

가소제의 제조특성 및 용도

원 호 연 · 김 일 원

1. 서 언

Poly(vinyl chloride)(PVC)는 실제로 우리 생활에 사용되기까지 가공단계에서 가소제, 열 및 광안정제, 활제, 충전제, 산화방지제 등의 많은 첨가제를 사용해서 다양한 물성을 지닌 최종제품을 얻게 된다.

이들 첨가제중 가장 많이 사용되는 가소제는 PVC의 가공성, 유연성, 연신율 등을 향상시키기 위해 사용되며, 가소제를 첨가함으로써 PVC의 용융점도를 저하시키고 2차 전이온도를 낮추어 PVC 연질 가공품을 제조할 수 있게 한다.

현재 가소제로서 상업적으로 생산되는 물질은 상당히 많으나 Alcohol과 Acid를 반응시켜서 생성되는 ester계 화합물이 주종을 이루고 있으며 이중에서도 Phthalic ester중 상업적으로 유용한 것은 약 40여종이고 이중 di-2-ethylhexyl phthalate(DOP)가 전세계 가소제 생산량의 약 40% 이상을 차지하고 있으며, 국내의 경우에는 이 비율이 더욱 높은 상황이다.

DOP의 제조공정은 Batch Process(회분식 공정)와 Continuous Process(연속식 공정)의 2가지가 있다. 본고에서는 가소제의 일반이론 및 요구특성에 대해 간략하게 기술하고 DOP 제조공정에 대해 소개하고자 한다.

2. 가소제 일반이론

2.1 가소화 방법

2.1.1 외부가소화(External Plasticization)

PVC Resin에 가소제를 첨가, 혼련시켜 가공하여 가소성을 부여하는 방법이며 통상의 가소화란 이 방법을 나타낸다. 이때 사용되는 가소제는 대부분 액상이며 PVC와의 상용성에 따라 1차, 2차 가소제로 나뉘는데 1차 가소제는

가소화효율이 뛰어나며 2차 가소제는 가소화효율은 약간 떨어지나 최종 제품에 특수한 성질을 부여하기 위해 소량 사용된다. 외부가소화 방법은 가소화효율, 경제성, 간편함 등에서 유리하므로 보편적으로 사용되며, 가소제를 첨가하여 가공하는 방법은 이 외부가소화 방법에 속한다.

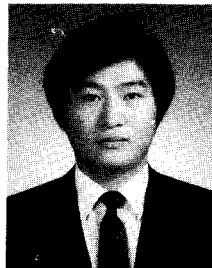
2.1.2 내부가소화(Internal Plasticization)

상온에서 유연성을 갖는 고분자와 공중합을 하여 가소제의 첨가없이 상온에서 유연성을 부여하는 방법을 내부가소화라 한다. VC-VAc Copolymer도 내부가소화를 이용한 수지중의 하나이다. 내부가소화 수지는 가소화효율이 약간 떨어지고 가격이 비싸기 때문에 널리 보편화는 되어있지 않으나 그 특성이 영구 열가소성, 항산화성, 무독성이며 내약품성이 우수하므로 가소제의 침출이 허용되지 않는 의



원호연

1974~ 서울대 공업화학과(학사)
1978
1981~ 서울대 대학원 공업화학과(석사)
1983
1983~ Michigan대 Macromolecular
1988 Program(박사)
1988~ 한화종합화학중앙연구소
현재 수석연구원

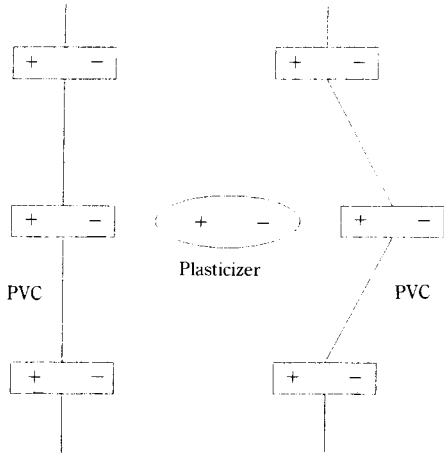


김일원

1977~ 서울대 공업화학과(학사)
1981
1981~ 한화종합화학 생산부
1982
1987~ KAIST 화학공학과(석사)
1992
1983~ 한화종합화학중앙연구소
현재 책임연구원

Synthetic Process and Application of Plasticizers

한화종합화학중앙연구소(Hoyoun Won and Ilwon Kim, Central Research Center, Hanwha Chemical Corporations)



가소제 극성부 : PVC와의 결합
 가소제 비극성부 PVC분자의 상호간격을 크게하여 PVC Chain의 운동을 용이하게 함

그림 1. PVC 분자 및 가소화 Mechanism.

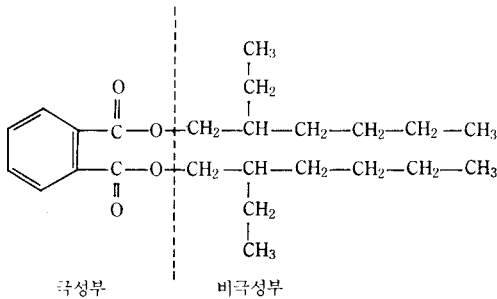


그림 2. 가소제(DOP)의 구조.

료용이나 식품용 등의 분야에서 사용되고 있다.

2.2 가소화 Mechanism

PVC는 분자상호간에 힘이 작용하고 있어서 Chain의 Brownian 운동이 방해받고 있기 때문에 변형되기 힘든 딱딱한 형태를 가지고 있다. 그러므로, 가공성 및 유연성 향상을 위해 이들 결합을 약하게 할 필요가 있다. PVC는 C-Cl bond의 쌍극자에 의한 강한 배향효과로서 그림 1과 같이 분극되어 결합되어 있다.

그림 2는 대표적 가소제인 DOP의 구조식이다.

PVC를 가열하면 분자 Chain의 운동이 증가하여 Chain의 간격이 넓어지게 되고 이곳에 가소제가 들어가 Chain의 분극부와 가소제의 극성부가 강하게 배향함으로써 냉각후에도 가소제는 고분자 Chain의 접근을 방해하여 Chain의 Brownian 운동공간을 확보시켜 PVC에 유연성을 주게 된다.

이상의 이유때문에 대부분의 가소제는 고분자 Chain과

결합하기 쉬운 극성부와 고분자 Chain의 간격을 넓혀서 유연성을 부여하는 비극성부로 구성되어 있다.

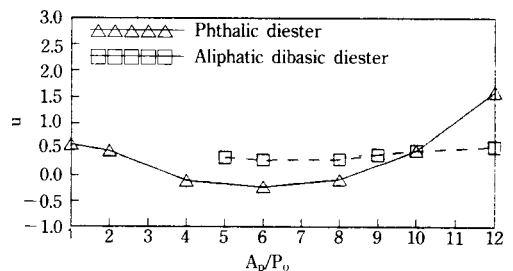
그러나 가소제 사용시 가장 주의해야 할 점은 역가소화 현상이다. 가공을 용이하게 하기 위하여 PVC에 가소제를 5~10 phr만을 첨가하여 제품을 제조할 경우 유동성의 향상에 의한 이익은 얻을 수 있으나 경도, 인장강도, 충격강도 등 제반물성이 경질화 되는 현상이 일어난다. 즉, 인장강도와 경도는 크게 변화하지는 않으나 다소 증가하는 현상을 보이며(DOP 5 phr에서 최고치), 충격강도는 상당한 수준으로 내려간다(DOP 10 phr에서 최저치). 이는 적당한 양의 가소제가 PVC에 첨가되어 분자간의 거리만 증가시킬 뿐, 분자 Chain이 유동할 수 있는 충분한 공간은 확보하여 주지 못하므로써 일어나는 현상으로 밝혀졌다. 따라서, 상기와 같은 물성이 제품의 특성에 영향을 줄 수 있는 경우에는 PVC의 분자량을 바꾸어 사용하던가, 다른 첨가제를 사용하는 점을 고려하여야 한다.

3. 가소제의 요구특성

3.1 상용성(Compatibility)

상용성은 수지 및 가소제의 구조에 의해 결정되며 그 구조가 유사할수록 상용성이 크다. PVC의 경우에는 Alkyl Chain의 탄소수가 4~10개인 Phthalic ester가 상용성이 좋아 1차 가소제로 사용되며 Alkyl Chain의 탄소수가 12개 이상인 것은 PVC와의 상용성이 급격히 '저하된다. 한편 상용성이 좋으면 배합물의 가공성도 좋아진다.

상용성을 추정하는 방법으로는 Solubility Parameter, Huggins의 상호작용상수 μ , Flory의 상호작용상수 χ , 유전율 ϵ 등이 있으며, 일반적으로는 가소제의 구조에 의해 크게 좌우된다. 가소제의 상호작용상수 μ 값에 대해 Doty는 Alkyl Group의 탄소수 A_p 와 Ester Functional Group의 수 P_o 와의 비 A_p/P_o 의 관계를 그림 3과 같이 나타내었다.



$\mu \geq 0.55$: 상분리
 $0.55 > \mu \geq 0.25$: 상용
 $0.25 > \mu$: 용매화력이 큼

그림 3. 가소제의 μ 값과 A_p/P_o 관계.

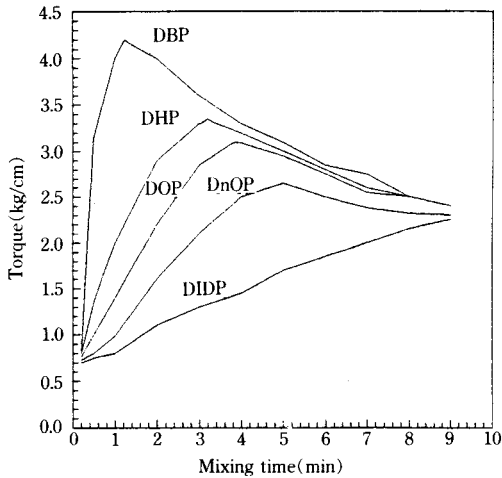


그림 4. 가소제에 따른 Gel화 속도 비교.

3.2 가소화 효율 (Plasticization Efficiency)

수지에 일정한 유연성을 부여하는 가소제의 농도로서 실험적으로 PVC Resin 100 phr에 대해 표준가소제로서 DOP 50 phr을 가했을 때 나타나는 Flexural Modulus를 유연성의 기준으로 정하고 이와 동일한 값을 나타내는데 필요한 다른 가소제의 양으로 표시한 값을 뜻한다. 즉, 가소화 효율은 가소제 종류에 따른 가소제 농도 및 사용량과의 관계로 가소제 선택에 있어서 중요한 Factor의 하나이다.

그림 4에는 가소화 효율과 관련이 있는 Gel화 속도를

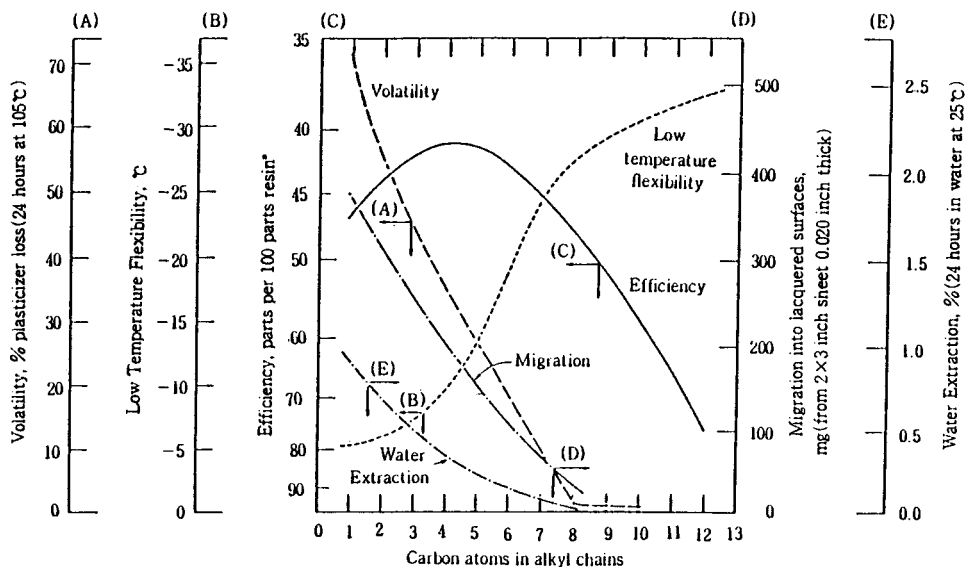
가소제별로 나타내었다. 가소화 효율이 좋다고 해서 가소제의 이행성이나 제품의 물성이 좋다는 의미는 아니므로 이점에 대해 주의가 요망된다.

3.3 보유성

내회발성, 내수성, 내유성, 내이행성 등의 성질을 포함하며 Compound에서 가능한 휘발성(Volatility), 추출성(Extraction), 이행성(Migration) 등의 성질이 나타나지 않는 것이 이상적이다. Compound에서 가소제가 휘발, 추출, 이행되는 과정은 Compound 내부에서 확산에 의해 표면으로 가소제 분자가 이동하게 되고 표면에서 기체중으로 휘발하며, 이 증기가 액체나 다른 물질로 추출되어 이행하게 된다. 이러한 가소제의 확산은 가소제의 분자량, 분자구조, 증기압에 따라 달라지는데 대체로 가소제의 분자량에 의해 가장 큰 영향을 받는다.

3.4 전기적 성질

PVC는 전선피복 재료로서도 널리 사용되고 있으며, 이런 용도로 사용될 경우 전기 절연성, 열안정성, 내산화성이 필요하다. 현재 전선용 Compound에 사용되는 가소제는 DOP가 주종을 이루고 있으며, 기타 DIOP, DINP, DIDP 및 염소화 Paraffin계도 사용되고 있다. 가소제의 Side Chain이 많아서 가소화효율이 떨어질수록 Compound의 전기절연성은 향상되며, 일반적으로 가소제 사용량이 증가할수록 감소한다. 이는 Ion성 물질의 이동을 가소제가 도와주어 나타나는 현상으로 생각된다. 그림 5에 Alkyl Chain의 탄소수에 따른 Phthalic Ester 가소제의 성능변화를 나타내었다. 이에서 보면 Alkyl Chain의 탄소수가 증가



* To give an apparent modulus of elasticity of 1800 psi at 25°C

그림 5. Effect of Alkyl Chain Length on the Performance of Phthalate Diester Plasticizer.

할수록 Volatility, Migration, Water Extraction은 감소하고 저온유동성은 증가하며 효율은 Alkyl Chain의 탄소수가 4~5일 때 최대를 나타낸다.

4. 가소제의 특성 및 용도

PVC에 사용되는 가소제는 다음의 9가지로 분류할 수 있다.

- Phthalates
- Aromatic Carboxylates
- Aliphatic Diesters
- Epoxides
- Phosphates
- Fatty Acid Esters
- Chlorinated Paraffins
- Polyesters
- Miscellaneous

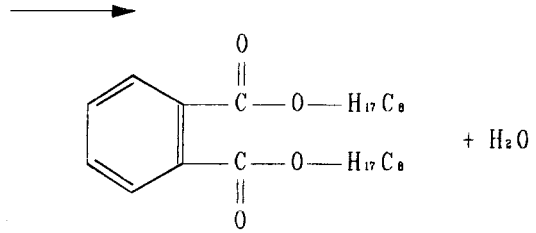
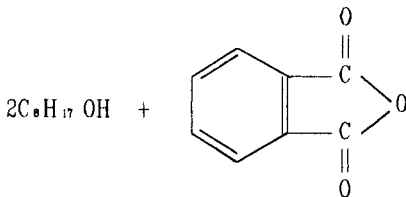
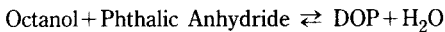
이 중 대표적인 가소제인 Phthalates계의 DOP, DINP와 Aliphatic Diester계의 DOA와 함께 보편적으로 많이 쓰이는 가소제의 특성 및 용도를 표 1에 정리하였다.

표 2에는 가소제의 구조 및 특성을 실었으며 표 3에는 요구되는 성질에 대한 각 가소제의 특성을 분리하여 정리하였다.

5. DOP 제조공정

Ester계 가소제의 제조공정은 일반적으로 대동소이하므로 가소제중 가장 대표적인 DOP의 제조공정에 대해 설명하고자 한다.

DOP의 제조공정은 기본적으로 반응공정, 수세공정, 증류공정, 여과공정의 4단계로 나누어진다. 각 공정에 대해 간단히 소개하면 DOP는 Ester계 화합물로서 Alcohol인 Octanol과 Acid인 Phthalic Anhydride가 원료이며, 이를 적당한 mol비로 반응기에 투입후 촉매를 첨가하여 반응을 개시한다. 참고로 DOP의 반응식은 다음과 같이 표현할 수 있다.



Esterification 반응은 가역반응이므로 DOP로의 수율을 높이려면 생성된 H₂O를 제거해 줌으로써 역반응을 방지하는 것이 중요하다. 반응이 적정 전화율에 도달하면 촉매 및 미반응 Acid의 중화를 위해 중화제를 투입하여 반응을 종료시킨다.

수세공정은 반응공정에서 이송된 물질중 중화제 투입시 생성된 염과 기타 불순물을 제거하는 공정이다.

증류공정은 DOP외에 포함되어 있는 물과 Alcohol 등의 휘발분을 제거하는 공정이다.

여과공정에서는 탈색제와 여과조제를 이용하여 앞에서의 세공정을 거치는 동안 색상이 나빠진 Crude DOP를 무색으로 개선하며 최종적으로 불순물을 제거하여 제품으로 출하게 된다.

본고에서는 회분식 공정과 연속식 공정의 차이를 소개하고 변화된 물성치를 제시하므로써 사용자들의 이해를 돕고자 한다.

5.1 DOP 제조공정의 비교

표 4에 회분식 공정과 연속식 공정의 차이점을 정리하였다.

연속식 공정은 각 공정별로 신기술이 많이 적용되었으며

표 1. 가소제의 특성 및 용도

품명	특성	용도
DOP	-PVC Resin과의 상용성, 가소화 효율이 우수 -내한성, 내열성, 내역품성이 양호한 범용 가소제	-Film, Sheet, Leather, 상재, 전선, 벽지, Paste 가공
DINP	-전기절연성 우수 -내한성, 내열성, 무독성 우수	-DOP와 동일
DOA	-내한성이 뛰어나고 내광성, 내열성, 무독성 우수 -압출 및 Calender 가공시 활성을 부여	-농업용 Film, Sheet, Leather, Paste Resin 가공, 내한성 배합, 무독성 배합
DIDP	-내휘발성 우수 -내한성, 내후성, 내이행성, 내휘발성 양호	-자동차용 Leather, 전선용 제품
DBP	-가소화 효율 우수 -상용성이 우수하나 휘발성이 큼	-Sheet, Leather, 접착제, 인쇄용 Ink
DOZ	-내한성이 가장 우수 -무독, 내휘발성, 내노화성, 전기절연성이 우수	-내한용 전선제품, 농업용 Film, 식품포장용 Film

표 2. 가소제의 구조 및 특성

분류 및 명칭	약칭	구조식	분자량	장점	단점	주요농도
1 *phthalic ester						
dimethyl phthalate	DMP	C ₆ H ₄ (COOC ₂ H ₅) ₂	194	상용성	고휘발성	Cellulose 수지용
diisobutyl	DIBP	C ₆ H ₄ (COOC ₄ H ₉) ₂	278	상용성	고휘발성, 내한성, 내열성	Hose, 잡화
dibutyl	DBP	C ₆ H ₄ (COOC ₄ H ₉) ₂	278	가공성, 가소화 효율	고휘발성	범용, lacquer, 용해형
diheptyl	DHP	C ₆ H ₄ (COOC ₇ H ₁₅) ₂	363	가공성, 경제성	고휘발성	범용
di2-ethylhexyl	DOP	C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₂	391	평균적으로 우수	-	범용
diisooctyl	DIOP	C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₂	391	고절연성, 내유성	내한성, 내열성	전선, tile
di-n-octyl	D _n OP	C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₂	391	내한성, sol 점도 안정성	-	전선, paste 가공
diisononyl	DINP	C ₆ H ₄ (COOC ₉ H ₁₉) ₂	419	고절연성, 내추출성, 내유성	-	전선, paste leather, 상재
diisodecyl	DIDP	C ₆ H ₄ (COOC ₁₀ H ₂₁) ₂	447	고절연성, 내추출성, 내유성	-	전선, leather, film
diundecyl	DUP	C ₆ H ₄ (COOC ₁₁ H ₂₃) ₂	475	내한성, 저휘발성	가공성	고급 leather, 전선
tridridecyl	DTDP	C ₆ H ₄ (COOC ₁₃ H ₂₇) ₂	530	내열성, 내구성	상용성, 가공성	내열전선
butyl benzyl	BBP	H ₆ C ₄ OOC ₆ H ₄ COOCH ₂ C ₆ H ₅	312	내유성, 가공성	내한성, 상재, 수지도료	
2 *방향족 카본산 ester						
trioctyl trimellitate	TOTM	C ₆ H ₃ (COOC ₈ H ₁₇) ₃	546	내열성, 고절연성	내한성	내열전선
di-ethylene glycol di-benzoate	DEDB	C ₆ H ₅ CO(OCH ₂ CH ₂) ₂ OCOC ₆ H ₅	314	내추출성, 내오염성	내한성	상재
3 *지방족 2염기산 ester						
dioctyl succinate	DOS _a	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₂ COOC ₈ H ₁₇	342	내한성	고휘발성	내한성 2차 가소제
dioctyl adipate	DOA	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₄ COOC ₈ H ₁₇	371	내한성	내유성	내한성 2차 가소제
diisodecyl adipate	DIDA	H ₂₁ C ₁₀ OOC(CH ₂) ₄ COOC ₁₀ H ₂₁	426	내한성, 저휘발성	상용성	내한성 2차 가소제
dioctyl azelate	DOZ	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₇ COOC ₈ H ₁₇	413	내한성, 저휘발성	상용성	내한성, 윤활유
dioctyl sebacate	DOS	H ₁₇ C ₈ OOC(CH ₂) ₈ COOC ₈ H ₁₇	426	내한성, 저휘발성	상용성, 경제성	내한성, 윤활유
4 *지방산 ester 유도체						
butyl oleate	BO	C ₁₇ H ₃₃ COOC ₁₄ H ₉	338	내한성, 내수성성	상용성, 내후성, 내유성	내한성 2차 가소제
pentaerithritol ester		C(CH ₂ OCOR) ₃		저휘발성, 내한성		
5 *인산 ester						
tricresyl phosphate	TCP	(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	378	상용성, 난연성, 내구성	내한성	lacquer, 전선, film
trioctyl phosphate	TOF	(C ₈ H ₁₇ O) ₃ PO	435	저휘발성, 내한성		cable, 고무
triphenyl phosphate	TPP _a	(C ₆ H ₅ O) ₃ PO	336	내후성, 상용성	내한성	금속도장, sol
6 *에폭시 가소제						
epoxized soy bean oil	ESBO		약1000	열안정성, 내광성, 저휘발성	표면침출	내열성 2차 가소제
epoxized linseed oil	ELO		약1000	열안정성, 내광성, 저휘발성	표면침출	내열성 2차 가소제
epoxy butyl stearate			약300	열안정성, 내한성	상용성	내열성 2차 가소제
7 *염소계 가소제						
chlorinated paraffin		Cl content 40%		난연성, 고저항	상용성, 열안정성	전선, tile, hose
chlorinated paraffin		Cl content 52%		난연성, 고저항	열안정성, 가소화 효율	전선, tile, hose
chlorinated n-paraffin				난연성, 내한성	열안정성	전선, tile, hose

이를 간단히 소개하면 먼저 반응공정에 Multi-CSTR(Continuous Stirred Tank Reactor) Type의 Reactor를 도입함으로써 이 단계에서 전환율을 회분식 반응기보다 높혀 생산성을 향상시켰다. 또한 회분식 공정에서 사용하던 p-Toluic acid나 황산과 같은 산성촉매를 Ti를 주성분으로 하는 비산성 촉매로 대체함으로써 가소제의 품질을 향상시킬 수 있게 되었다. 참고로 산성촉매와 비산성 촉매를 사용했을 때의 차이점을 표 5에 정리하였다. 산성촉매 대신 비산성 촉매를 사용하는 경우 반응속도를 향상시키기 위하여 반응온도를 높여주어야 하는 단점이 있으나 최종제품의 품질에 여러가지 이점을 얻을 수 있다.

수세공정은 연속식 수세조를 적용함으로써 중화염 및 기타 불순물을 보다 효과적으로 제거할 수 있다.

증류공정은 회분식 공정에서 많이 사용하던 Distillation Column 대신에 Thin Film Evaporator를 채택하므로써 미반응 Octanol을 훨씬 더 효율적으로(잔존 Octanol의 양이 거의 0 수준임) 제거할 수 있게 되었으며, 따라서 DOP의 품질향상은 물론이거니와 그동안 많은 논란이 있었던 유독성도 완전히 해결할 수 있게 되었다.

연속식 공정은 회분식 공정보다 훨씬 높은 생산성과 우수한 품질의 DOP를 생산할 수 있는 새로운 공정이며 이러한 노력의 결과로 국제적 수준의 품질을 갖춘 DOP를 생산,

표 3. 가소제의 특성별 분리

요구되는 성질	품종	비고
내한성	DOA, DOZ, DOS, TOF, Polyethylene Glycol Ester	D _n OP는 DOP보다 다소 우수
내열성(불휘발 비이행성)	trimellitic acid계 ester, pentaerithritol계 ester, NBR 등 고분자 Blend	Epoxized Soy Bean Oil, DOP, TCP 등도 우수한 편
내광성	DOP, DOA, DOS, Polyester계 ESBO	ESBO는 장기 광폭후에 약간 점착성을 보인다
내유성	TCP, TXP, Polyester계, NBR	DOA 등의 내한성 가소제는 나쁘다
내Alkali성	TCP, ESBO, Polyester계	
내염, 내연성	TCP, TXP 등 Phosphate계, 염화과라핀, 염화 Alkyl Stearate	산화 안티몬을 병용
열안정성	ESBO, DOZ, DOS, DOP, Polyethylene Glycol Ester	가공중의 변색은 Phosphate, 염소화물, 석유계가 나쁘다
분자내 활성	DOA, BBP, TOF, TCP, Octyl Diphenyl Phosphate	내한성 가소제는 가공시 유동성을 향상시켜 가공을 용이하게 한다
분자간 활성	DOZ, DOS, DLP, ESBO, Polyethylene Glycol Ester	별도로 안정제나 활제를 가하여 조절한다
무독성	BPBG, Octyl Diphenyl Phosphate NBR	FDA의 인가를 받지는 못하였으나 DOA, DOZ, DOS, BBP, DBP, Poly Ester계는 무독이다

표 4. DOP 제조공정 비교

	회분식 공정	연속식 공정
반응공정	-Batch식 반응기 -산성 촉매 사용 -반응기에서 중화 실시	-CSTR -비산성 촉매 사용 -중화조 별도 설치
수세공정	-Batch식 수세조	-연속식 수세조
증류공정	-증류탑	-박막식 증발기
여과공정	-Check Filter 사용	-동일

표 5. 촉매에 따른 제품의 특성 비교

	산성 촉매	비산성 촉매
반응조건	-120~150°C	-180~220°C
품질	-Alcohol 분해가 많다 -부산물 생성이 많다 -색상이 나쁘다 -열안정성이 나쁘다 -체적고유저항이 낮다	-부산물 생성이 적다 -색상이 좋다 -열안정성이 좋다 -체적고유저항이 높다

공정에서 제조한 제품의 품질을 표 6에 비교 정리하였다. 연속식 공정에서 생산되는 DOP는 현재까지 사용했던 제품규격이나 회분식 공정에서 생산한 제품보다 모든 항목에서 품질의 우수성을 보이고 있다.

색상이 더욱 향상되었으며 비중, 산가, Ester가의 분석치에서 볼 수 있듯이 제품의 순도가 훨씬 높아졌다. 가열후

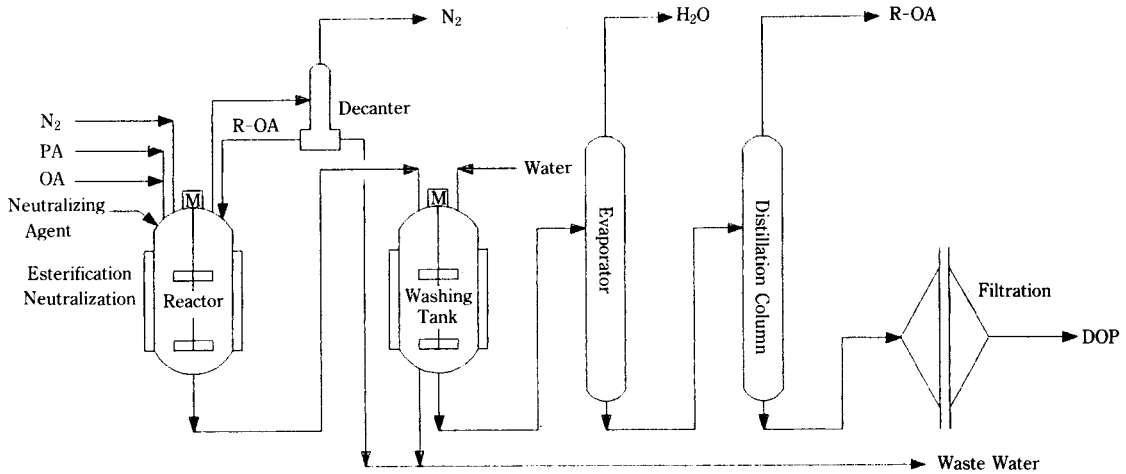


그림 6. Flow Diagram of DOP Batch Process.

수출함으로써 국가경쟁력의 향상에도 이바지할 수 있게 되었다.

그림 6와 그림 7은 회분식 공정과 연속식 공정의 Flow Diagram이다.

5.2 제품 품질 비교

기존의 회분식 공정에서 제조한 제품과 새로운 연속식

산가의 분석치에서는 연속식 공정에서 제조된 DOP의 내산화성 및 열안정성이 더욱 향상되었음을 볼 수 있고 가열감광도 저하되었음을 알 수 있다. 또한 체적고유저항이 기존제품 및 규격보다 대폭 향상됨으로써 전선용 제품 및 Compound 등 전기 절연성이 특히 요구되는 부분에 적용이 더욱 유리할 것이다.

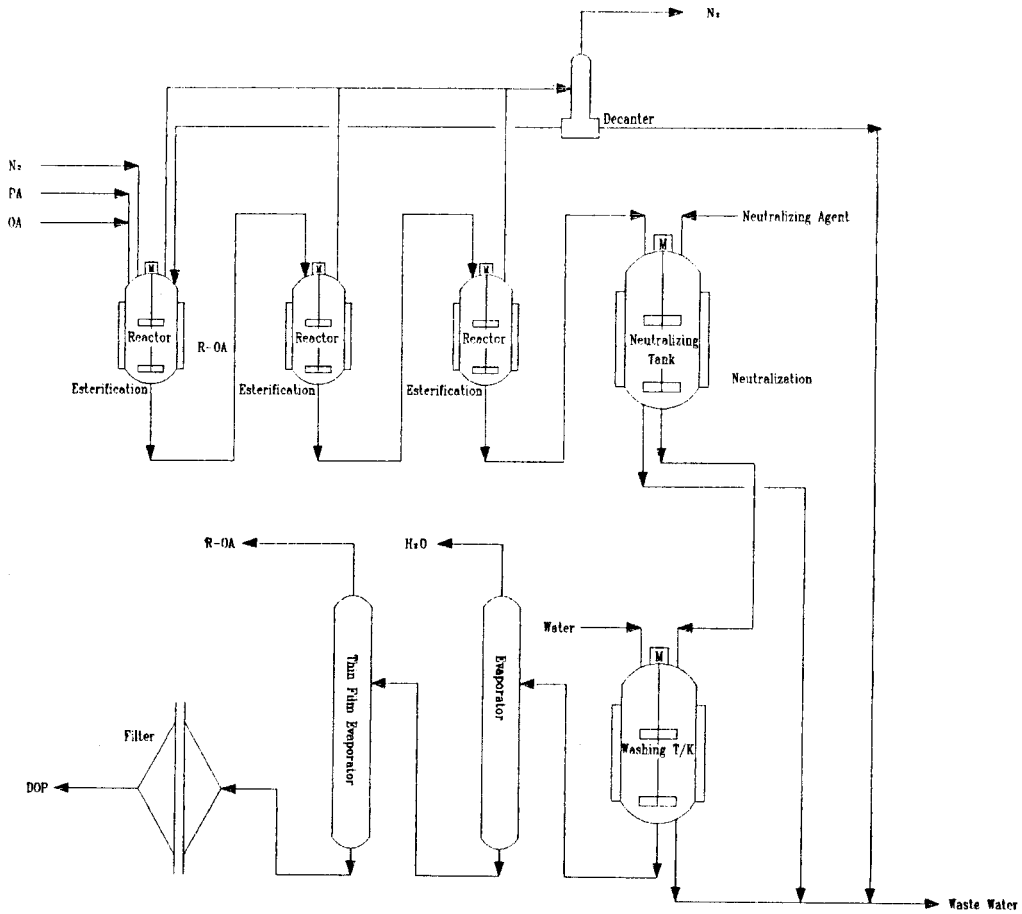


그림 7. Flow Diagram of DOP Continuous Process.

6. 결 언

본고에서는 가스제 사용자들을 위해 가스제의 일반이론 및 가스제 제조공정과 품질비교를 하였다. 가스제는 PVC 가공에 가장 많은 양이 사용되는 첨가제로서 최종제품에 미치는 영향이 그만큼 지대하다. 따라서 가스제를 선택할 때에는 최종제품의 물성과 가공성을 고려하여 신중히 결정하여야 한다. 또한 특수가스제들이 가지고 있는 특성을 이용하는 기술이 필요하며, 이의 사용에 의한 장단점 특히 경제성에 대해서도 신중한 고려가 필요하다.

결국 우수한 최종 가공제품을 생산하기 위해서는 가스제의 특성은 물론이거니와 PVC 가공에 사용되는 다른 첨가제와 가스제의 상관관계를 잘 이해하고, 이들을 잘 선택하여 사용하여야 한다.

짧은 지면을 통해 가스제에 대하여 간단히 소개할 기회를 가지게 되어 반가움도 있었으나 그만큼 아쉬움도 남는다. 다음에 조금 더 상세한 설명을 할 수 있게 되기를 기대하며 이것으로 끝맺음을 하기로 한다.

표 6. 회분식 공정과 연속식 공정에서 생산된 DOP의 품질비교

	제품규격	회분식 공정	연속식 공정
색상 (APHA)	30 이하	30	20
비중 (sp. gr. 20/20°C)	0.986 ± 0.003	0.986	0.986
산가 (KOH mg/g)	0.04 이하	0.02	0.013
가열후 산가 (125°C 3시간, KOH mg/g)	0.15 이하	0.08	0.046
체적고유저항 (32°C, cm)	1.0 × 10 ¹¹ 이상	3.0 × 10 ¹¹	2.1 × 10 ¹²
Ester가 (KOH mg/g)	287 ± 3	287.1	287.2
굴절율 (at 25°C)	1.485 ± 0.003	1.486	1.486
가열감량 (125°C 3시간, %)	0.1 이하	0.05	0.014