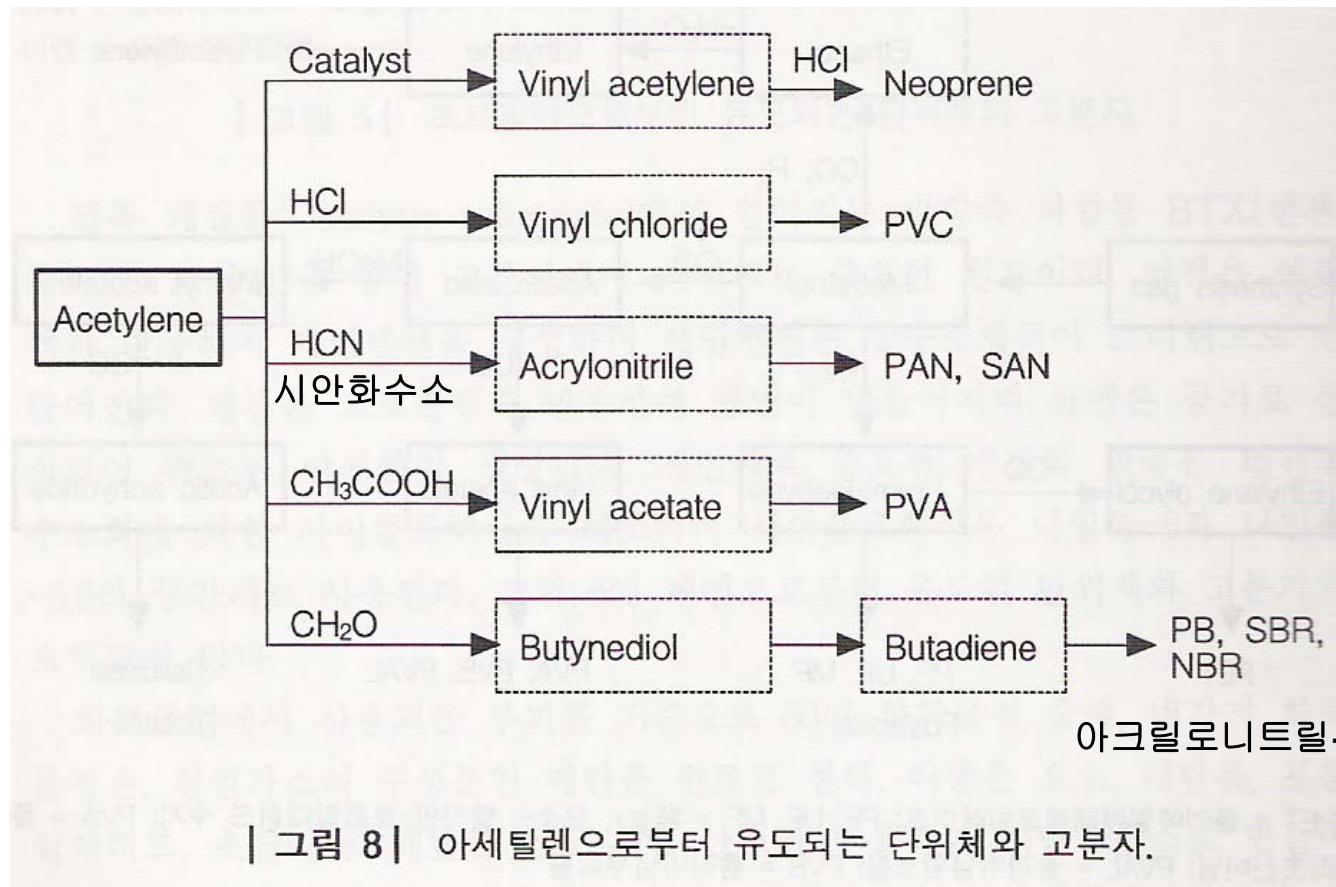


| 그림 6 | 벤젠으로부터 유도된 단위체와 고분자

합성가스로부터 유도된 모노머와 고분자



아세틸렌으로부터 유도된 모노머와 고분자



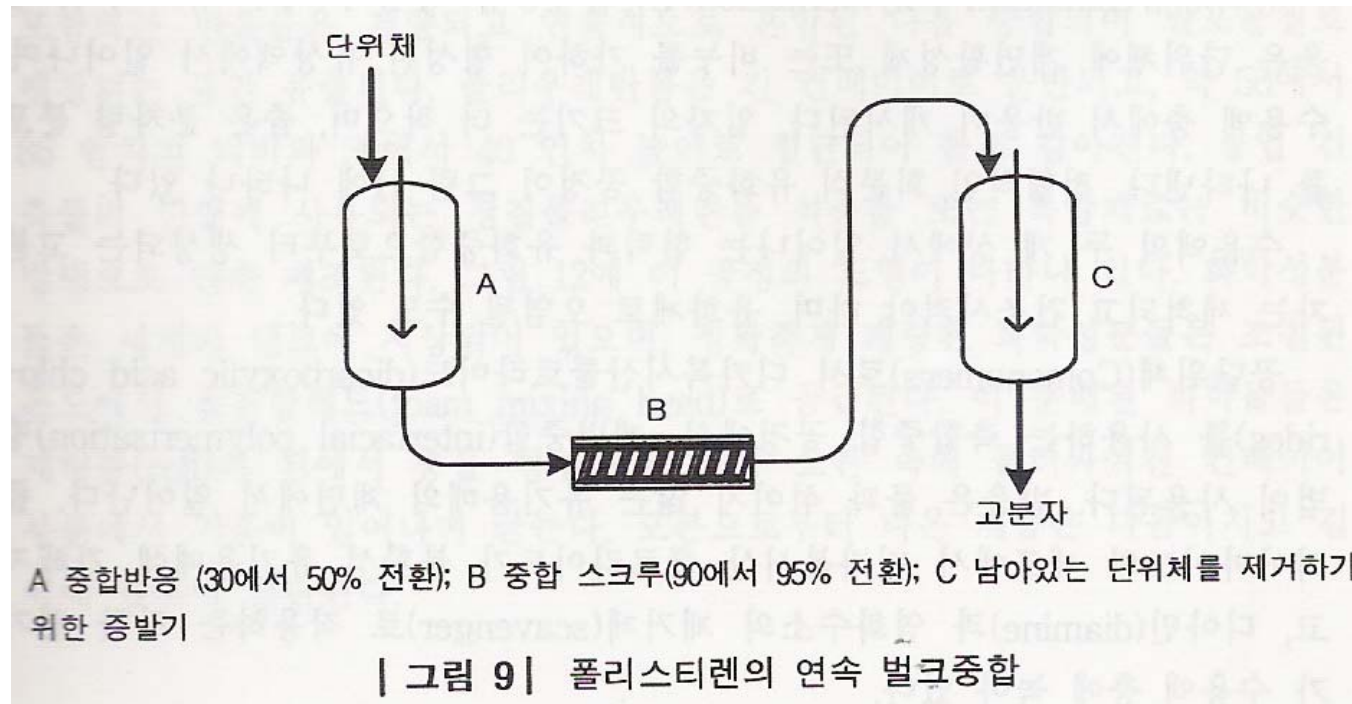
고분자 중합 공정

Method	Advantages	Disadvantages
Bulk (Neat)	Simple equipment Rapid reaction Pure polymer isolated	Heat buildup Gel effect Branched or crosslinked product
Solution	Good mixing Ready for application	Lower mol. Wt. Low R_{poly} Solvent Recovery
Suspension (Pearl)	Low viscosity Direct bead formation	Removal of additives
Emulsion	High R_{poly} Low Temperatures High Mol. Wt. High surface area latex	Removal of additives Coagulation needed Latex stability

폴리스티렌의 연속괴상중합

괴상중합

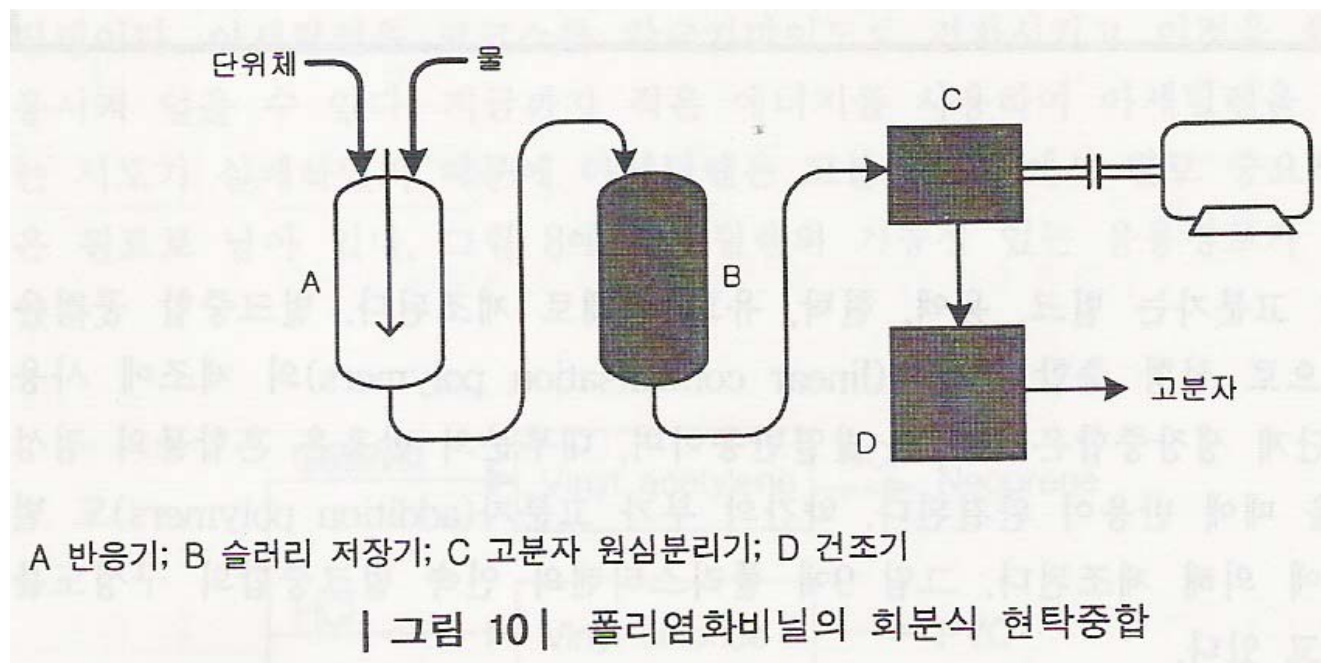
- 선형 축합 고분자의 제조에 사용.
- 단계 성장중합은 온화한 발열반응



PVC의 회분식 현탁중합

현탁중합

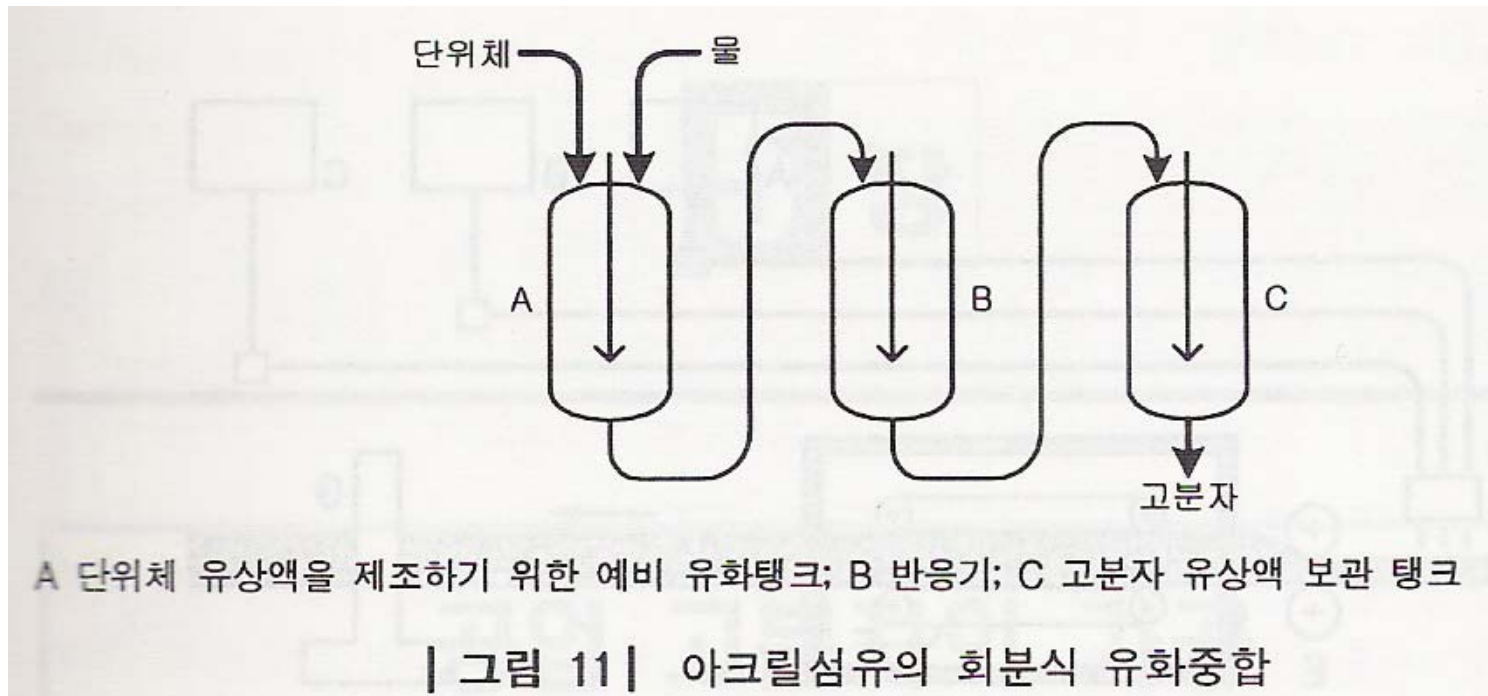
- 높은 발열의 자유 라디칼 개시중합은 용액/현탁 중합으로 제조
- 용매: 라디칼 중합: 물 (ex, PS, PVC)
배위중합: 유기 용매 (ex, PE, PP)



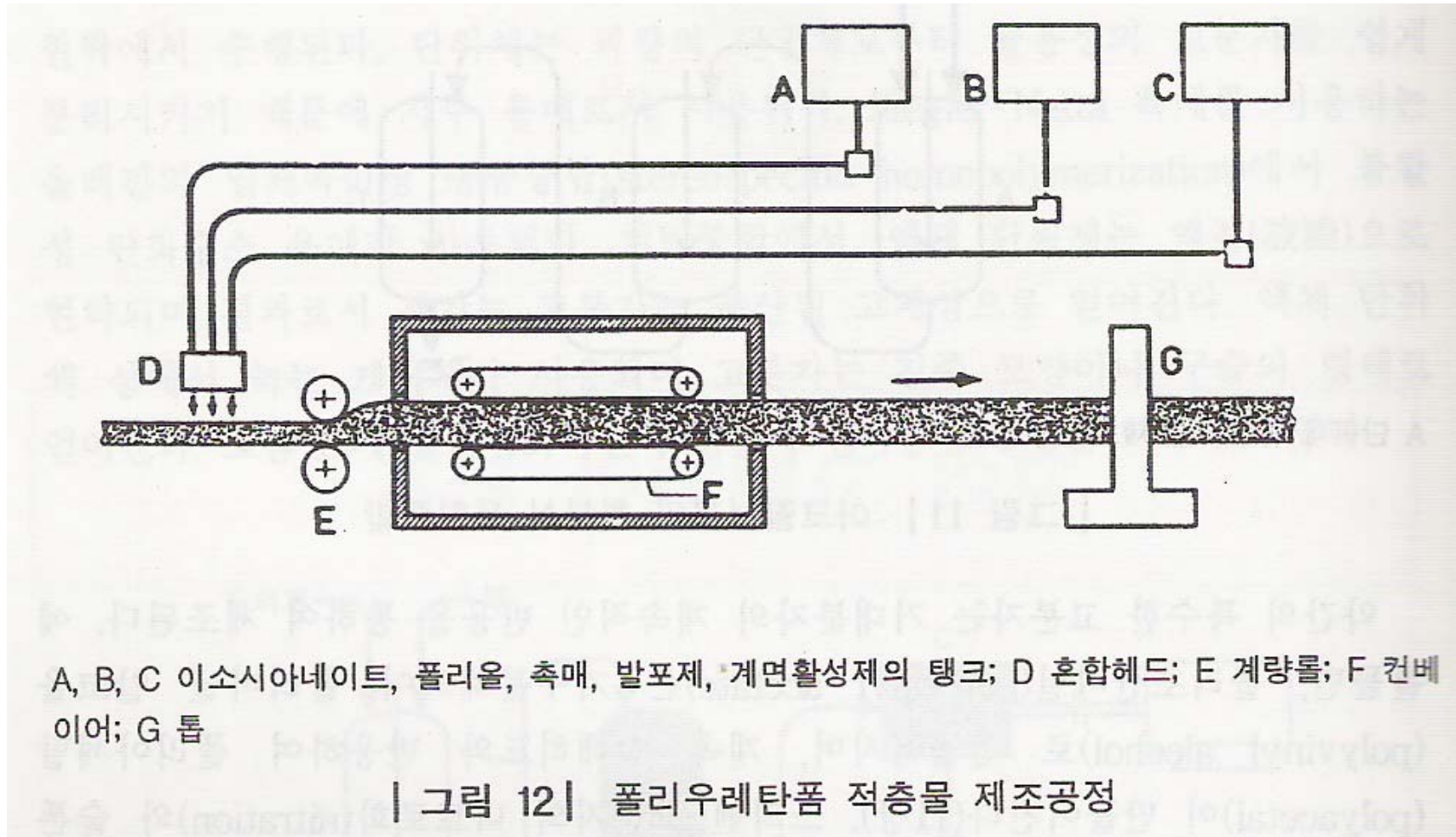
아크릴 섬유의 회분식 유화중합

유화중합

- 계면활성제를 가하여 미세한 모노머 액적내에서 중합
- 현탁 중합과 매우 유사



폴리우레탄폼 적층물 제조



공업고분자의 가공

고분자의 가공

- 열가소성 플라스틱: 높은 온도에서 녹아 흘러, 여러 가지 성형공정에 적합
- 열경화성 플라스틱: 지속적인 가교반응이 일어나 급속히 유동성 저하

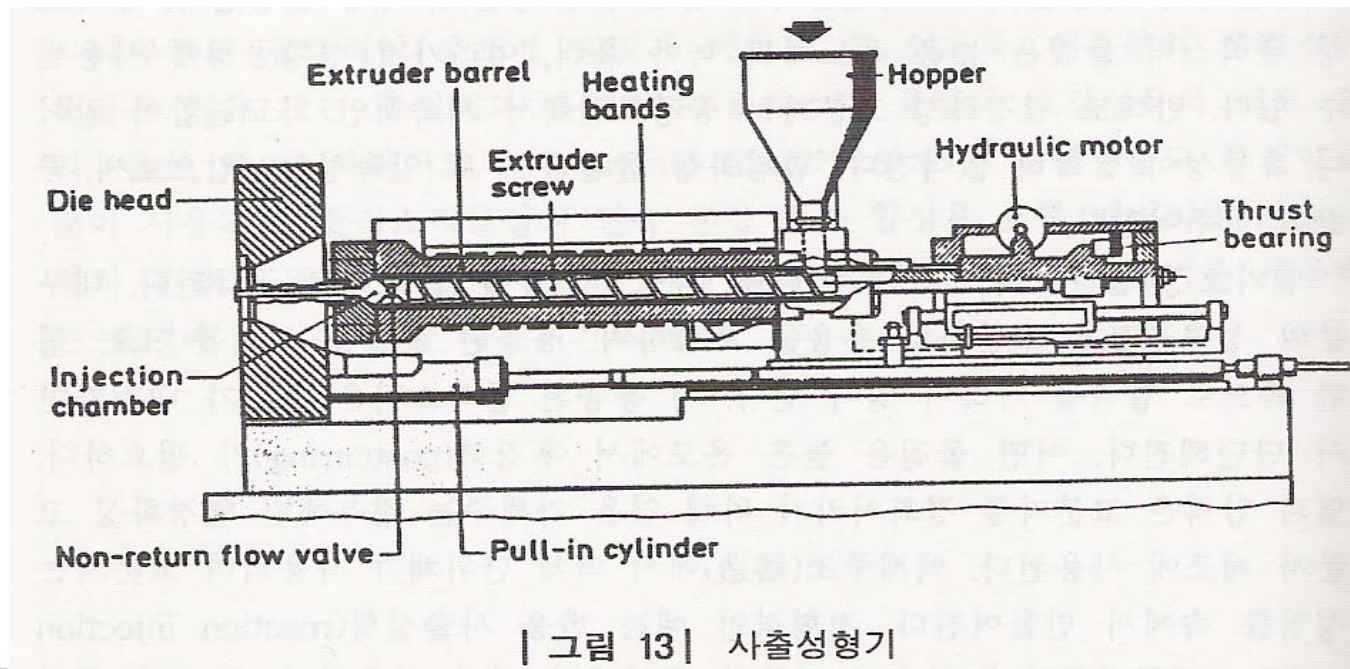
표 7 고분자 가공방법

열가소성 플라스틱	열경화성 플라스틱
사출성형	압축성형
압출성형	고압적층
취입성형	반응사출성형
캘린더링	보강플라스틱공정

사출 성형

열가소성 수지의 성형

- 사출성형과 압출성형을 사용
- 고체 고분자 입자를 호퍼를 통하여 가열된 사출기 원통에 공급, 용융된 물질은 스크루에 의해 회전된 다음, 냉각된 성형으로 도입

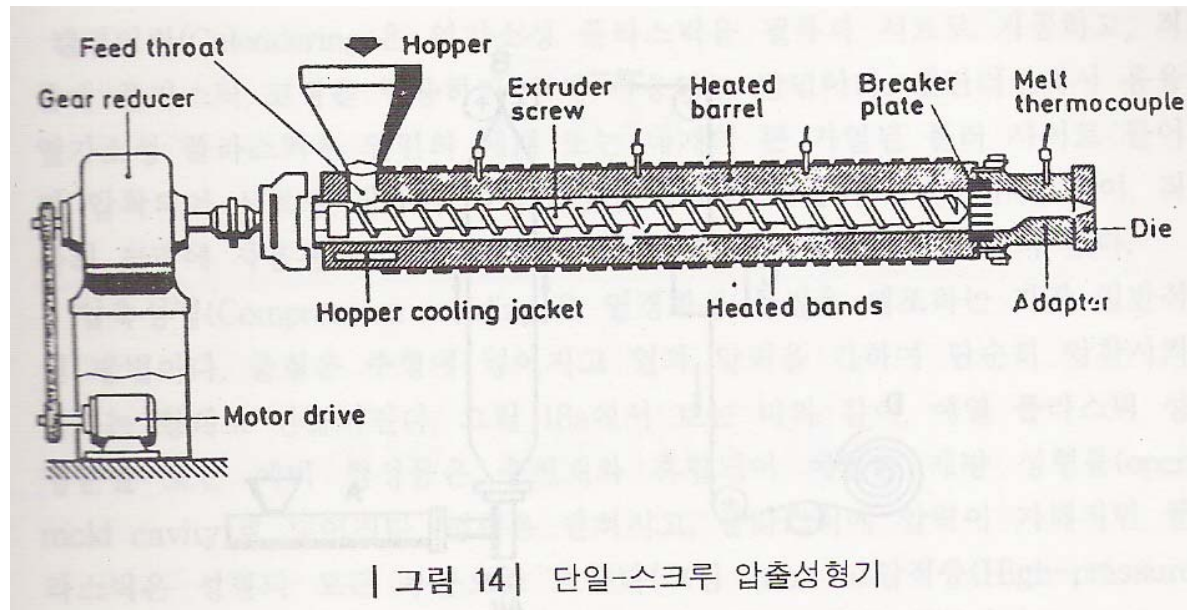


| 그림 13 | 사출성형기

압출 성형

압출성형

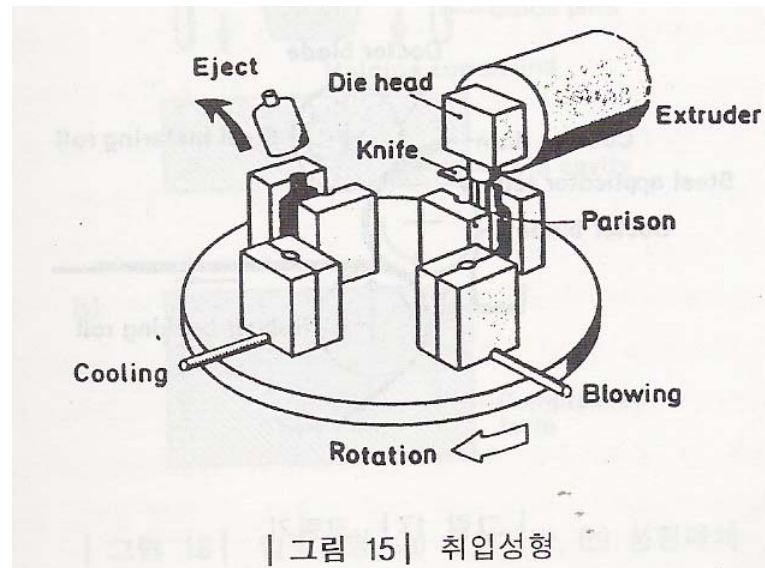
- 시트, 필름, 튜브, 막대, 케이블의 형태로 연속적으로 제조
- 원하는 형태의 형판, 작은 구멍에 강제적으로 주입
- 압출물은 컨베이어 벨트로 공급되고, 물속을 통과하면서 냉각



취입성형

취입성형 (Blow Molding)

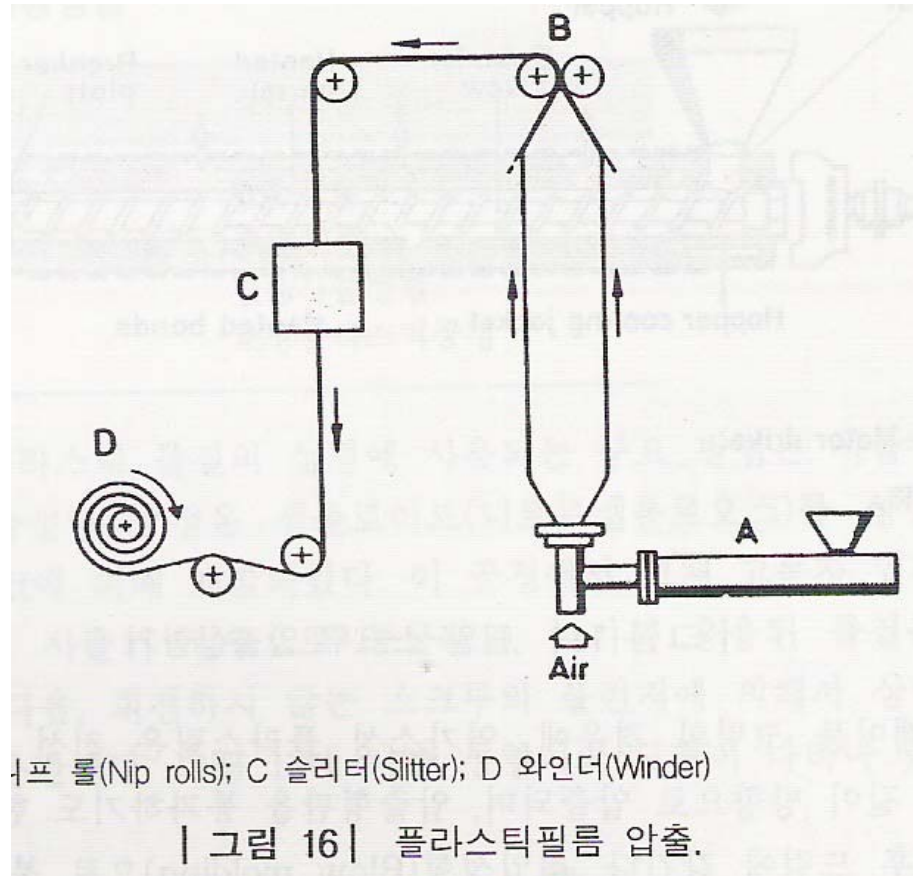
- 병이나, 기타 속이 빈 플라스틱의 제품생산에 사용.
- 용융된 열가소성 플라스틱을 튜브와 같은 형태로 만든 다음, 바람을 불어넣어 성형틀 내벽에 접촉하게 한다.



필름 압출

필름 압출

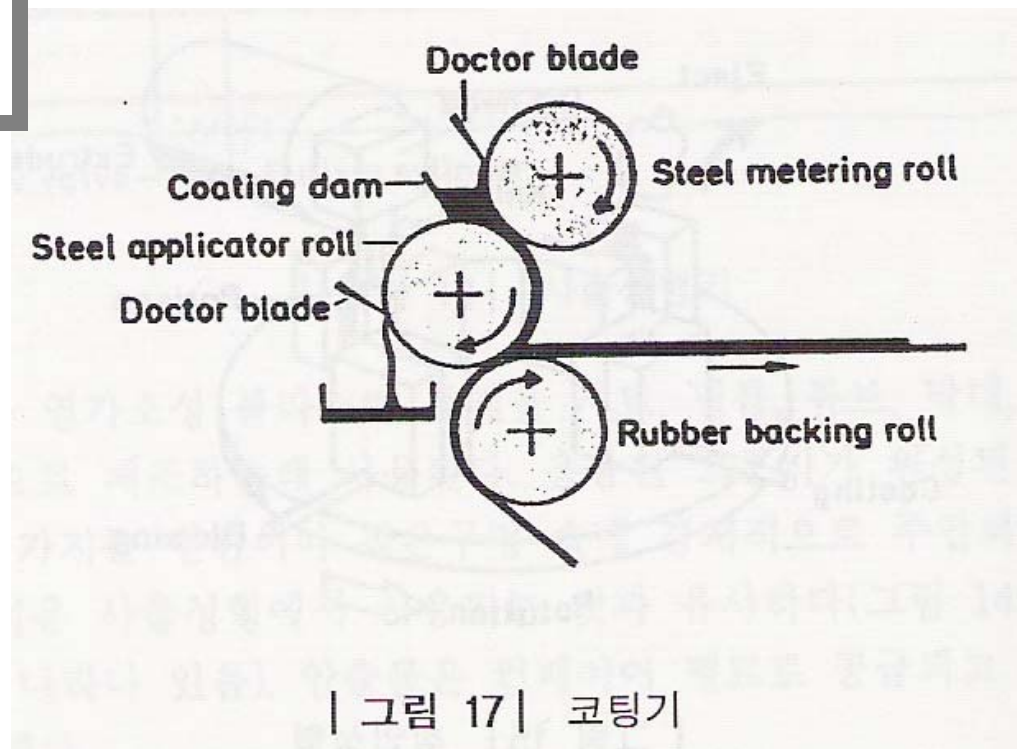
- 큰 튜브 필름은 취입하며 압축성형으로 제조.



코팅

필름 코팅

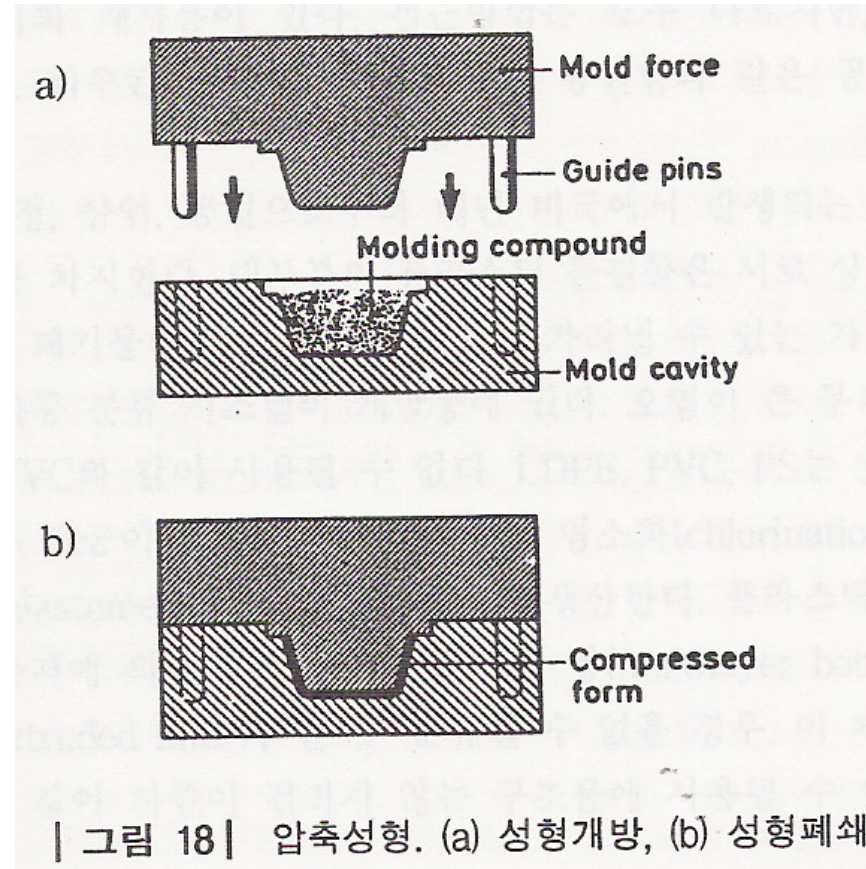
- 필름 코팅을 위해서는
Calendering 기법을 적용



압축성형

압축성형

- 열경화성 물질의 성형에 적합
- 예비 성형품을 성형틀에 주입
- 성형이 닫혀지고, 온력, 온도가 가해지면서 경화완료



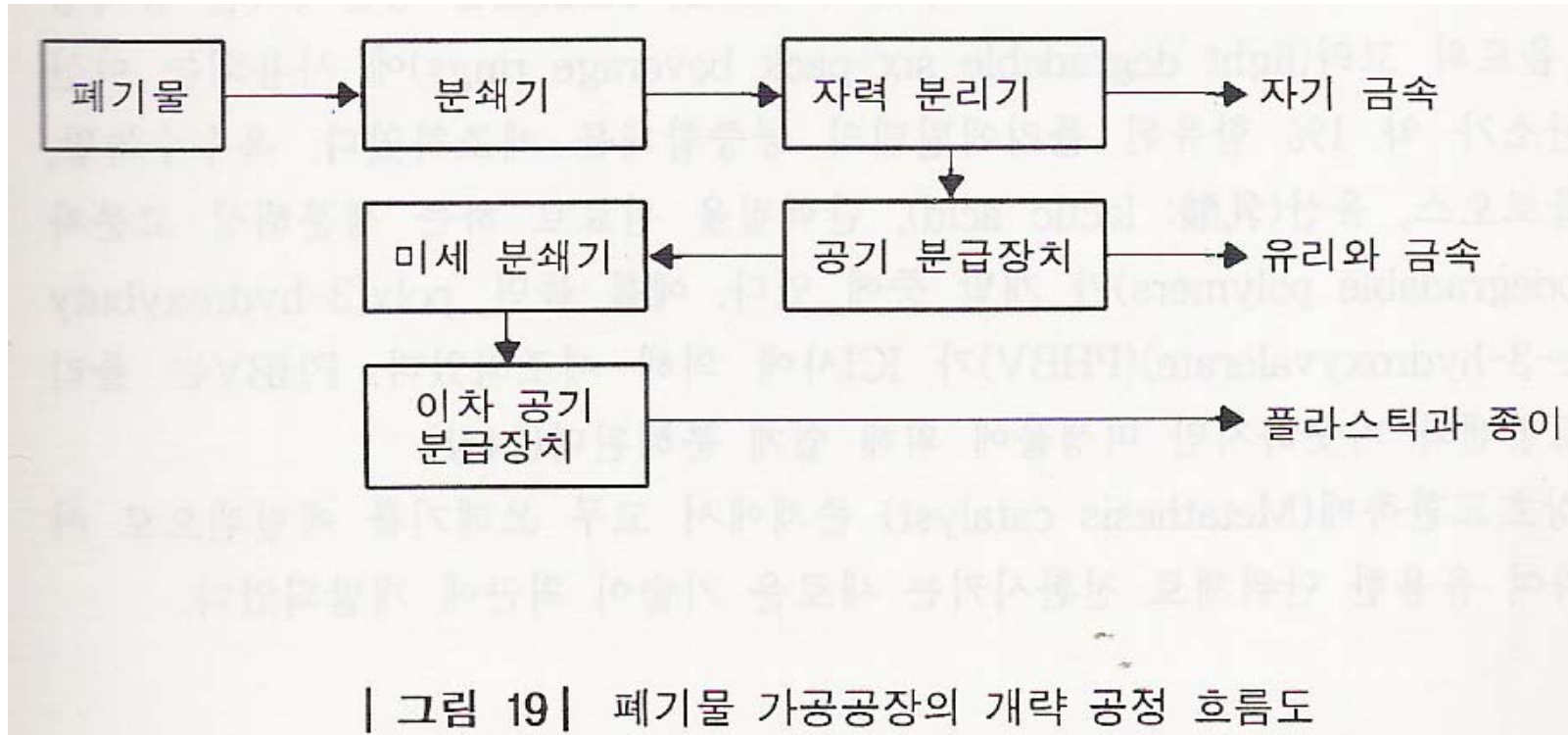
| 그림 18 | 압축성형. (a) 성형개방, (b) 성형폐쇄

고분자의 재생

고분자의 재생

- 고분자는 가정, 상업, 공업산업으로부터 매년 미국에서 발생하는 도시 쓰레기의 7%를 차지하여 재생이 큰 문제임.
- 플라스틱 제조사들은 재생시설을 설치하거나, 재생하기 위한 합작회사를 설립. HDPE, PET, PVC등의 수지를 재생하여 생산
- 가장 큰 문제는 어떻게 효율적으로 폐 플라스틱을 수거하는냐하는 점.
- 자동차용 PP, Polyurethane은 효율적으로 처리

고분자의 재생



| 그림 19 | 폐기물 가공공장의 개략 공정 흐름도

폐 플라스틱의 분해

고분자의 분해

- 열분해, 열 해중합공정 기술 → 거의 100%의 수율로 PMMA를 모노머화
- PS의 경우는 약 40% 정도의 수율로 모노머로 분해시킴
- PVA, PVC는 사이드 group의 제거가 발생하여 분해공정에 적용되지 않음.
- 소각기술: 폐 플라스틱을 원료로서 소각 → 열, 전기에너지로 전환: 경제성이 문제임
- 분해성 고분자의 제조: Poly(3-hydroxybutyrate-3-hydroxyvalerate) [PHBV]
- 상호교환촉매 이용: 에틸렌으로 처리하여 유용한 모노머로 전환

