Applications of nanospheres for water-based inks

한화석유화학㈜ 중앙연구소
(http://research.hanwha.co.kr)

오 석 헌
(shoh@hanwha.co.kr)

-Contents-

Table 1. World-Printing Ink Production by Region 1998

Region	Volume (1000 tonnes)	Value (US$ millions)	Annual Growth 1999-2000%
Americas	1,300	5,200	2-3
Asia-Pacific(a)	800	3,100	5-6
Europe (b)	1,100	4,200	1-2
Total	3,200	12,500	2-4

Note : (a) Includes production from the Middle East
(b) Includes production from Africa
Source: MTI from Industry Associations

Table 2. World-Leading Printing Ink Producing countries1998

Rank	Country	Volume (1000 tonnes)	Value (US$ millions)
1	USA	1,100	4,200
2	Japan	425	-
3	Germany	400	1,300
4	UK	150	680
5	China	100	400
6	France	92	470
7	India	85	300
8	Italy	80	350
9	Netherlands	75	300
10	South Korea	70	280

Source: MTI from Industry Associations

Chart 1. World-Printing Ink Market by Ink Type 1998

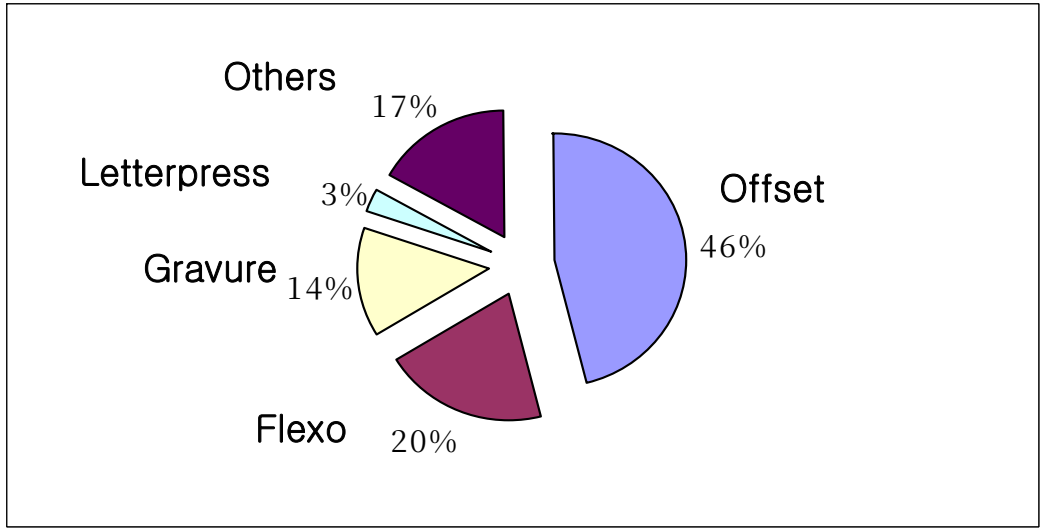
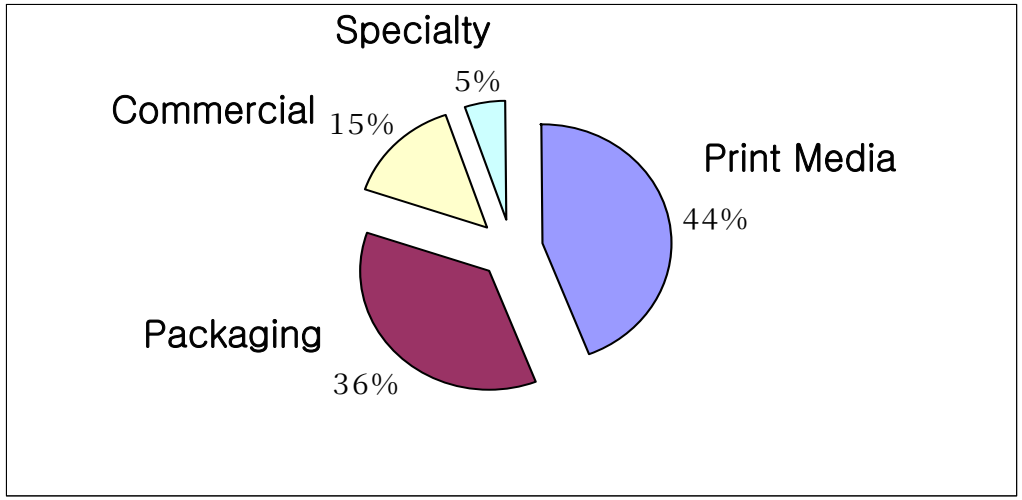


Chart 2. World-Printing Ink Major End-User Markets 1998



Demand Trends

Main end user markets of printing ink

1. Print media
   - -newspaper
   - -magazine & books
2. Packaging
   - -paper & board packaging
   - -plastic packaging
   - -metal & glass packaging
3. Commercial
   - -commercial printing
   - -stationery
   - -direct mail & advertising
4. Specialty
   - -security
   - -textile printing

Table 3. North America-Consumption of Raw Materials in Printing Ink 1997

Type	Quantity (Millions lbs)	Value (Millions US$)
Hydrocarbon Solvents	925	110
Oxygenated Solvents	180	80
Resins	532	525
Pigments	438	770
Additives	180	80
Total	2,150	1,540

Source: Impact Marketing Consultants

Table 4. North America-Ink Resin Consumption 1997

Resin Type	Consumption(%)
Rosin	36
Hydrocarbon	18
Alkyds	13
Acrylic	10
Others	23

Source: Impact Marketing Consultants

Table 5. Typical Resin Found in Common Printing Ink Formulation

Ink Type	Resin
Metal Decorating	Alkyds, Melamine
Publication Gravure	Modified Rosin
	Hydrocarbon
Flexo, Packaging Gravure	Cellulose, Polyvinyl Acetate
	Polyamide Resns
Water-based Flexo, Gravure	Acrylic, Maleic

Source: Fachhochschule Stuttgart

Why water-based ink formulations ?

- Reduced potential for discharging toxic substances
- Reduction of VOCs emitted to the atmosphere into the water system
- Reduces the potential for fire and explosion, thereby eliminating some of the costly provisions and regulations required for the flammable solvents and inks
- Reduces the amount of hazardous wastes
- Improves the working conditions in the plant
- Brings the firms into compliance with almost every regulations

Water-based Inks

Several advantages :

- Non-toxic and non-flammable
- Increased life of stereo and photopolymer plates
- Sharper printings
- Low residual print odor, or none at all
- Less maintenance costs

Disadvantages :

- Less pigment choice
- Inferior ink gloss
- Slow drying, with consequentially higher energy costs and slower production runs
- Problems with multicolor printing due to substrate distortion from water absorption

Chart 3. Typical Solvent-Based Flexo Ink Formulation

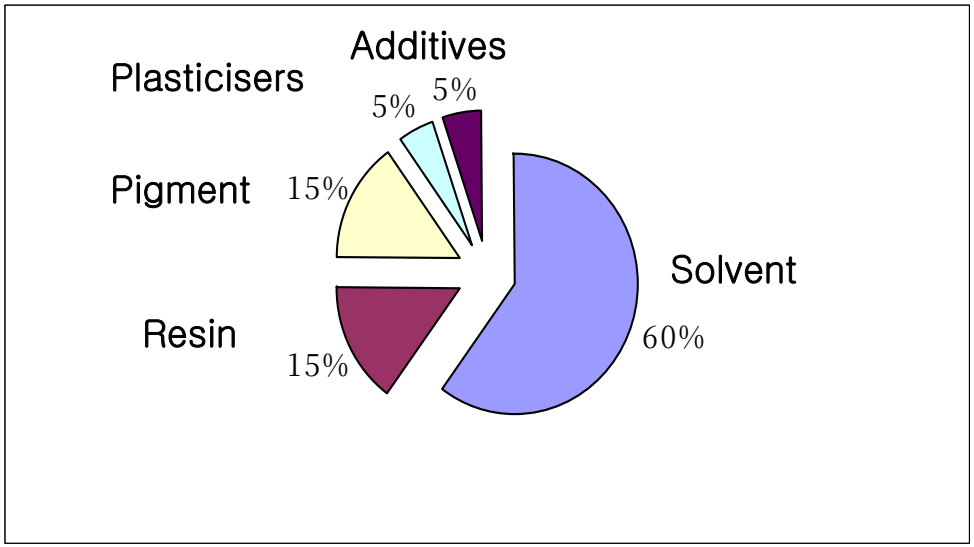
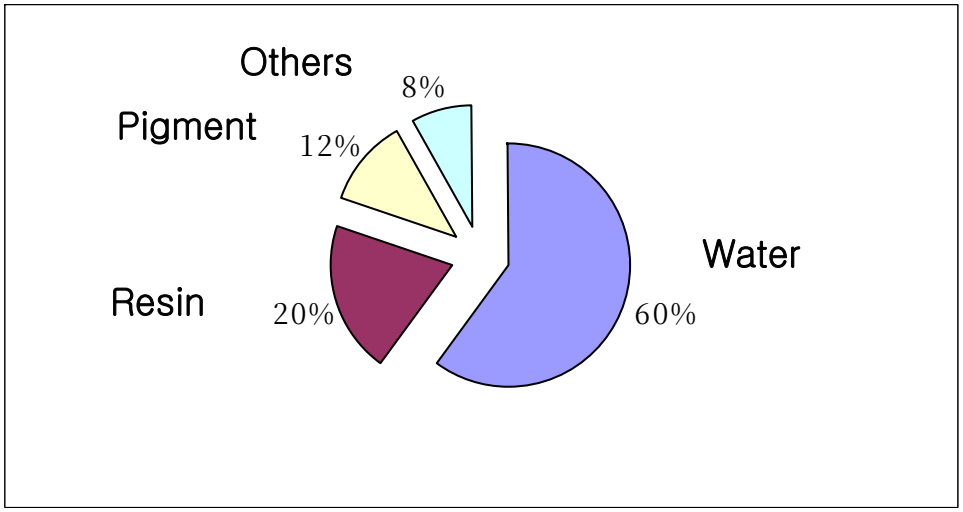


Chart 4. Typical Water-Based Flexo Ink Formulation



수성 잉크 제조 방법 (I)

• SAA수지로 Varnish를 제조, 여기에 pigment를 분산시켜 Ink base를 제조한 후 RFE 수지로 let down 하여 수성 잉크를 제조함

Varnish 제조 Formulation

Ingredient	Amount (wt%)
SAA Resin	30
H_2O	45
Ethylene glycol	20
NH_4OH (19%)	5
Total	100

수성 잉크 제조 방법 (II)

Ink base 제조 Formulation

Ingredient	Part
Glass bead(1.5~2mm)	60
Water	13
Varnish	15
소포제(silicon계)	0.5
Wetting agent	1
Wax(PE)	5
안료	15

수성 잉크 제조 방법 (III)

Ink의 let down formulation

Ingredient	Part
잉크 base	50
RFE 수지	35
소포제(mineral oil계)	0.2
소포제(silicon계)	0.5
Water	15

Graphic Arts Market in Korea

1. water-based (w/b) flexo ink market

existing market

- very popular in paper
- corrugated board and shopping bag: low quality
- grinding vehicle : using ASR
- letdown vehicle: using both RC emulsion and conventional emulsion
- market volume:
  grinding vehicle: about 1,000 ton/yr
  letdown vehicle: about 2,000 ton/tr

emerging market

- milk carton & pre-print corrugated board(PPCB) : high quality
- need high performance resin (emulsion)
- two companies have introduced printing technology from ink maker and are producing PPCB which is using w/b ink of licensor.
- market volume: . very small but has good prospects
  .depending on application not regulations

Graphic Arts Market in Korea

2. w/b gravure ink market

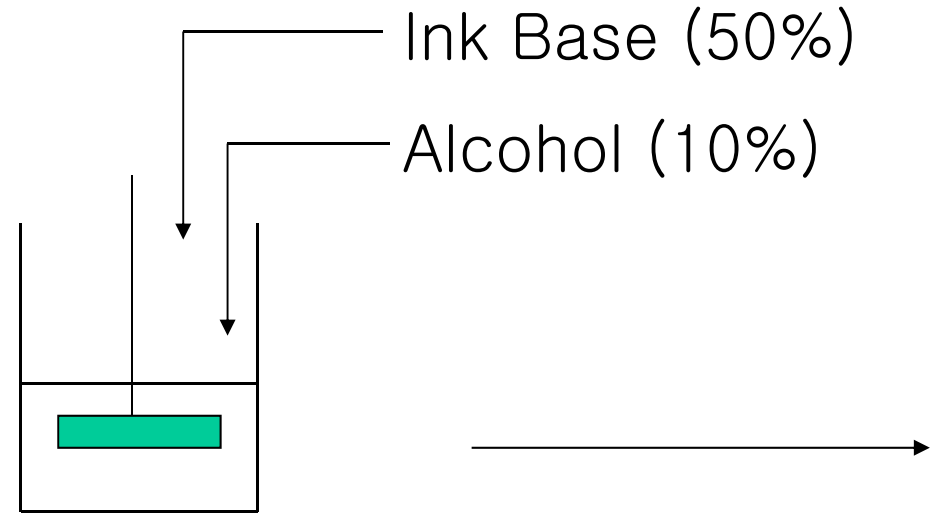
- not familiar with w/b , mainly solvent -based market
- new field market in w/b
- possible niche market : plastic film(treated polyolefin, PET) & PVC wallpaper
- need high performance resin(emulsion) such as acryl/urethane or acryl/ester
- market volume:
  - very small but good prospects
  - depending on application not regulations
  - possibility of substituting solvent - based gravure ink

잉크용 에멀젼 수지 : 분석 방법 - 1차 물성

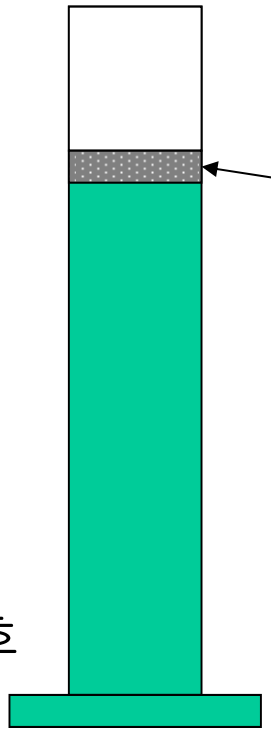
- 분자량 : GPC
- 점도 : Brookfield Viscometer
- 입자 크기 : Particle Size Analyzer (BIC & CHDF)
- 산가 : KOH 적정법
- 고형분 함량 : 중량법

잉크용 에멀젼 수지 : 분석 방법 - 2차 물성

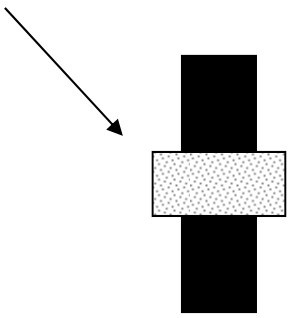
• 잉크 제조 과정



• 테스트 과정



시간에 따른
혼합액의
1. 층분리도
2. 점도변화



종이위에 코팅한 후
3. 은폐력
4. 내마모성
5. 전이력

수성 잉크용 수지

- 수용성 수지 : 전분, 폴리 비닐 알콜, PVP, PEO, PAAm 등, 고분자 자체가 물에 녹는 수지
- 수용화 수지(colloidal dispersion) : alkali soluble resin 같이 고분자 주쇄에 친수성 관능기를 도입하여 알칼리수에 녹을 수 있게 만든 수지
- 에멀젼 수지(수분산 수지) : 수지 자체는 물 또는 알칼리수에 녹지않으나 중합시 또는 중합후에 유화제의 도움으로 합성 고분자를 물에 분산될 수 있게 만든 수지

수성 잉크용 수지

성능	수용성 수지	수용화 수지	수분산 수지
형태	용액	분산	분산
외관	투명	반투명 ~ 투명	불투명(백탁)
입자 크기	~ 0.001㎛	0.001 ~ 0.1㎛	0.1 ㎛ ~
점도	고점도 (분자량에비례)	중점도 (분자량/pH에의존)	저점도 (분자량에 무관)
분자량	수천 ~ 2만	수천 ~ 10 만	10 만 ~
고형분	저	중	고
안료 분산성	A	B ~A	C
안료 안정성	A	B	C
점도 조절	분자량	수용화제와 조용제 첨가	증점제 첨가
건조피막광택	A	B	C ~B
기계적 강도	B	B~A	A
내구성	B	B ~A	A
중합방법	용액중합	용액 & 괴상	유화중합

A: good, B: moderate, C: poor

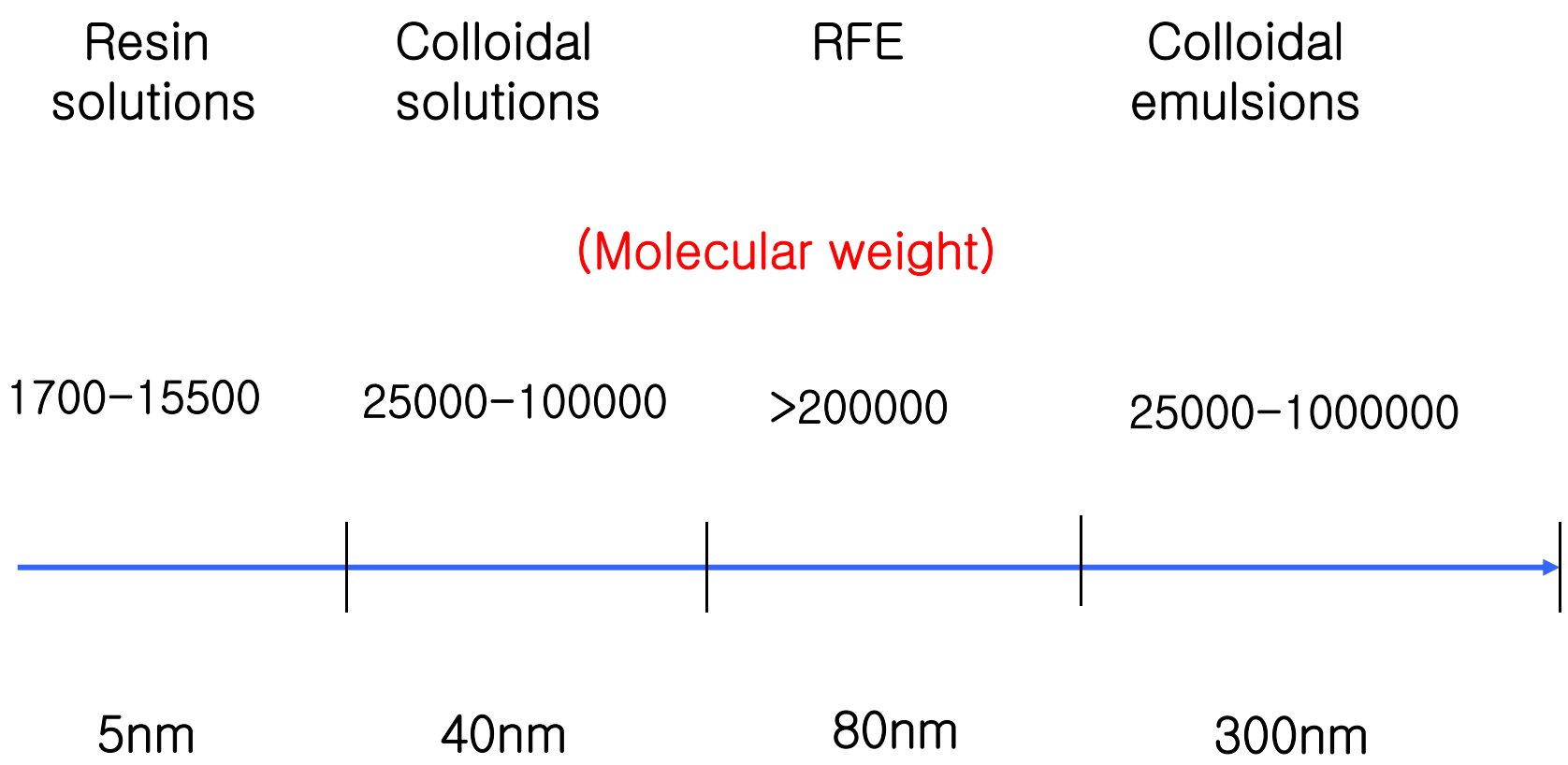


Fig.1 Molecular weight and particle size of acrylic polymers

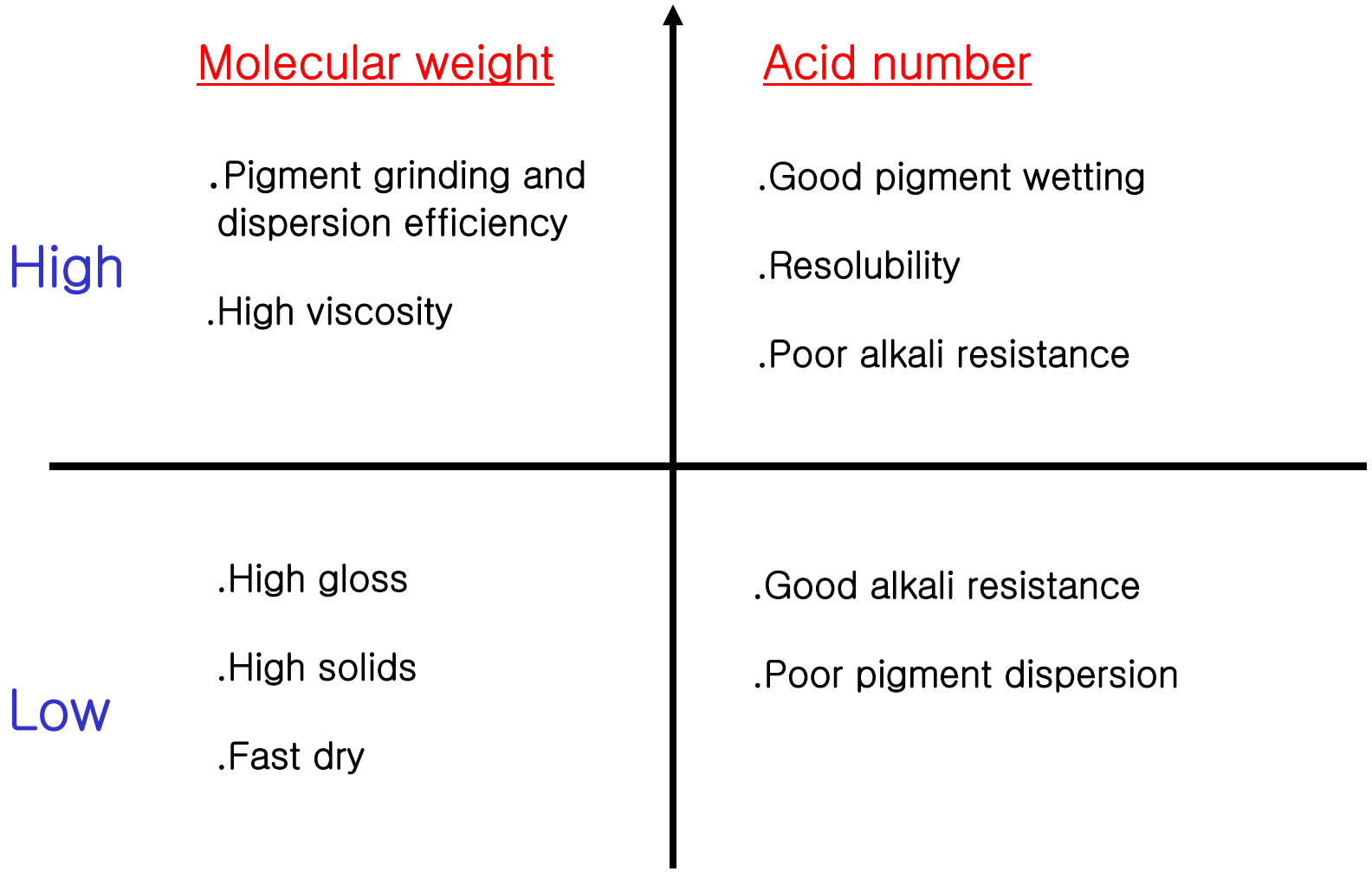
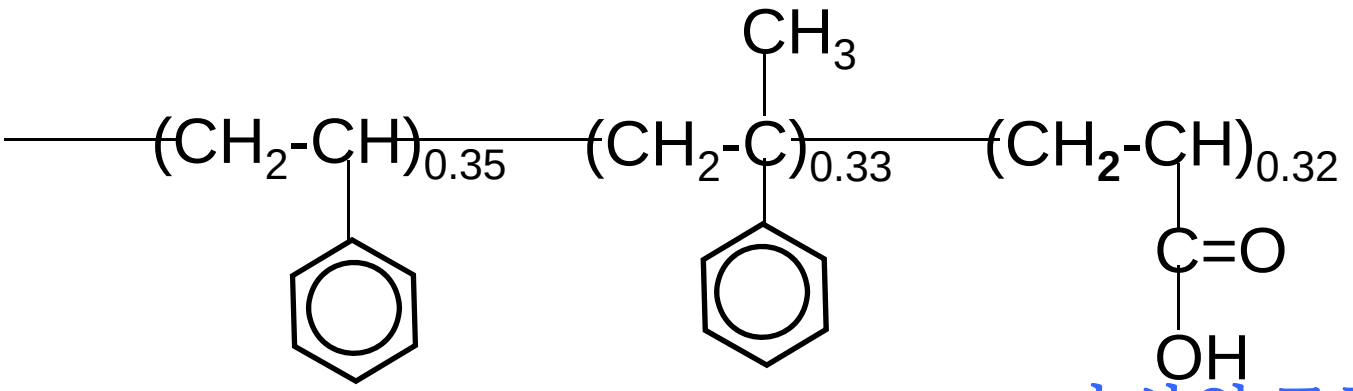


Fig.2 Comparison of ink and OPV performance

SAA 수지 (I)

♦ 구조식



♦ **Styrene / α-methyl styrene / acrylic acid의 삼원 공중합체**

♦ **Random 공중합체**

♦ **Alkali 영역에서 water-soluble**

♦ **Mw & Tg 에 따라 grade 다양화**

수분산 수지

- 아크릴산 에스테르, 메타크릴산 에스테르, 스티렌 및 소량의 아크릴산, 관능성 모노머를 사용 유화중합을 하여 제조함
- 계면활성제 (유화제) 사용 : conventional emulsion
- 계면활성제 대신에 고분자 유화제(분산제)를 사용: soap-free emulsion
- 소량의 비이온성 유화제와 저분자량 support resin을 사용: resin-fortified emulsion

(S.C.Johnson社 에서는 RC emulsion이라고 특허화 함)

RFE 수지 (I)

-conventional emulsion의 유동 특성을 개량한 emulsion임

-계 내에 저분자량 물질(ASR)과 고분자량 물질이 동시에 존재함

-유동성, 상용성이 좋은 수용성 수지(또는 수용화 수지)의 장점과 고분자량 & 고고형분인 에멀젼 수지의 특성을 계 내에 동시에 존재하도록 함

-유동특성은 newtonian임

-소량의 유화제를 사용함(안료 분산성, 상용성, 피막의 광택이 우수)

-입자크기를 작게 할 수 있으므로 용액과 같은 특성을 나타냄

-열경화성 수지로 변형 할 수 있음

RFE 수지 (II)

♦저분자량 **Support resin** 존재하에서 스티렌/아크릴계 모노머를 유화중합시켜 **Emulsion**계내에 저분자량 수지의 특성과 고분자량 수지의 특성을 동시에 가지도록 한 **Emulsion** 수지임.

♦**Support resin**의 종류와 스티렌/아크릴계 모노머의 종류에 따라 다양한 **Morphology**를 갖게 할 수 있다. **(Core/shell** 형)

♦**Support resin**이란?

♣**Water-soluble resin (PEO, PVP)**

♣**Water-dispersible resin (Aliphatic PU, Silicon ethylene oxide copolymer)**

♣**Alkali-soluble resin (SAA, SMA, EAA, EMAA)**

♣**RFE** 제조용은 수평균 분자량 **2,000~6,000g/mol** 사이임.

♦스티렌/아크릴계 **emulsion polymer?**

♣**Emulsion polymer** 의 특성을 가짐.

♣**Mn = 10^5~10^6 g/mol**

♣**Tg,** 반응성, 가격등을 고려하여 선택

♣스티렌계, 아크릴계, 메타크릴계 등

♦**Support resin**의 **functionality** 를 이용 **thermosetting resin**을 제조할 수 있음.

Resin Fortified Emulsions

Physical Characteristics :

- Ultra Fine Particle Size
- Near Newtonian Rheology (Solution - Like)
- Excellent Shear Stability
- No Anionic Surfactant Content
- Carboxyl & Hydroxy Functionality
- Blend Compatibility

Resin Fortified Emulsions

	Solutions (Alkyds)	HCC RF Emulsions	Conventional Emulsions
Appearance	Clear	Translucent	Opaque
Particle Size	Solution	40~80 nm	100~3000 nm
Molecular Weight	10^3 - 10^4	10^5 - 10^6	10^5 - 10^6
Rheology	Solution	Near Solution	Pseudoplastic
Gloss	Very High	High	Low to Semi
Pigment Dispersion	Excellent	Excellent	Poor
Shock Resistance	Excellent	Very Good	Poor to Good

Emulsion for Waterborne Ink & Paint

Products	Features
SAA Resin	• ST, α-MST and AA terpolymer
RFE	• Emulsion using SAA resin as a surfactant • Let-down Vehicle • Excellent in Rheological Property
Conventional Emulsion for good opacity	• Conventional Emulsion • Acid group existed on the surface and inside of Latex particles • Let-down vehicle • Good in Hiding Property
Core-shell type Emulsion	• Core-shell type Latex • Acid group existed on the surface of Latex particles • Let-down vehicle • Good in Adhesive Property on the surface of Plastic and metal

[1] ST = Styrene, AA = Acrylic Acid, **α-MST : α-methyl styrene**

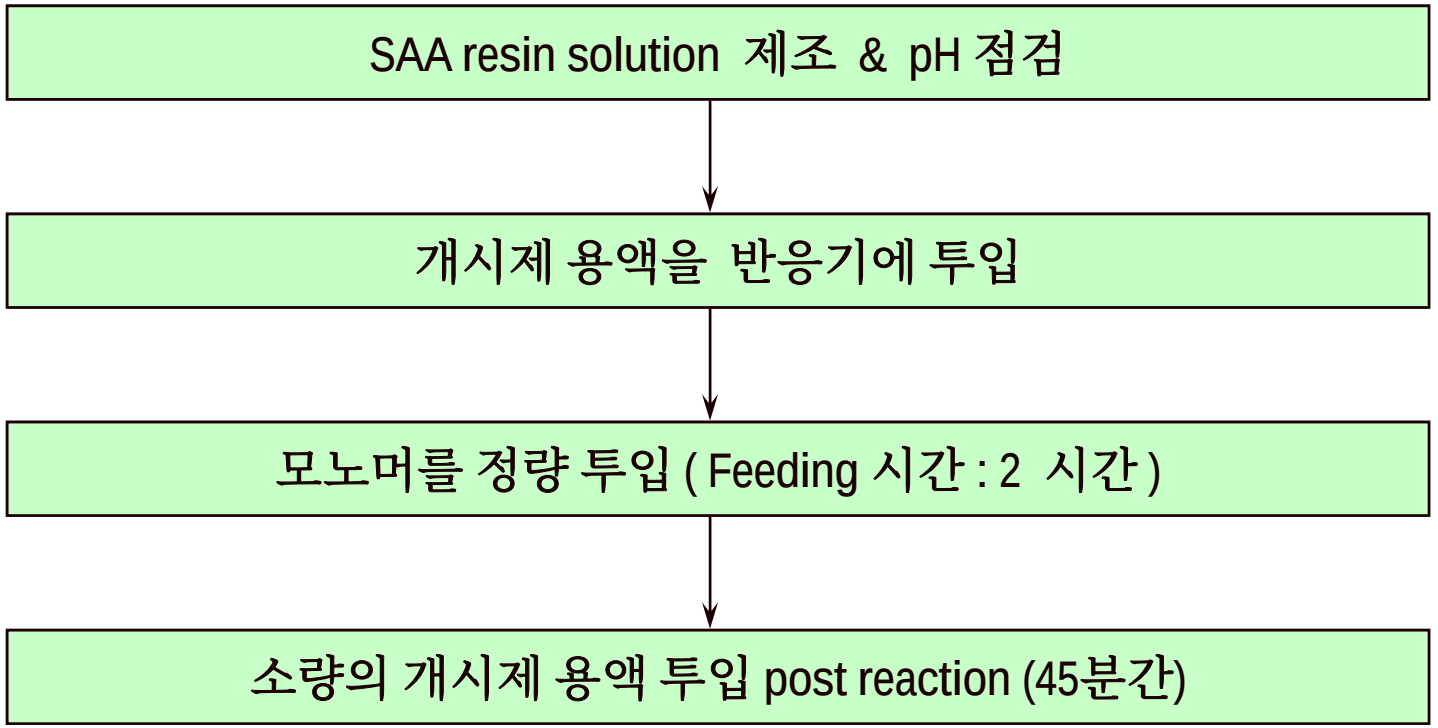
RFE Resins for Let-Down Vehicle

	Joncryl-74	Joncryl-77	Joncryl-87	Joncryl-89
Appearance	Translucent	Translucent	Translucent	Translucent
Non-Volatiles (%)	48.5	46.0	48.5	48.0
MW	> 200,000	> 200,000	> 200,000	> 200,000
Acid Number	50	55	50	56
Density (g/cc)	1.05	1.04	1.04	1.04
pH	8.3	8.3	8.3	8.3
Viscosity (cps)	600	500	1,000	500
Tg (℃)	-16	21	100	98
MFFT (℃)	< 5	20	> 80	> 80

경쟁사 RFE 수지 제품 비교

Properties	R F E	
	Joncryl-89	L-370
Mn	9,900	18,000
Mw	480,000	315,000
PDI	48.4	17.6
Particle Size	80	70
Tg (℃)	98	-
고형분 (%)	48	48.5
MFFT (℃)	83	85
pH	8.3	8.0~8.5
Viscosity (cps)	500	800~1200
Acid Number	56	70
Monomer 조성	St/Acryl	St/Acryl

RFE 중합 Procedure



Polymerization recipe of RFE resins for water-based flexo ink

(unit : g)

Properties	HCC-89-A	HCC-89-B
ST	218.8	218.8
SAA resin[1]	72.9	72.9
Initiator & Additives	8.1	9.4
DI water	265.0	265.0

(SAA resin[1] : soluryl-70)

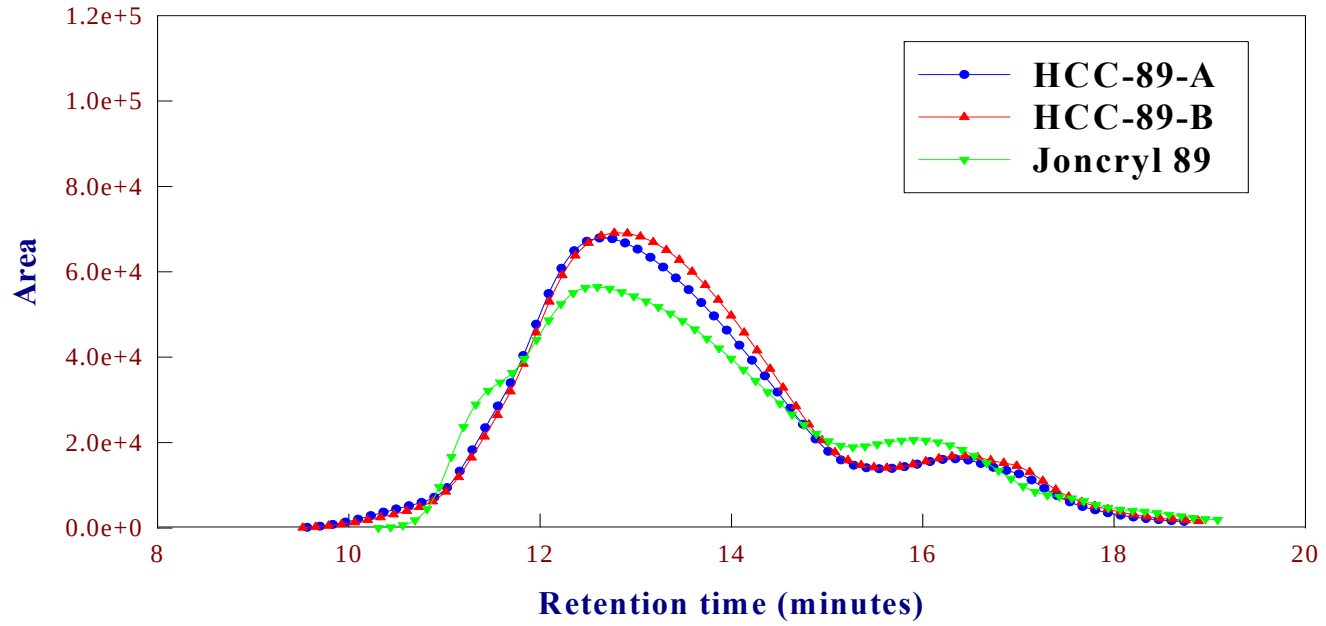
Properties of Tested Samples

- Comparison of properties between Joncryl-89 and HCC's Samples

Properties	Competitor	HCC-89 -A	HCC-89 -B
Particle Size (nm)	80	81	85
Tg (°C)	98	98	98
Solid Content (%)	48.0	50.7	50.4
MFFT (°C)	83	83	83
Acid Number	56.0	58.7	59.2

Properties of Tested Samples

- Comparison of molecular weights & molecular weight distributions between Joncryl-89 and HCC's Samples



Test Result of RFE from Flexo Ink customer

Properties	J-89	HCC-89-A
Color	-	Same
Hiding	-	Same
Transferability	-	Same
Viscosity (Sec)	14.5	14.0
Water Resistance	-	Same
Anti-friction	-	Same
DOI[1]	-	Same
Gloss (60°)	21	22
Dispersing Ability	-	Same

[1] Distinctiveness-of-image

Lab 물성 & Pilot 물성 비교

	Lab. sample	2차 시제품	3차 시제품
입자 크기 (nm)	Dn : 74, Dw : 81	Dn : 77, Dw : 82	Dn : 75, Dw : 81
분 자 량 (g/mol)	Dn : 19211 Dw : 491589	Dn : 19334 Dw : 499153	Dn : 19824 Dw : 501260
점 도 (cps)	800	780	800

Soluryl R-90 시운전 Field Test

	Joncryl-89	2차 시제품	3차 시제품
점도(sec)	14.5	13.9	14.0
1일경과 점도 (sec)	32.0	14.8	17.0
전이력	Standard	동일	동일
침전	Standard	동일	동일
층분리	Standard	동일	동일
소포능	25	28	20
Gloss	21	22	22
Density	2.43	2.45	2.50

경쟁사 에멀젼 제품 비교

Properties	에멀젼	
	L-361	D-485
Mn	29,800	8,700
Mw	256,000	60,200
PDI	8.61	6.92
Particle Size	125	200
Tg (℃)	90	90
고형분 (%)	50	50
MFFT (℃)	80	78
pH	7.8	7.7
Viscosity (cps)	1500	2000
Acid Number	30	80
Monomer 조성	St/Acryl	St/Acryl

에멀젼 수지 제품 개발

- 입자 크기 조절법
  - **Hydrophilic shell**의 분자량 조절
  - **Hydrophilic shell**의 조성 조절 **(**친수성 모노머 첨가**)**
  - **Acrylic acid & Methacrylic acid** 양 조절

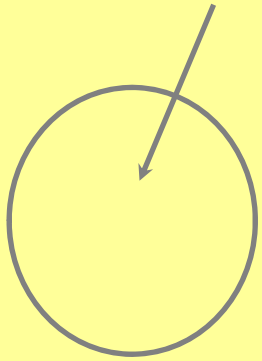
- 에멀젼 수지의 잉크 안정성
  - 최종 라텍스의 **Acid number** 조절
  - **Hydrophobic core**의 분자량 조절
  - **Particle size & particle size distribution** 조절

- **Morphology** 조절
  - **Core/Shell** 구조 **& Simple Particle**

Emulsion 수지의 기본 Model

D-485 대응 Grade

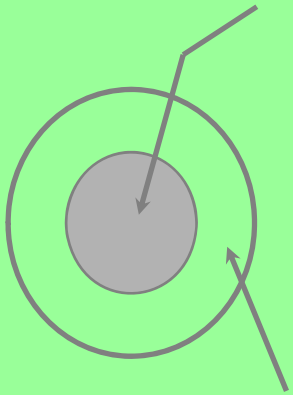
Poly(ST-AA-MAA)



※ Initial pH = ~4
(pH 5이상에서는 AA와 MAA 의 중합이 일어나지 않음)

Lucidene-361 대응 Grade

Poly(ST-MMA)



Poly(EA-AA-MAA)

※ Inverse core-shell emulsion polymerization

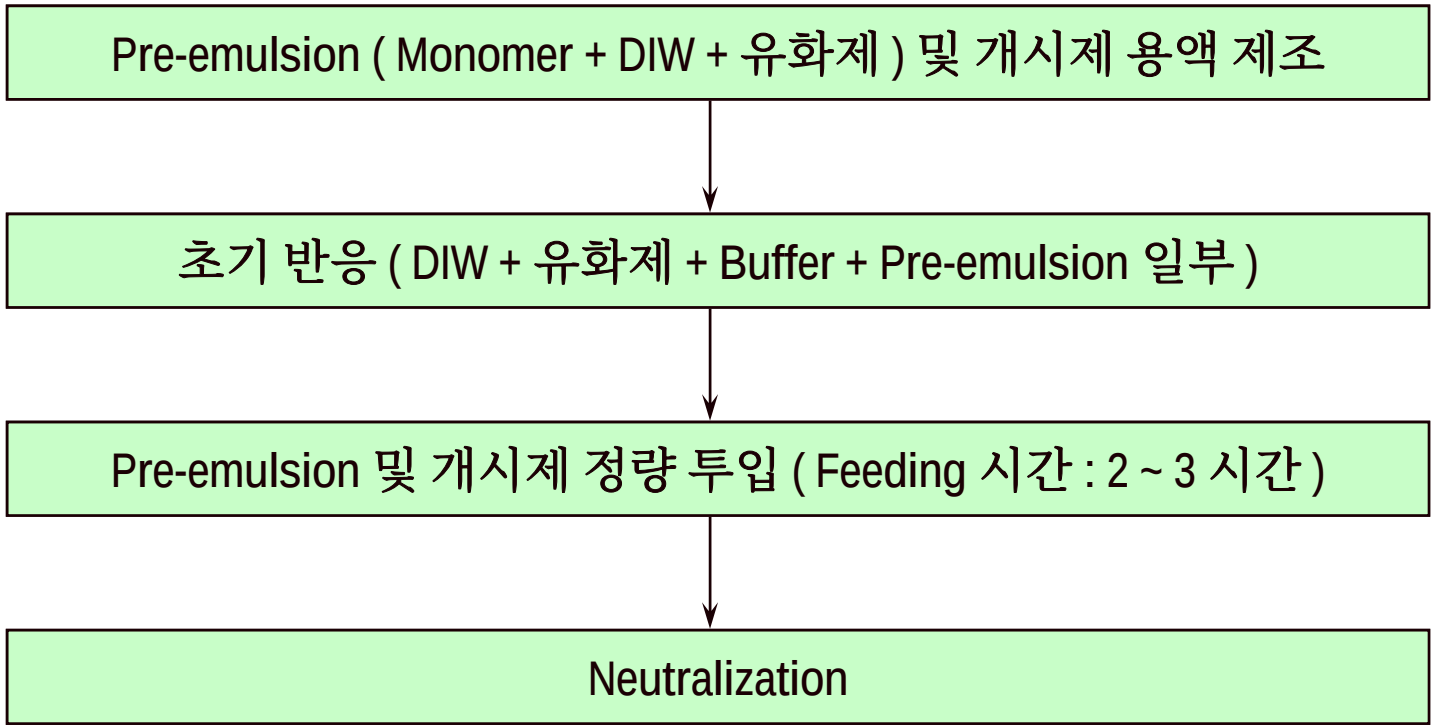
Conventional Emulsion의 기본 Recipe

Chemicals		Recipe
Monomers	Styrene	87.8
	Acrylic Acid	8.3
	Methacrylic Acid	3.9
DIW		100.0
유화제		0.4
개시제		1.0
Buffer		0.4
Neutralizing Agent		1 ~ 1.5
Total		202.8~ 203.3

- 반응 온도 : **80℃ ~90℃**

- 반응 시간 : 5 Hrs

에멀젼 중합 Procedure



Properties of Tested Samples

☞ Comparison of properties between Daiwon-485 and HCC's Samples

Properties	Competitor	Conventional A	Conventional B
Particle Size (nm)	200	200	190
Tg (°C)	90	95	95
Solid Content (%)	50	49	49
MFFT (°C)	78	80	80
pH	7.7	7 ~ 8	7 ~ 8
Viscosity (cps)[1]	2,000	2,170	1500
Acid Number	80	82	75
Component[2]	ST, AA	ST, AA	ST, AA

[1] Brookfield Viscometer, LVT Spindle No. 63, RPM 30, Temp = 15 °C

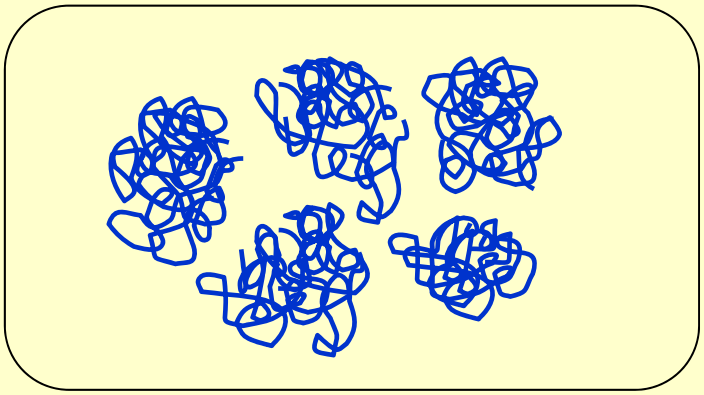
[2] ST = Styrene, AA = Acrylic Acid

Experimental Design (E-80)

- ***First Polymerization (hydrophilic polymer)***

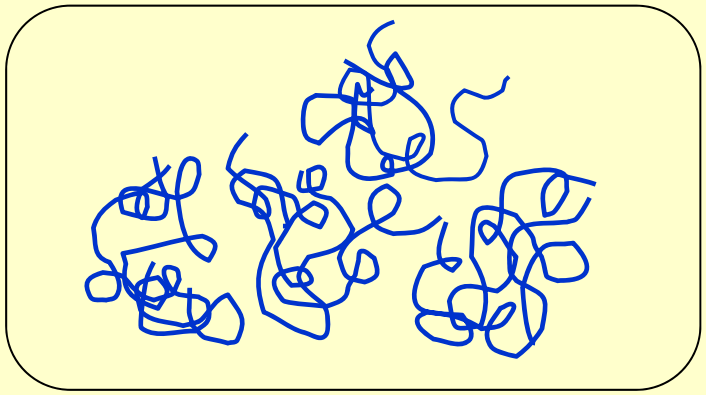
Monomer : EA & MAA & 친수성 모노머

pH : 3.0



Ammonium Hydroxide

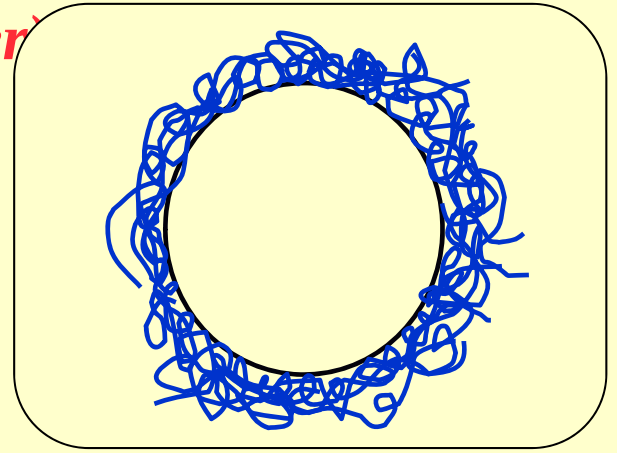
pH : 8.0



- ***Second Polymerization(hydrophobic polymer)***

Monomer : Styrene & Acrylate

pH : 8.0



잉크용 에멀젼 수지 (E-80) : 기본 Recipe

Initial Charge	Water	950.0
	음이온 유화제	12.0
	Sodium bicarbonate	3.0
Initial Initiator	Water	180.0
	개시제	3.5
1st Stage Monomer Mixture	Methacrylic acid	53.7
	Ethyl acrylate	214.7
	CTA	5.2
	친수성 모노머	variables
2nd Stage Monomer Mixture	Styrene/Acrylate	1073.6
	CTA	16.1
	비이온성 유화제	30.0
2nd Initiator	Water	180.0
	개시제	7.5
Chaser	Water	20.0
	개시제	2.2
TOTAL		2829.3

Soluryl E-80: Lab 실험 결과

<입자크기 조절법>

1) 1st stage polymer의 분자량

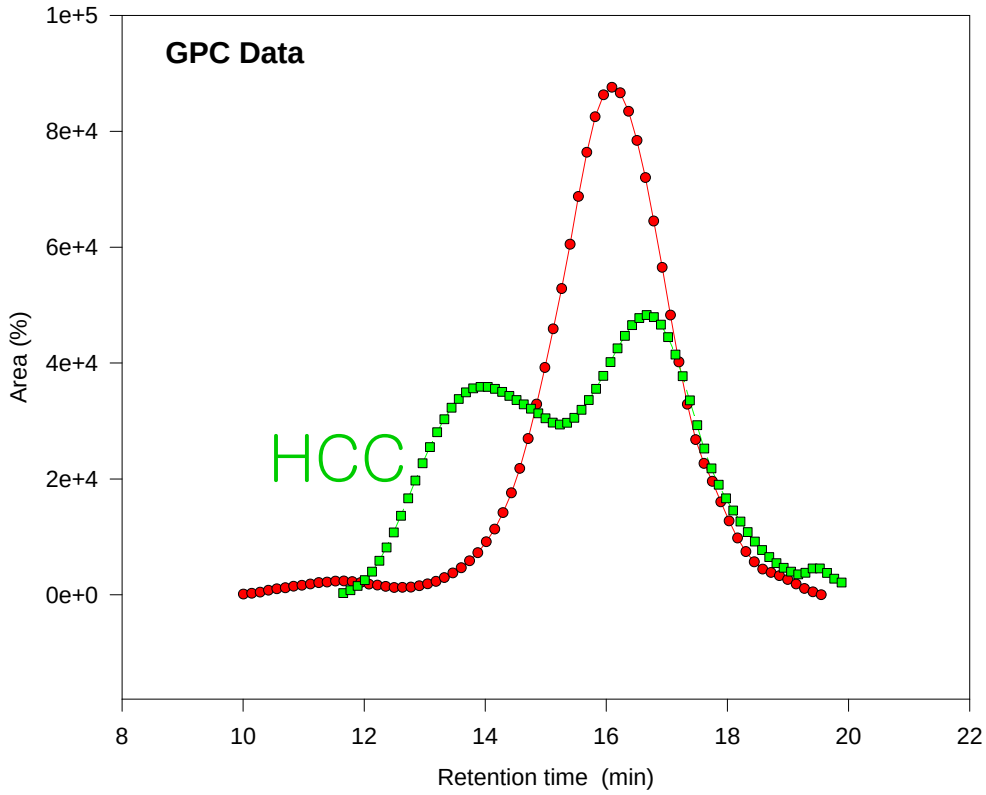
Mn(g/mol)	Dn(nm)	Dw(nm)
27521	73	79
30510	83	93
43365	115	132
61102	188	211

2) 친수성 모노머의 함량

Monomer 함량	Dn(nm)	Dw(nm)
10	179	210
5	155	182
3	115	132
0	93	114

잉크용 core/shell 에멀젼 수지 (E-80)

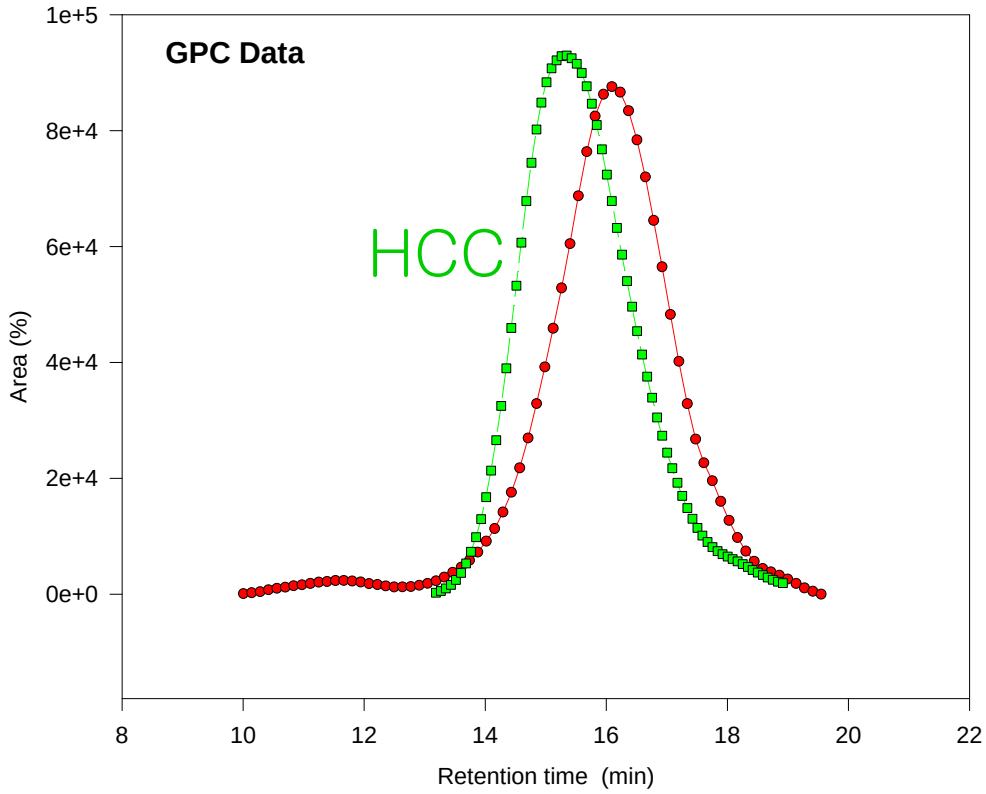
- 분자량 (2단계 CTA 효과 : 친수성)



분자량 분포 : 1단계 (CTA 2%) & 2단계 (CTA 2%) 중합체 – 2 peak

잉크용 core/shell 에멀젼 수지 (E-80)

- 분자량 (2 단계 CTA 효과 - 소수성)



분자량 분포 : 1단계 (CTA 2%) & 2단계 (CTA 1%) 중합체 – 1 peak

Soluryl E-80: Lab 실험 결과

<잉크안정성>

1) acid number

Acid number	상분리 층의 높이(cm)
0	7.7
35	1.6
70	4.0
100	9.0

2) 입자크기

입자크기(Dn) (nm)	상분리 층의 높이(cm)
188	6.3
115	1.3
83	1.1
73	1.1

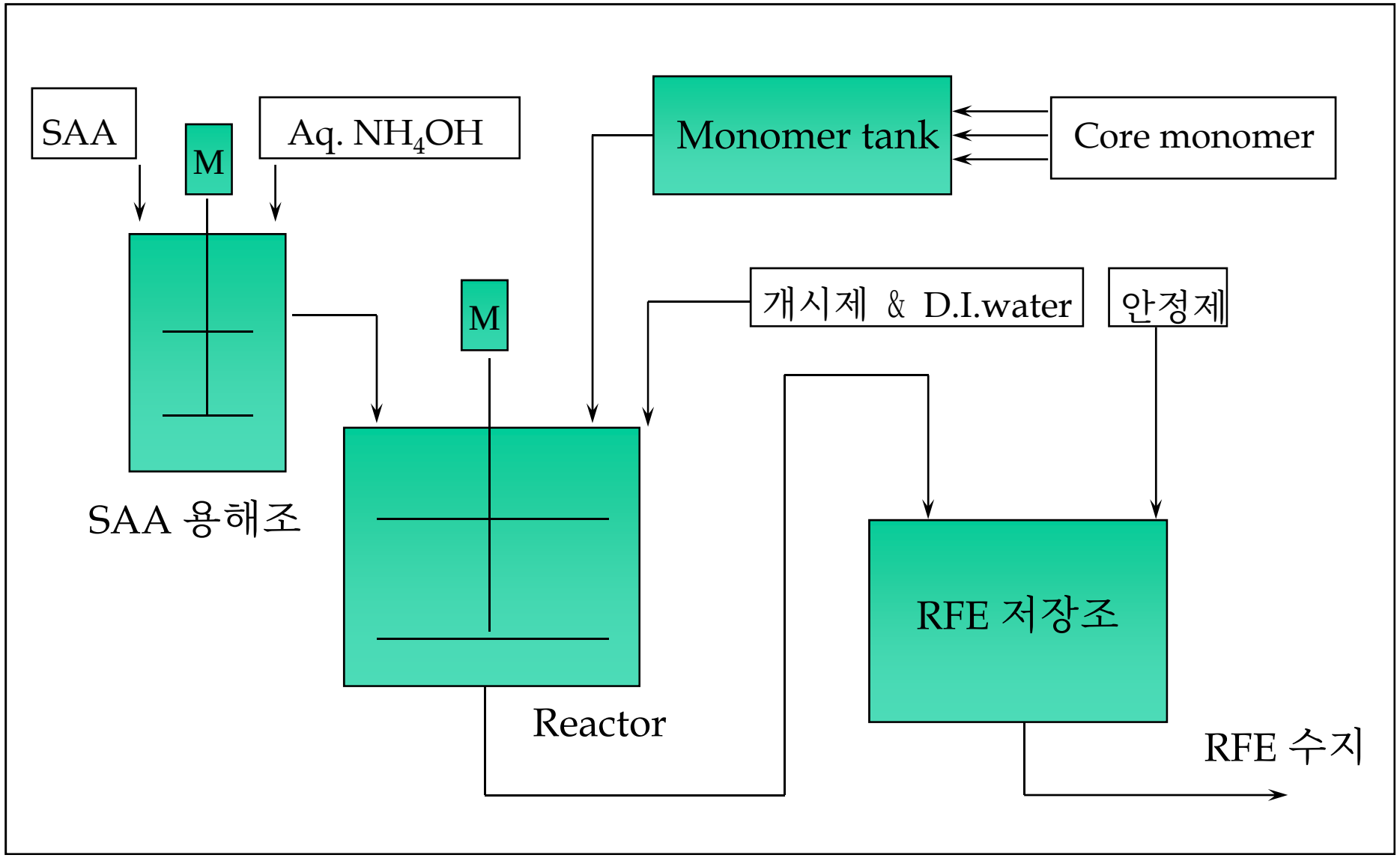
SOLURYL E-80 시제품 물성 평가 (I)

물 성	1차 시생산품	2차 시생산품	3차 시생산품
입자 크기 (nm)	Dn : 117, Dw : 135	Dn : 118, Dw : 135	Dn : 115, Dw : 131
분자량 (g/mol)	Mn : 43965 Mw : 377552	Mn : 42588 Mw : 416003	Mn : 45413 Mw : 358405
산 가	31	31	31
점 도 (cps)	1200	1600	1500
pH	8.0	7.8	7.9

Soluryl E-80 시제품 평가 결과(II)

물 성	Lucidene-361	Soluryl E-80
점 도(sec)	15.5	15.3
전 이 력	standard	동일
침 전	standard	동일
층 분 리 (mm/10cm)	13	13
내 마 모 성	standard	동일
은 폐 력	standard	동일

RFE PROCESS

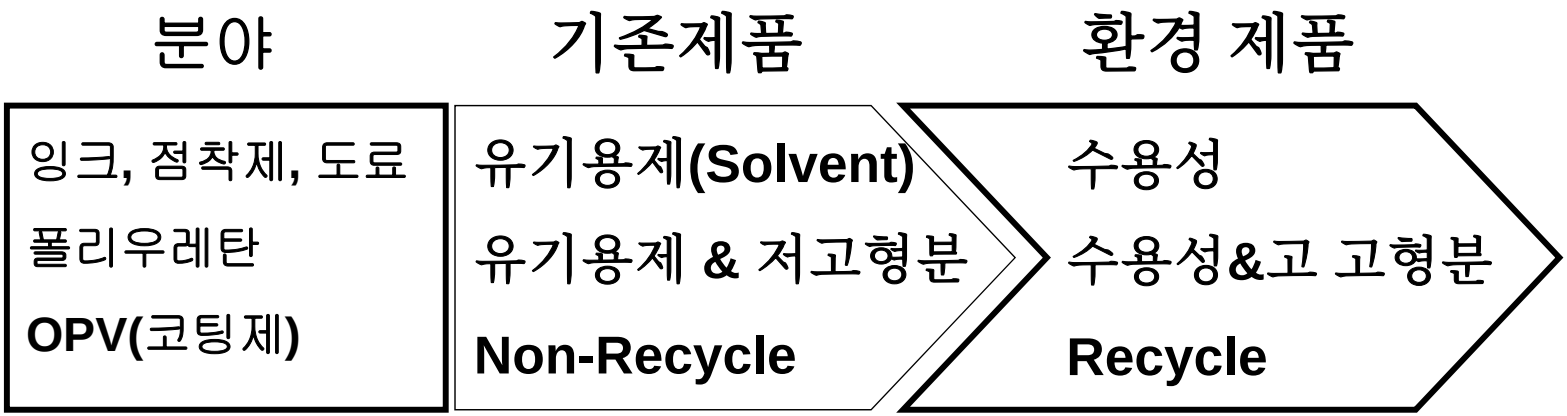

SAA
M
Aq. NH_4OH
Monomer tank
Core monomer
개시제 & D.I.water
안정제
M
SAA 용해조
Reactor
RFE 저장조
RFE 수지

환경 친화 제품
(수용성 수지)

Hanwha Soluryl Resin

1. 제품 개발 배경

■ 인체에 무해한 환경 친화적 제품 요구



- 유해 가스 발생(대기오염)
- 작업자 유해 가스 흡입
- 화재 위험
- Non-recycle

VOC규제

- 환경 오염 예방 및 작업 환경 개선
- 인체 유해물질 제거
- 재 활용 가능(종이 코팅)
- 수입 규제 대처

2. HCC 환경 친화 제품 개발 현황

SAA(수용성 수지)

■ '96～'98 : 공기반 과제 수행(연세대, 동양잉크㈜ 공동)
■ '98～'99 : Pilot Plant 설치, 시운전 실시
■ '99. 9.～ : 상업 판매 실시 (Brand Name : Soluryl-70)

RFE(수지보강 에멀전)

■ '97～'99 : 공기반 과제 수행
■ '99. 3. : 3 Grade 제품 개발 완료
■ '99. 9.～ : 상업 판매 실시 (Brand Name : Soluryl E-80, R20, R90)
(동남아, 호주 및 미국 지역으로 200톤 판매, 금년 1,000톤 수출 예상)
■ ' 00. 5 : 도료용 Emulsion 개발 완료. 상업화 준비중

점착제(PSA), 코팅제(OPV)

■ '00. 5 . : 수성 점착제 개발 완료. 상업 판매 준비중

기술인증 및 특허

■ SAA : - 국내 신기술 인증 획득 (KT : Korean Technology , 과학기술부, 1999)
- 제조 특허 3건 등록 (국내) 및 PCT 출원중(해외)
■ RFE : - 국내 및 해외 특허 출원중 (2건), KT 획득(과학기술부, 2000)

3. HCC 제품 용도 및 특징

▶ 용도

- 수성 잉크, 도료 및 점착제의 유기용제를 사용하지 않는 **RESIN** 및 **EMULSION**
- 수성 후렉소 잉크, 고광택 하이드로 코팅제, 수성 점착제, 지대/포장재 내부 코팅제, 플라스틱/목공/금속 표면 코팅제

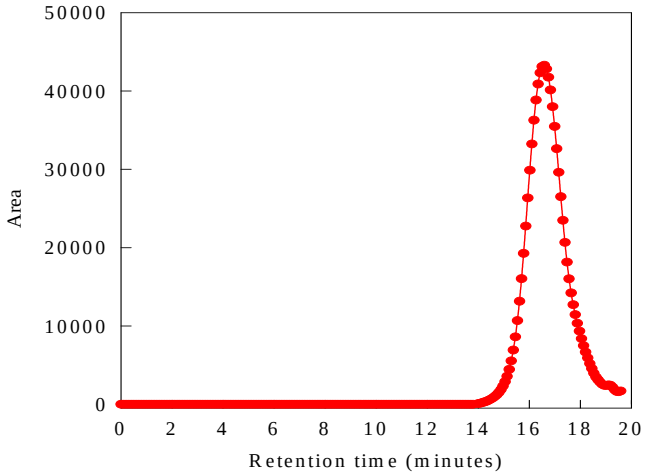
▶ 제품 종류

- 잉크 분야 : **SOLURYL- 70, SOLURYL R-90, R-20, E-80**
- 도료 분야 : **SOLURYL R-40**외 **HASP**
- 코팅**(OPV)** 분야 : **SOLURYL HG 80**
- 점착제**(PSA)** 분야 : **SOLURYL P100**

▶ **SOLURYL** 제품의 특징

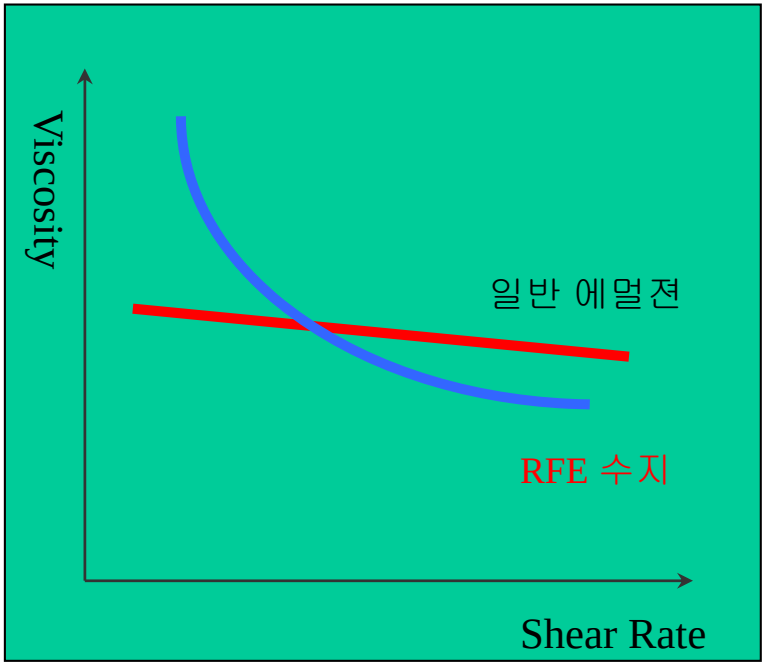
- 환경 친화적 : 용매로 물을 사용하므로 **VOC**배출이 없고, 코팅제의 경우 코팅이 물에 녹으므로 종이의 재활용**(Repulping)**이 가능함.
- 작업성 우수 : 휘발분 함량이 낮아 거품발생이 적음.
- 인쇄성, 전이성, 광택이 우수함.

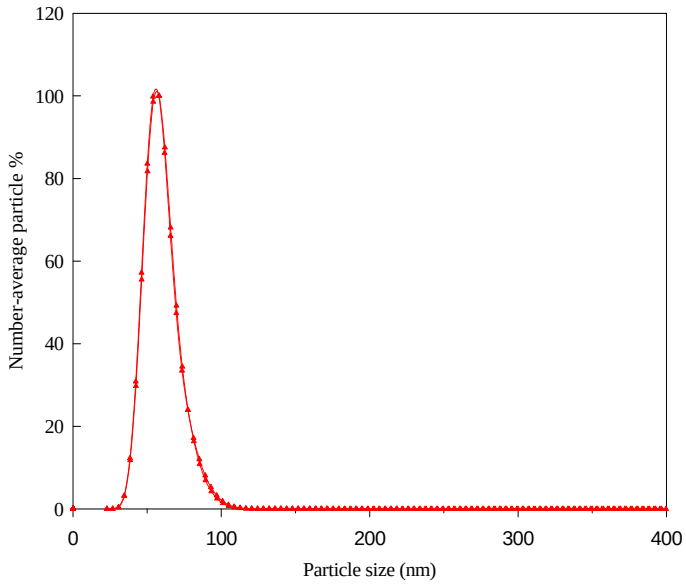
SAA 기술 특징



- Continuous Bulk Polymerization Process
  : 연속반응기 및 휘발분 제거장치를 설계하여 제품 생산에 적용하였으며 균일한 반응조건으로 제품의 균일성이 뛰어남
- Uniform Molecular Weight
  : 분자량이 작으면서도 분자량분포가 좁음

RFE 기술 특징





- Newtonian-like Flow
  : Shear rate에 따라 점도 변화가 크지 않음
- Uniform Particle Size
  : 입자 크기가 작고 입도분포가 좁음

Trends for the future

- Polymers for pre-printed corrugated, which require no zinc or zirconium to reach 232 ℃ hot mar resistance
- Dispersion resins, which develop chip quality gloss and transparency in conventional media milling equipment
- Corrugated vehicles, which require half the resin solids of conventional systems allowing for very low cost inks
- Film printing polymers, which wet out olefins without the addition of any VOC contributing alcohols
- News flexo polymers, which virtually eliminate second impression set off
- Polymers systems for waterborne publication gravure

Major New Developments

To enhance the potential of w/b ink attempts :

.Decreasing the amount of inks printed per square meter of substrate
.Increasing the solids in the ink
.Designing the binder in such a way that it releases the water faster from the ink film
.Modifying the design of the printing press

.Improvements in ink formulations
.Research in pigment development to increase color choice
.Research in the field of hybrid and cross-linking resins that are initially water-soluble but change to insoluble after printing