

Rosin變性phenol樹脂의 分子量 變化에 따른 平版印刷 잉크의 物性變化에 관한 研究

金星彬

부산공업대학교 인쇄공학과

The Effect of Changing Molecular Weight of Rosin Modified Phenol Resin on Physical Properties of Litho Printing Inks

Sung-Bin Kim

Dept. of Graphic Arts Engineering,
Pusan National University of Technology

Abstract

Litho printing ink vehicles based on rosin modified phenolic are faster drying, have better durability, are harder and glossier and have greater resistance to water than ones based on ester gums. Ink-Water balance and rheological properties are important in litho printing process. These physical properties are concerned with molecular weight of Resin to use vehicle. So this paper was studied about the effects of changing molecular weight of Rosin modified phenolic on surface tension, viscosity, pseudoplasticity and printability of Litho Inks.

The results were as follows.

- 1) The surface tension of model inks depended on the molecular weight of the resin : Dispersion component of ink increase but non dispersion component decrease as molecular weight of Resin increase.
- 2) Water pick-up of litho ink is more fast balance, using low molecular weight of Resin.
- 3) Viscosity, Yield value and Newtonian value of model inks increase as molecular weight of Resin increase.
- 4) The litho ink prepared with the modified phenolic of which molecular weight is about 20000 showed the highest printing density and gloss.

1. 서론

인쇄잉크는 복잡한 조성으로 되어 있으므로 대단히 복잡한 물리적 성질을 나타내고 있다. 평판인쇄용 잉크는 습수와 함께 인쇄기상에서 작용하므로 물성이 인쇄기상에서 대단히 많이 변한다고 생각 할 수 있다. 특히 평판 인쇄용 잉크와 습수는 어떤 일정한 범위내에서 균형을 갖추어야 인쇄고장이 없는 좋은 품질의 인쇄물을 얻을 수 있다. 이러한 평판 인쇄에 대한 계면화학적 연구는 Kaelble¹⁾, Kato²⁾, Kim³⁾ 외에 많은 연구자^{4~8)}에 의하여 연구조사 되어 있고, 계속연구 되어지고 있다. Ink의 유화상태가 인쇄에 미치는 영향에 대한 연구는 Surland⁹⁾ 를 위시해서 Koniecki¹⁰⁾와 Micale¹¹⁾, Bassemir¹²⁾등의 다수 연구되어 보고되었다.

한편, 인쇄잉크의 유동물성에 대해서는 Green¹⁹⁾ 이나 Reed²⁰⁾ 등에 의한 연구를 위시하여 인쇄잉크의 점탄성에 대한 유변학적 연구는 Bank²¹⁾ 등을 비롯하여 많은 연구가 있었다.^{21~32)}

이러한 많은 연구에도 불구하고 평판인쇄잉크에 관한 성질에 많이 영향을 주는 수지성분의 조성과 분자량의 잉크물성에 관한 연구를 조사해 보면 최근의 Scarlatti³³⁾에 의한 연구 밖에 조사된 것이 없다. 이 또한 수지성분의 용해특성만 검토된 것이다. 그러므로 본 연구에서는 평판인쇄잉크에 Vehicle성분으로 가장 많이 사용하고 있는 로진변성 phenol 수지의 분자량을 변화시켜 잉크를 제조하고, 이들의 잉크에 대한 표면장력, 유화성, 유동특성, 인쇄적성등을 검토하여 수지의 분자량에 따라서 인쇄잉크의 물성에 대한 영향을 조사하여 실제 잉크를 제조할 때 기초자료로서 제공하고자 한다.

2. 실험방법

2-1 수지합성과 분자량측정

Hydrocarbon 수지와 로진변성 phenol수지의 합성은 Lawter International Inc 에서 합성한 것을 사용하였다. 이들의 분자량은 MAXIMA 820GPC로 분자량을 측정하였다. hydro carbon수지와 분자량이 다른 로진변성phenol수지를 중량비로 20:80, 40:60, 50:50, 40:60, 80:20으로 혼합하였다. 이를 혼합수지와 Soyabased Isophthalic Alkyd수지의 수량비를 3:1로 혼합하여 사용하였다. 사용한 각수지의 성질과 분자량은 Table 1과 같다.

Table 1 The properties of each resin

Resin	M. P	AV	Dilution	M. W
Neutral Hydrocarbon Resin	140	—	5%	1570
Phenol Modified Resinester				
QA	150	25	35	93937
QB	145	25	30	18900
QC	135	25	80	6900
QD	120	25	100	2500

2-2 잉크조제

각각 혼합된 수지에 Magic oil #470을 가하여 150℃로 가열하여 녹여 Vehicle을 만들고 이 중 1/2을 취하여 Al propoxide를 넣어 150℃에서 gel화 시켜 Letdown Vehicle로 만들었다. 나머지 1/2을 취하여 PCNBlue 안료, Wax compound와 dryer을 넣어 Three Roll mill(압력 1000 psi)을 사용하여 연유했 후 Letdown Vehicle을 가하여 Three Roll mill(압력 1000 psi)에 1회 통과하여 잉크를 조제하였다. 잉크의 조성은 Table 2와 같다.

Table 2 Inks Formulation

Resin(phenol hydrocarbon)	30wt%
Alkyd(Soyabasedisophthalic)	10%
Magic 470	42%
Wax Compound	4%
dryer	1%
Alpropoxide	0.5%
PCN Blue	12.5%

2-3 잉크의 표면장력측정

잉크를 유리판위에 0.6mil정도의 두께가 되도록 film을 만들어 Rame-Hart contact angle goniometer 로 20℃에서 물과 methylene iodide를 사용하여 표면장력 성분을 측정하였다. 각 잉크의 표면장력 성분을 구하기 위하여 부착일 (work of adhesion) 에 관한 Young equation 식은 다음과 같다.

$$W_{SL} = \gamma_{SL} + \gamma_L - \gamma_{SC} = \gamma_L(\cos \theta + 1) \dots\dots\dots (2-1)$$

한편 Owens 와 Wendt 그리고 Kaelble의 부착일에 대한 관계식은 다음과 같다.

$$W_{SL} = 2(\gamma_S^d \gamma_L^d)^{1/2} + 2(\gamma_S^p \gamma_L^p)^{1/2} \dots\dots\dots (2-2)$$

위 두 식에서 액상물질은 극성이 없는 물질을 사용하여 접촉각으로 하고 고체의 분산성분은

$$\gamma_s^d = \gamma_L(1+\cos\theta)^2/4 \dots\dots\dots (2-3)$$

식으로 구할 수 있다.

극성인 물을 사용하여 접촉각을 구하면 고체의 극성성분은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\gamma_s^p = [\gamma_L(1+\cos\theta)/2 - (\gamma_s^d \gamma_L^d)^{1/2} / \gamma_L^p] \dots\dots\dots (2-4)$$

한편, 잉크로 Magic oil #470 에 20%, 40%, 60%, 80%의 농도로 용해시켜 이들의 표면장력을 due Nuoy ring method 로 측정하고, Fig 1과 같이 외삽하여 잉크의 표면장력을 구하였다.

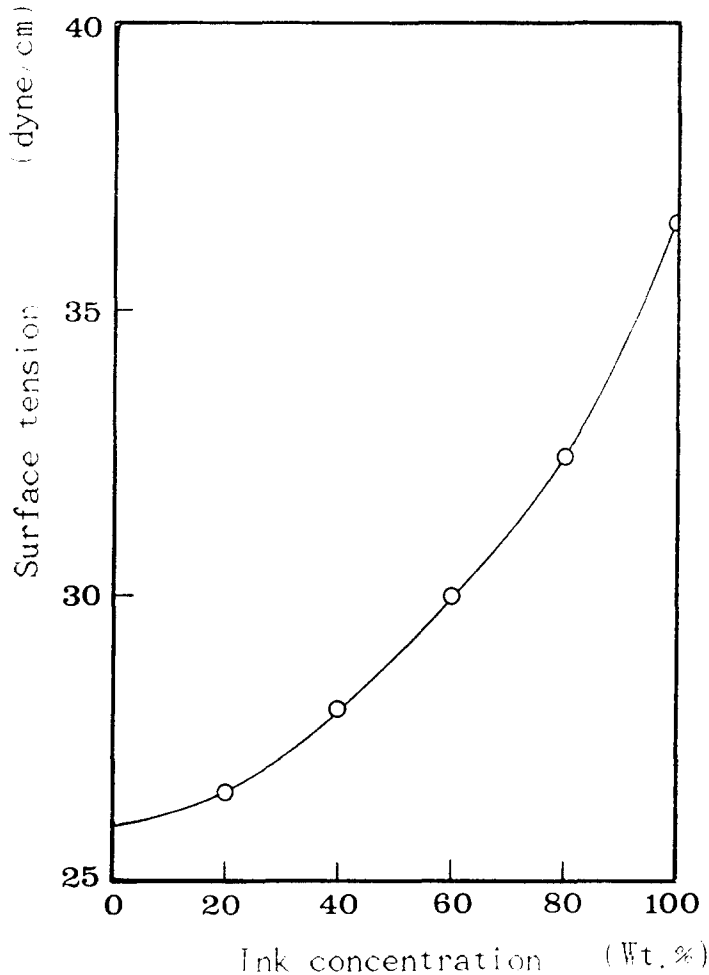


Fig. 1 Surface tension of ink as function of its-diluent in Magic oil #470

2-4 잉크의 유화

각 잉크 30g과 물 30g을 취하여 high speed mixer(4200rpm)를 사용하여 유화시간 1, 3, 5, 7, 10분간 유화시켰다. 각각 유화시킨 잉크를 105℃의 건조기에 넣어 3시간 동안 건조시켜 수분을 측정하여 Water Pickup량을 구했다.

2-5 잉크의 유동성

잉크의 유동성을 알기 위하여 Laray Falling Rod Viscometer 를 사용하여 겔보기점도, Newtonian Value, Yield Value, Shortness Factor등을 측정하였다.

한편, Shear rate의 변화에 따르는 점도변화는 Bohlin Rheometer로 측정하였다.

2-6 잉크의 인쇄적성

잉크의 인쇄적성을 알기 위하여 Prüfhou Printability Tester 를 사용하였다.

인쇄조건을 온도25℃, 인쇄압 900N, 인쇄속도 1.0m/sec, 인쇄면적 4×20cm, 잉크분산시간 30초, 잉크공급시간 15초 등이다. 인쇄전후의 인쇄roller의 중량차로서 잉크전이량을 구했다. 그리고 인쇄후의 농도와 광택을 측정하여 각각 잉크의 인쇄적성을 검토했다.

3. 결 과 및 고 찰

3-1 각 잉크의 표면장력 성분

각 잉크의 표면장력 성분을 접촉각 및 회석방법으로 구한 것을 나타낸 결과는 Table 3이다.

Table 3 Surface Tension of Model Inks (dyne/cm)

Ink	γ_I^d	γ_I^p	γ_I
Qc2	46.6	0.6	47.2
Qc3	34.9	13.2	48.1
Qc4	28.5	15.7	44.2
Qc6	23.0	11.7	34.7
1B	34.9	6.2	41.1
5B	25.8	8.5	34.3
3A	39.0	0.6	39.6
3B	28.7	7.5	36.2
3C	26.2	9.0	35.2
3D	20.0	13.8	33.8

Qc2 Qc3 Qc4 로진변성phenol 수지로서 분자량이 18900, 6900, 2500의 것을 Resin으로 하여 조제한 잉크이다. Qc6은 순수한 Hydrocarbon 수지로 하여 조제한 잉크다. 1B, 3B, 5B 는 Q_B수지와 Hydrocarbon수지 중량비가 4:1, 1:1, 1:4로 혼합한 수지로 잉크를 제조한 것이다. 3A, 3C, 3D는 각 Q_A, Q_C, Q_D 수지에 Hydrocarbon수지로 1:1 로 혼합하여 제조한 잉크이다. Table 3에서 보면 순수한 변성phenol수지로서 제조한 잉크 Qc2, Qc3, Qc4 를 보면 수지의 분자량이 클수록 잉크의 표면장력이 커짐을 알 수 있다.

이것은 분자량이 커짐에 따라 거대분자가 되어서 고체화됨으로서 분자사이의 인력이 커짐에 기인한다고 생각할 수 있다. 분자량이 클수록 극성성분이 적어짐을 알 수 있는데 이것은 분자량이 클수록 -OH, -COOH기들이 적기 때문이라고 할 수 있다.

한편 일정한 분자량을 갖는 로진변성phenol수지와 Hydrocarbon수지의 비율을 달리한 Qc2, 1B, 3B, 5B로 비교해 보면 Hydrocarbon의 함량이 많은 것이 분산성분이 적고, 극성값이 큼을 알 수 있다. 따라서 Hydrocarbon수지에도 극성물질이 존재한다는 것을 알 수 있다.

3-2 잉크의 유화현상

한편 각 잉크의 Water Pickup 을 측정 한 결과 Table 4와 Fig 2이다.

Table 4 Water Pickup of Model Inks (gH₂O/gInk)

Inks	Time(min)				
	1	3	5	7	10
3D	0.282	0.408	0.468	0.456	0.461
3C	0.199	0.404	0.432	0.464	0.461
3B	0.149	0.244	0.396	0.473	0.515
3A	0.036	0.215	0.367	0.464	0.464
Qc2	0.104	0.248	0.342	0.402	0.451

Table 4 를 보면 3A, 3B, 3C, 3D 잉크가 처음 1분에서 보면 로진변성 phenol수지의 분자량이 적을수록 커짐을 알 수 있다. 이는 Table 3에서 알 수 있듯이 극성치가 큰 순으로 분산성분이 적은 순으로 되어 있는 것을 알 수 있다.

또 Water Pickup 최대치를 보면 3D잉크는 468이고, 3C잉크는 464, 3B는 474, 3A는 464이다. 이를 보면 Water Pickup은 표면장력에도 관련되지만 잉크의 점도도 작용한다고 생각된다. 즉 잉크와 물과의 계면장력을 계산해보면 3A, 3B, 3C, 3D잉크의 각각 48.6, 19.9, 17.4, 11.7이다. 즉 젖음은 변성 phenol수지의 분자량이 적을수록 좋다고 할 수 있다. 점도를 보면 3A, 3B, 3C 각각 872, 738, 277 poise 이다. 유화시킬 때 우선 잉크와 물의 계면장력이 적으면 서로 잘 유화되나 high speed mixer로서 mixing 시간이 커짐에 따라서 점도가 높은 것이 함유된 물을 밖으로 분출되기 어렵기 때문이라고 생각한다. 유

화의 경시변화에 대한 Water Pickup변화를 나타낸 것이 Fig 2 인데 3D잉크인 경우 정점에서 감소되는 경향을 볼 수 있고, 이상과 같은 잉크는 유화균형 범위가 비교적 좁다고 할 수 있다. 3C잉크의 경우는 3D보다 유화범위가 넓다고 할 수 있다. 3B인 경우 유화범위가 좁아서 damping solution인 flotation 한 경우 갖는다고 할 수 있다. 3A인 경우는 유화범위가 좁아서 damping solution tint 한 경우라고 할 수 있다.

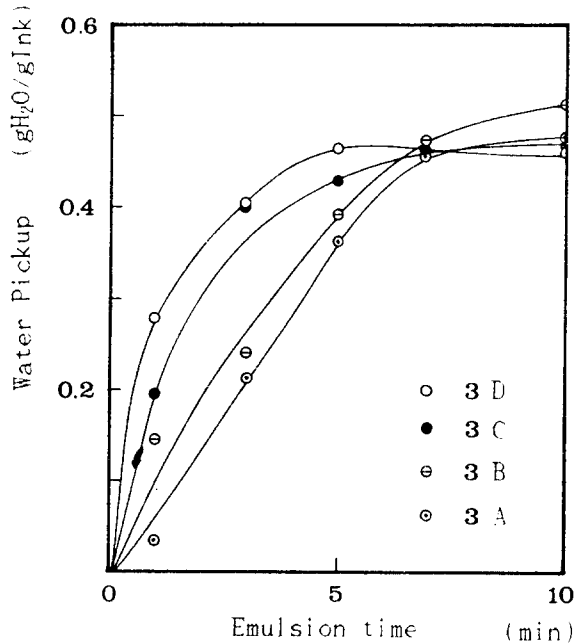


Fig.2 Water Pickup profile of each Inks

3-3 잉크의 유동특성

잉크의 유동특성을 Laray Viscometer 로서 측정한 결과가 Table 5이다.

이를 보면 변성 phenol 수지의 분자량이 클수록 점도가 커짐을 알 수 있고, 항복가도 커진다. 또한 분자량이 커질수록 Newton Vaule가 작아지는데 이는 분자량이 클수록 고체성질이 증가하는데 기인 한 것으로 생각된다.

Shortness Factor가 분자량이 적을수록 예사성이 증가함을 알 수 있다.

한편, Shear rate의 변화에 따르는 점도 변화를 알기 위하여 나타낸 것이 Fig 3 이다.

Fig 3에서 나타난 바와 같이 Shear rate가 증가함으로써 점도가 감소하고 있음을 알 수 있다. 이것은 잉크가 구조의 파괴와 회복에 관련된 속도가 변환된 것을 나타낸 것이다. 전단속도가 증가하면 안료와 Vehicle 분자사이의 Brown 운동의 무작위한 효과가 증가되기 때문이다. 이러한 경향은 Fig. 3에서 보면 변성 phenol 수지의 분자량이 큰 잉

크쪽이 shear thinning region이 크다. 그러므로 변화의 폭이 크다고 할 수 있다.

Table 5 Reuological Date on Model Inks with Larlay Viscometer

Ink	Viscosity V2500(Poise)	Yield Value (dynes/cm ²)	Shortness	Newtonian
			Factor SF(sec ⁻¹)	Value
Qc2	5600	10500	50.4	0.5580
Qc3	509	205	10.8	0.7572
Qc4	188	119	17.1	0.7018
Qc6	174	1183	183.2	0.3763
1B	2334	1583	18.3	0.6934
5B	285	65	6.15	0.8202
3A	872	1102	34	0.6117
3B	738	349	12.8	0.7382
3C	277	35.1	3.41	0.8753

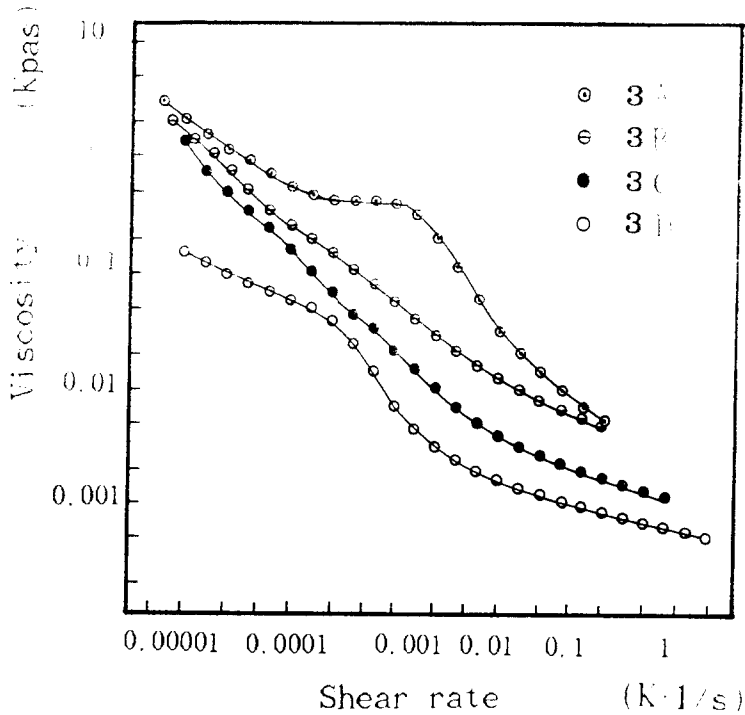


Fig. 3 Viscosity profile curves each Inks

3-4 각 잉크의 인쇄적성

잉크의 인쇄적성을 알기 위해서 Prubau Printability tester 를 사용하여 그 결과물을 나타낸 것이 Table 6이다.

Table 6 Printability of Model Inks

Ink	Print #	Ink on dist. system (cc)	Ink on cyl. (mg)	Ink on print (mg)	Transfer (%)	Ink Film Thickness (μm)	Optical Density	75 ⁰ gloss
Qc2	14	0.21	25.53	9.47	37.1	1.22	0.87	51
	13	0.23	28.38	10.23	36.0	1.32	0.98	53
	9	0.30	36.79	16.18	44.0	2.09	1.45	52
1B	31	0.11	16.03	8.44	52.6	1.09	1.36	73
	32	0.11	15.96	8.65	54.2	1.11	1.41	73
	29	0.26	34.21	17.64	51.6	2.27	2.21	82
	27	0.34	44.15	21.68	49.1	2.79	2.29	83
	28	0.36	46.74	23.00	49.2	2.96	2.34	82
3B	24	0.12	15.50	8.51	54.9	1.11	1.50	84
	26	0.12	15.09	8.44	55.9	1.10	1.50	84
	25	0.24	30.53	16.04	52.5	2.09	2.21	88
	23	0.34	43.49	22.42	51.5	2.92	2.39	91
5B	18	0.12	14.78	8.42	57.0	1.08	1.47	87
	22	0.12	14.80	8.23	55.6	1.05	1.47	87
	16	0.20	24.40	13.47	55.2	1.73	1.97	87
	19	0.27	34.74	18.24	52.5	2.34	2.21	87
	21	0.34	43.72	22.63	51.8	2.90	2.30	89
3A	43	0.11	14.40	8.34	57.9	1.08	1.31	69
	44	0.11	14.46	8.43	58.3	1.09	1.30	68
	42	0.23	28.60	16.96	59.3	2.19	1.86	70
	39	0.31	38.14	22.93	60.1	2.96	1.89	69
3C	35	0.12	15.02	8.32	55.4	1.08	1.48	83
	36	0.12	14.59	8.27	56.7	1.07	1.46	82
	34	0.24	30.92	16.33	52.8	2.11	2.13	83
	33	0.34	43.32	22.25	51.4	2.89	2.31	87
3D	53	0.12	14.47	8.34	57.6	1.07	1.41	84
	54	0.12	14.43	8.32	57.6	1.07	1.41	84
	52	0.24	29.57	15.90	53.8	2.05	2.02	81
	51	0.34	42.35	22.16	52.3	2.86	2.12	79

3A전이점도가 매우 높아서 택이 커서 picking 현상이 생겨 인쇄물의 농도가 떨어진다 고 생각 할 수도 있다.

한편 Vehicle수지중의 변성phenol이 수지의 함유량에 따르는 인쇄물의 농도변화를 나타낸 것이 Fig 4 와 같다.

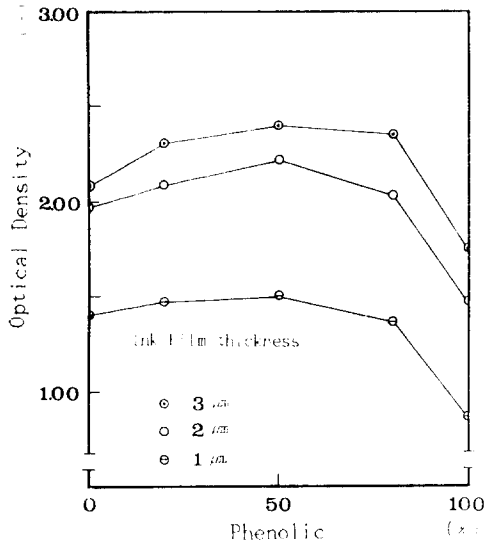


Fig. 4 The Effect of concentration of Rosin modified phenolic on printing density

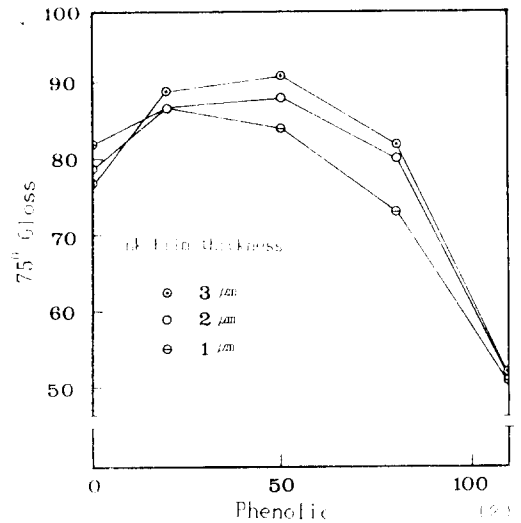


Fig. 5 The Effect of concentration of Rosin modified phenolic on printing gloss

Fig 4 에서도 알 수 있는 바와 같이 변성 phenol수지의 함유량이 50%일 때가 가장 인쇄물의 농도가 높게 나오는 것을 알 수 있다.

phenol 수지의 함유량에 따라서 유동 물성이 달라서 인쇄물 농도에 영향을 준다고 생각된다. 따라서 잉크제조 때 변성 phenol 수지의 함유량을 고려할 필요가 있음을 알 수 있다. Fig 5는 인쇄물의 광택을 알아보기 위하여 나타낸 것으로 변성 phenol수지 50% 일때가 광택성이 가장 높다고 할 수 있고, 앞의 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 50% 일 때 농도가 가장 높게 나타난 것으로 보아 광택이 높다고 할 수 있다.

4. 결 론

이상과 같이 변성 phenol수지의 분자량에 따르는 인쇄잉크의 물성에 미치는 영향을 검토한 결과 그 결론은 다음과 같다.

1. 변성 phenol 수지의 분자량이 적을수록 잉크의 표면장력은 낮았고, 극성성분은 높게 나타났다. Hydrocarbon수지의 비율이 높을수록 극성성분이 증가함을 알았다.

2. Water Pickup 량은 저 분자량의 변성 phenol수지인 경우 평형에 빨리 도달하고, Water pickup 량은 분자량 약 20000의 변성 phenol수지를 사용하여 Hydrocarbon수지와 중량비가 1:1인 경우 가장 높게 나타났다.

3. 잉크의 유동특성은 변성 phenol 수지 분자량이 큰 것일수록 점도, 항복가, Newtonian Value, Shortness Factor가 증가하였다. 전단속도에 대한 점도변화도 분자량이 클수록 커졌음을 알았다. hydrocarbon수지의 함유량이 증가할수록 점도, Shortness Factor 는 적어지나 Newtonian Value는 증가하는 것으로 나타났다.

4. 인쇄잉크의 인쇄적성은 분자량이 약 20000정도의 변성 phenol 수지와 Hydrocarbon을 중량비 1:1로 하여 조제한 잉크가 인쇄물의 농도가 가장 높았고, 광택성도 가장 높게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 1992년도 대학교수 국비 해외 파견 연구지원 계획에 의하여 이루어진 것이므로 교육부 당국에 감사드립니다.

그리고 본 연구에 많은 도움을 주신 Lehigh University의 National Printing Ink Research Institute 실험실에 있는 Dr. Fortunato J. Micale 교수님, Jean S.Lavelle, Jo Evelyn Gallagher 와 Ning Wu 그리고 Sun chemical Co.의 Dr.R.Bassemir 에게 감사드립니다.

參 考 文 獻

- 1) Kaelble : Surface Energetic Analysis of Lithography, Polymer Science and Technology, Vol.9B, p735 Plenum Publ.,New York, 1975
- 2) Kato.Y., F.M.Fowkes and J.W Wanderhoff : Surface Energetic of Lithography Printing Plate and Printing Inks, 54th Colloid and Surface Science Sym., p15-18, Vol.1, 1980
- 3) S.B.Kim and S.N.Lee. Study on the Interfaces phenomema in the Lithography, J.Korean Printing Soc., Vol.3, No.1, p43, 1985
- 4) Karttuen.S. and M.Mannien : Water ink Interaction in Lithographic printing, 14th IARIGAI Conference, Malbella, p163, 1977
- 5) Lindqvist.U. : Ink Emulsification and its Effect on Printing Quility in Offset, Graphic Arts in Finland, Vol.5, No.1, p32, 1976
- 6) B.Fuchs, H.Lindqvist and E.WallstrÖm : Avoiding Problems of Ink Emulsion-sitication in Keyless Offset System, 21th IARIGAI Conference, p296, 1984
- 7) S.Nieminen : Ink/Water Balance in Heatset Web offset Printing, ibd., p225, 1984

- 8) Young-Huazang : A Model for Ink/Water Balance in the Lithographic Process, p426, TAGA Proceeding, 1992
- 9) Aage Surland : A Laboratory Test Method for Prediction of Lithographic Ink Performance, p222, TAGA Proceeding, 1980
- 10) J.Koniecki, R.Adkins, B-Blown and P.Concannon : Ink/Paper/Fountain Solution Interaction, p259, TAGA Proceeding, 1983
- 11) F.J.Micale, S.Iwasa, J.S.Lavelle, S.Sunday and J.M.Fetsko : The Role of Wetting Part1, Lithography, p44, American Ink Maker Sepr., 1989
- 12) R.Bassemir and R.Krishnan : A Study of Lithographic Performance Mechanical Vs, Thermodynamics Consideration, p339, TAGA Proceeding, 1988
- 13) Anon : Test Method for Printing Inks, p65 Amercian Ink Maker, Sept.,1989
- 14) W.Tasker, L.Cygan, W Fang, K.Lachcik and U.Nakamura : Water Pickup Test for Lithographic Inks, p176, TAGA Proceeding, 1983
- 15) R.T.Pers : Effect of Ink Water Pickup on Printability in a High Speed Lithographic Press, p226, TAGA Proceeding, 1990
- 16) W.R.Tasker, R.Coyne, S Eberly and D.Parikh : Comparison of Laboratory Water Pickup Test with Actual Press Performance, p268, TAGA Proceeding 1990
- 17) J.A.Dooley : Surface Tension Relationships their Singiticance in the Development of Low Solvent Ink Technology, p212, TAGA Proceeding 1980
- 18) R.W.Bassemir and F.G.Sbubert : Surface Energy Measurements of Litho Inks and Dampening Solutions is predictors of press performance, p555, TAGA Proceeding 1984
- 19) H.Green, Ind.Eng.Chem., Anal.Ed, 13, 632, 1941
- 20) R.Reed, Am.Ink Maker, 16(2), 1938
- 21) W.H.Banks and C.C.Mill, J.Colloid Science 8137, 1953
- 22) A.C.Zettlemoyer, Am.Ink Maker, 33(7).39, 1955
- 23) W.Mason, J.Colloid Sci., 3, 147, 1948
- 24) Ieyasu Ichikawa, Science in Paper, Ink and Printing, Bureau of Printing in Japan
- 25) C.C.Mill, J.Oil Col.Chem.Assoc., No.50, 396-406, 1967
- 26) A.F.Douglas and A.J.B.Spauull, The British Ink Maker, November, 15-18, 1969
- 27) Jan Mewis and Frans Dobbels, Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev., 20, 515-519, 1891
- 28) P.Oittinen and U.Lindqvist, Paperi ja puu, No6-7, 432-437, 1981
- 29) Y.P.Lee : Electrokinetic, Optical and Rheological Study of Ordered Polymer Colloids and its Rheological Implications on Printing, Ph,D.thesis, Lehigh University 1991

- 30) Y.H.Jeong, J.T.Youn and S.B.Kim A Study on the Rheological analysis of Tack Values using alhyl vanish for Printing Ink, pl J.Korean Printing Soc, Vol.8,No.1, 1990
- 31) S.M.Chou : Viscosity Measurment of Viscoelastic Inks at High Shear Rate, p388, TAGA Proceeding 1992
- 32) S.M.Chou, T.A.Fadner and L.J.Bain : Structural Recovery of Printing Inks Studied By Steady Shear Rheometry, p280, TAGA Proceeding 1990
- 33) A.N.Scarlatti : Lithographic Ink Vehicle constration, p28, Amercian Ink Máker Oct 1993