

# 스크린 인쇄 세정에 대한 세정공정 효율 연구

최성용·황성규·윤철훈

명지대학교 공과대학 화학공학과, 용인시 남동 산 38-2

(1997년 5월 20일 받음, 1997년 6월 15일 최종수정본 받음)

## Study on the efficiency of cleaning Process for Screen printing cleaning

*Sung-Yong Choi · Sung-kwy Hwang · Cheol-Hun Yoon*

Dept. of Chem. Eng., Myong Ji University, Yong-in City Nam Dong san 38-2

(Received 20 May 1997, in final form 15 June 1997)

### Abstract

The field of printing to use pressurized ink using screen gossamer that is called screen printing. Existing cleaning solvents for the screen printing are the organic solvents containing aromatic compounds and stench. Also, Cleaning method of screen printing are for the most part mixed cleaning method of dipping and polish. In this study, we measured the cleaning efficiency by gravimetric analysis and the property change of gossamer by image analyzer using existing cleaning solvent. Also, we investigated a new cleaning process showing excellent cleaning efficiency using the ultrasonic and vibration cleaning method instead of the existing mixed cleaning method.

### 1. 서 론

스크린인쇄에는 사용목적에 따라 다양한 용제가 사용되고 있다. 용제가 다양하므로 적절한 용제를 선택하여야 한다. 보통 사용되는 용제는 대부분이 인화성과 독성을 지니고

있으므로 취급에 주의하여야 한다. 양호한 용해도를 가지는 용제를 사용하는 이유로는 최소한의 용제를 사용하여야 하며 신속하게 용질을 제거하여야만 생산성을 극대화시킬 수 있다. 또한 피세정물의 오염물을 세척하는 세정공정은 제품의 품질을 결정하는 중요한 부분이다<sup>1)</sup>. 세정공정에서 이용되는 세정장치는 에너지와 용제의 손실을 최소화하고, 작업장 내에서 용이하게 작업하여야 한다. 세정장치는 피세정물을 세정하는 것 뿐아니라 이동시키는 유기적인 설비시설을 구비하여야 한다. 또한 사용한 세정제를 분리하여 재사용이 가능하도록 하며 저비용으로 오염물을 충분히 처리할 수 있어야 한다<sup>2-4)</sup>. 이러한 세정기술은 최적의 세정효과를 얻기 위해서 세정공정에 대한 지식과 다음의 조건에 유의하여야 한다<sup>5-8)</sup>. 피세정물에 요구되는 청결도, 세정제의 조성 및 영향, 세정온도와 세정시간과의 관계, 제작공정과 세정공정의 연계성 또한 경제성과 안전성에 대한 규격이 마련되어야 한다. 환경을 보호하고 작업조건을 개선하는 방향으로 새롭고 다양한 세정공정이 개발되고 있다. 현재 스크린인쇄에 사용하는 용제는 인화성을 지니고 있으며 작업 환경이 매우 열악하고 세정법인 침적과 닦아내기의 혼합세정 방식은 효율이 떨어지는 단점이 있다.

용해 작용은 용제가 용질을 녹이는 작용을 말하며 이는 분자의 총합에 의하여 일어나는 작용이다<sup>9-10)</sup>. 그러므로 용해 작용은 용질 용제간의 상호인력 작용, 극성, 분자량, 용제 활성기의 종류, 수, 용해도 파라미터등의 여러 인자가 상호영향을 주고받는 복잡한 현상이다<sup>11-13)</sup>. 특정물질에 대한 용제 선정 기준은 효율성, 안전성, 안정성, 경제성 등으로 나눌 수 있다. 스크린 인쇄잉크 용제는 비이클 성분에 대하여 적당한 용해력, 희석력과 증발 속도, 필요한 점도와 유동성을 줄 것, 안료에 영향을 주지 않을 것, 인쇄기에서 장애를 발생하지 않을 것, 인쇄물에 영향을 주지 않을 것과 같은 성능이 필요하다<sup>14-16)</sup>.

본 연구에서는 열악한 작업환경을 가진 기존의 스크린인쇄 용제를 사용하여 침적과 닦아내기의 혼합형태로 이루어진 현 세정공정을 대체할 초음파 및 초음파에 요동 장치가 혼합된 새로운 대체 세정공정을 제안하여 이에 대한 용해도 비교, 중량분석법에 의한 스크린인쇄 잉크의 세정효율, 스크린 시편의 물성 변화를 실험적으로 얻은 결과를 보고하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험재료 및 기기

본 실험에서 사용된 스크린인쇄 세정제는 (주)미농의 상용세정제를 사용하였고, 스크린인쇄 잉크는 현재 국내에서 사용중인 잉크를 표본 샘플링하였으며 잉크의 종류는 PV-15, BLACK, PVC 및 아크릴용 BLACK 이고, 물리·화학적 조성 및 물성은 다음과 같다.

Table 1. Hazardous ingredients

Item	Contents	Content percentage
Pigment	organic & inorganic pigment	10~17%
Vehicle	vinyl resin	15~20%
Solvent	iso-phorone, butyl acetate, cyclohexane	50~60%
Additives	silicone	trace

Table 2. Physical data

Item	Condition	Item	Condition
Boiling point(°C)	> 80	Specific gravity	1.090±0.5
Vapor pressure(mmHg)	1~5	Percent volatile by(wt)	55±5%
Vapor density(Air=1)	N/A	Evaporation rate	N/A
solubility in water	insoluble	Appearance and odor	paste, slight oder

본 실험에 사용된 스크린 시편의 분류 및 종류는 인조 섬유로서 Nylon(국산), Tetron(수입품, 일제)을, 금속 시편으로서 stainless steel(수입품, 일제) 또한, 세 종류의 스크린잉크 시편은 300×200mm규격의 나무틀에 스크린사를 staple로 단단하게 견장처리하여 세정 실험에 사용하였다.

분석기기로는 스크린 시편의 표면 세정력 및 스크린 사의 재질변성 분석에는 Image analyzer(Hi-Rox사)를 사용하여 비교분석을 하였다. 또한 중량분석법으로 세정효율의 측정을 위해 Chemical balance(Mettler HL52, 10<sup>-5</sup>g)을 사용하였다.

## 2.2 실험 방법

본 실험은 현재 사용중인 일반 침적세정과 닦아내기의 혼합 형태와 세정공정을 달리하여 세정효율을 높이기 위하여 초음파 및 초음파에 요동 세정장치를 혼합한 세정 시스템을 사용하여 기존의 침적 세정공정과 비교하였으며 세정력, 안정성 및 경제성을 비교하여 실험을 수행하였다. 또한, 세정효율과 스크린 시편의 세정력, 물성 및 조직의 변화를 비교분

석하였다. 즉, 동일한 피세정물을 이용하여 세정실험을 10회 반복 실험함으로써 피세정물의 무게편차에 따른 실험오차를 최소화하였다. 우선, 일정규격으로 동일하게 제작한 스크린 시편에 희석제로 희석시킨 스크린 잉크(오염물)를 스퀴즈를 이용하여 일정한 두께로 바르고서 실온에서 건조하였다.

한편, 대체 세정공정에서는 초음파 또는 초음파와 요동이 혼합된 세척조에 기존 스크린 잉크 세정제를 넣었다. 후에 건조시킨 피세정물을 초음파 또는 요동 세척조에 담구고서 세정실험을 수행하였다. 이때 스크린 세정제의 온도는 현재 사용 공정 온도인  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 이었다.

즉, 건조후 무게 측정이 끝난 피세정물을 일정한 온도로 유지되고 있는 대체 세정조에 일정시간 담구어서 세정실험을 실시하였다. 피세정물을 세정조에서 꺼내어 건조기에서 건조하여 중량 분석법에 의하여 세정효율을 측정하였다. 초기에 스크린 시편에 사용된 잉크의 양과 세정 후 제거된 잉크의 양으로써 세정 효율을 다음의 식에 의하여 계산하였고 이 세정효율에 의하여 기존 세정공정과 대체 세정공정의 세정성능을 비교하여 보았다.

$$\text{RE(Removal Efficiency, \%)} = \frac{\text{초기 스크린 잉크의 양} - \text{세정 후 잔류 스크린 잉크 양}}{\text{초기 스크린 잉크의 양}} \times 100$$

### 2.2.1 세정 실험 조건

본 실험에서의 실험변수들을 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Cleaning Experimental Condition.

Cleaning Solvent	Existing Solvent
Screen gossamer	Nylon, Tetron, Stainless steal
Contaminant (color)	PV-15, Ink for PVC or Acryl (Black)
Cleaning Method	Dipping, Vibration, Ultrasonic
Cleaning Temp.( $^\circ\text{C}$ )	25 $^\circ\text{C}$
Cleaning Time (min)	2, 4, 5
Number of Experiment	10 times

세정실험에서 process I, II와 온도의 조건중 1차 세정장치에 다주파식 초음파를 사용함으로써 공동효과가 고루 발생되어 오염물의 세정력을 극대화시켰다. 또한 실온에서 세

정실험을 함으로써 매우 안정적인 공정을 이룰 수 있었으며 process II의 경우 2차 세정장치에 up-down 요동장치를 가함으로써 초음파세정에 비해 세정력을 향상 시킬 수 있는 조건을 갖추었다. 본 실험의 세정 실험 조건은 다음과 같다.

<Process I · II Mixed Conditions>

① Cleaning I

- Ultra Sonic : Multi Frequency (28~40kHz), 1200W
- Solvent Temp. :  $25 \pm 2^\circ\text{C}$
- Cleaning Time : 2 min

② Cleaning II

- Ultra Sonic : Mono Frequency (28 kHz), 1200W
- Solvent Temp. :  $25 \pm 2^\circ\text{C}$
- Cleaning Time : 2 min

( Process II : Up-down/Vibration equipment )

③ Rinse

- Ultra Sonic : Mono Frequency (28 kHz), 1200W
- Solvent Temp. :  $25 \pm 2^\circ\text{C}$
- Cleaning Time : 1 min

④ Drying

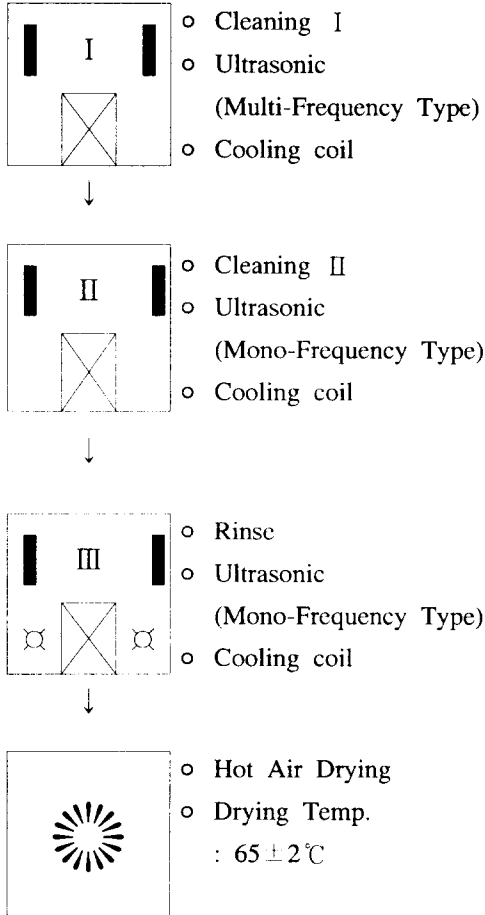
- Drying Type : Hot Air Drying
- Drying Temp. :  $65 \pm 2^\circ\text{C}$
- Drying Time : 3 min

### 2.2.2 스크린인쇄 세정장치 공정도

기존의 스크린인쇄 세정법은 침적과 닦아내기의 혼합세정법이다. 본 실험에서는 세정효율을 높이기 위해 초음파 및 요동 세정법을 도입하여 다음과 같은 세정공정도에 의하여 실험을 하였다. 그림에서와 같이 전반적인 세정공정 차례는 1차, 2차 세정, 린스, 건조 순이다. process I은 초음파 세정공정도이다. process II는 초음파 세정 부분에서 2차 세정시 up-down 요동세정을 추가한 세정공정도이다. 또한 대체 세정공정에서 1, 2차 세정조 및 린스조에 냉각코일을 부착하여 세정제의 증발에 대한 손실, 환경 및 인체에 대한 안전성을 고려한 대체 세정공정 시스템이다.

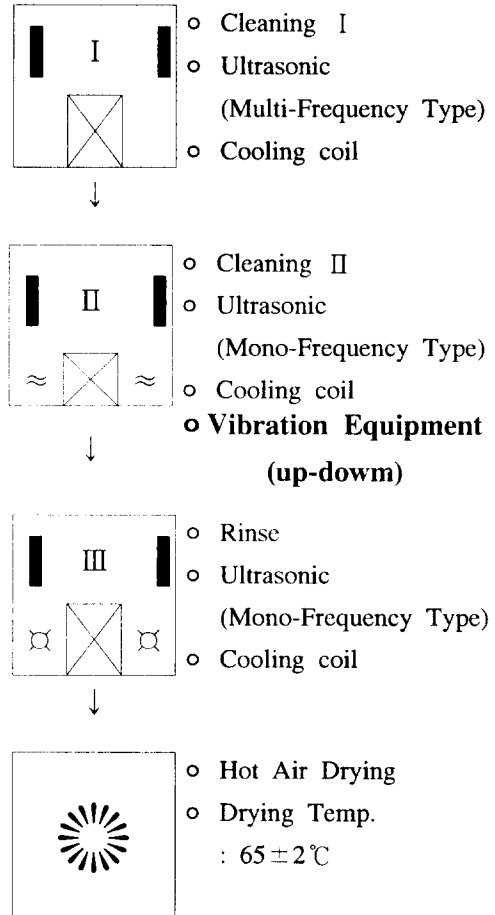
<Process I :

Ultra Sonic Cleaning Equipment >



<Process II :

Ultra Sonic + Vibration Cleaning Equipment >



### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 시간에 따른 세정제의 화상해석장치에 의한 표면 세정력 분석

스크린 시편의 표면을 세정시간에 따라 분석하기 위해 Image analyzer를 400배로 확대하여 세종류의 시편 표면을 확인하였고 Fig. 1~2에 stainless steel에 대해 초음파와 요동의 혼합공정에서의 스크린 시편 변화를 나타내었다. (a)는 세정 전 상태이고, (b)는 1차 세

정 후, (c)는 2차 세정 후, (d)는 시편을 건조한 후의 최종 상태를 나타낸 것이다. 특히, Fig. 1 (b)의 경우 기존의 세정 방법과 시간 보다도 다중 초음파 세정장치와 2분 정도의 세정시간만으로도 우수한 세정력을 나타내고 있다. Fig. 1~2에 나타낸 것과 같이 (a)~(d) 단계로 진행할수록 스크린사의 미세부분에 잔존하는 잉크(오염물)까지도 제거되는 것을 관찰 할 수 있다. 이와같이 시편 표면을 분석한 결과, 시간에 따른 세정력이 대체 세정공정에 의해 우수하게 나타남을 확인할 수 있었다.

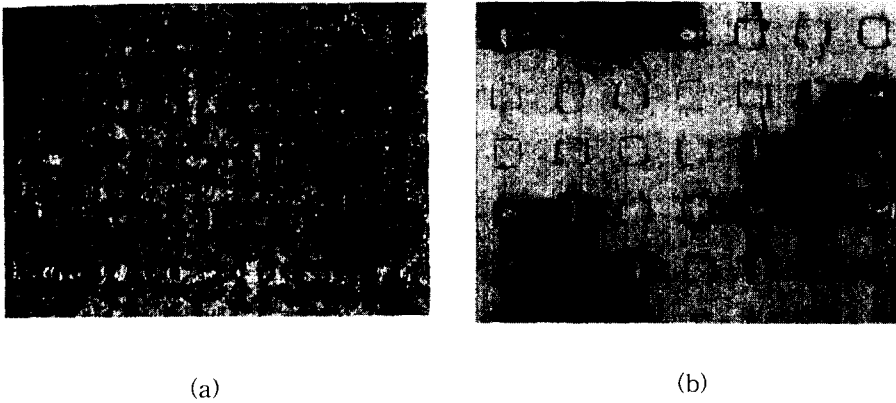


Fig. 1 Image analyzer photograph showing before cleaning(a) and after 1st cleaning(b) for contaminant(ink) of stainless steel screen gossamer.

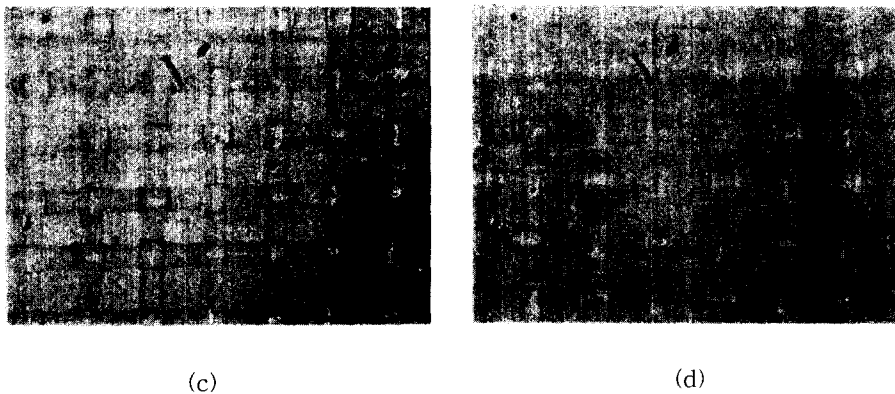


Fig. 2 Image analyzer photograph showing after 2nd cleaning(c) and drying(d) for contaminant(ink) of stainless steel screen gossamer.

### 3.2 세정 효율 비교, 분석

기존의 침적과 닦아내기의 혼합 세정법과 초음파, 요동세정을 실시한 경우의 세정효율의 결과를 Table 4와 Fig. 3~5에 나타내었다. 1차 세정에서부터 침적세정 보다 초음파세정시 세정력의 차이를 나타내었으며 스크린 사의 종류에 의하여도 세정력의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 특히, 섬유사인 nylon, teron보다는 금속사인 stainless steel이 우수한 세정력을 나타내었다. 이는 스크린 사의 표면재질 차이에 의한 것이라 생각된다. 침적 세정과 각 스크린 시편에 대하여 중량 분석법으로 세정효율을 비교한 결과, 기존의 침적 세정 효율 보다 대체 세정공정을 이용함에 따라 스크린 사의 미세부분까지 용제가 침투하여 잉크를 제거하므로 15~20% 정도 세정 효율이 증가함을 알 수 있었고, 또한 Fig. 3~5에서와 같이 세정공정의 인자 변화에 따라 스크린 인쇄의 세정효율이 변화됨을 예상할 수 있었다.

결과에서 보듯이 초음파, 요동세정의 경우 세정효율이 기존의 혼합 세정방법보다 우수하며 세정공정에 의하여 세정력의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 그밖의 방법으로는 고압분사, 샤워, 증기세정 등의 세정방법을 고려할 수 있으나 인화성 세정제와 경제적인 문제가 있으므로 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다. 그러므로 물리적 세정공정을 세정성, 안정성 및 경제성에 맞추어 최적의 공정도 설계 및 방법을 유효 적절히 선정하여 이를 스크린인쇄 세정공정 설계에 적용하는 것이 중요하다.

Table 4. Cleaning efficiency of existing solvent to dipping, ultrasonic and ultrasonic + vibration cleaning process system.

Material Time [min]	Nylon			stainless steel			Tetron		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	0.44093	0.41931	0.48007	0.70107	0.67203	0.68935	0.48218	0.43912	0.48767
2	0.31725 (28.05%)	0.23096 (44.92%)	0.26658 (44.47%)	0.04783 (31.77%)	0.32318 (51.91%)	0.32999 (52.13%)	0.31935 (33.77%)	0.23616 (46.22%)	0.27144 (44.34%)
4	0.19295 (56.24%)	0.10982 (73.81%)	0.08574 (82.14%)	0.26507 (62.19%)	0.13891 (79.33%)	0.09038 (86.89%)	0.17729 (63.23%)	0.11606 (73.57%)	0.08300 (82.98%)
5	0.11892 (73.03%)	0.05099 (87.84%)	0.03000 (93.75%)	0.14603 (79.17%)	0.06525 (90.29%)	0.00931 (98.65%)	0.10613 (77.99%)	0.04453 (89.86%)	0.02843 (94.17%)

\* 2 : 1st cleaning, 4 : 2nd cleaning, 5 : Rinse

A : dipping, B : ultrasonic(process I), C : ultrasonic + vibration(process II)



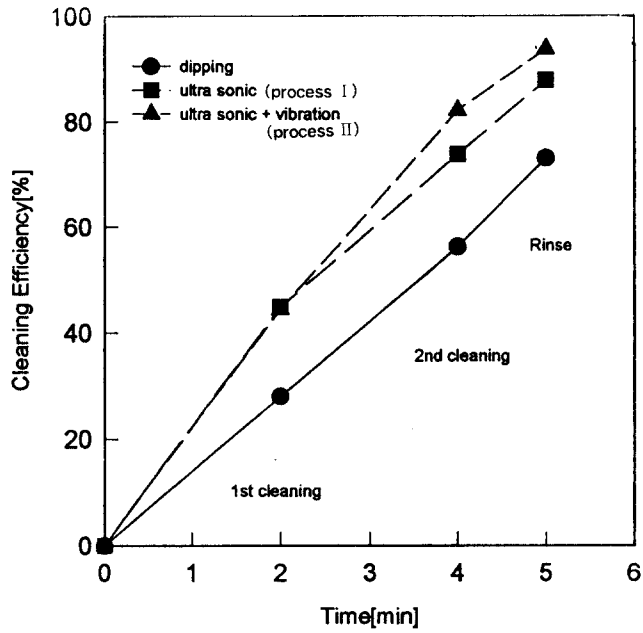


Fig. 3. The plot of Nylon screen cleaning efficiency vs. times.

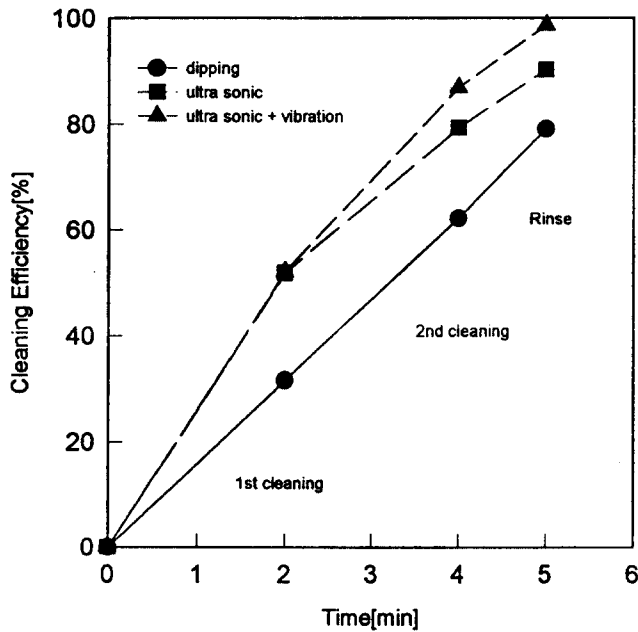


Fig. 4. The plot of Stainless steel screen cleaning efficiency vs. times.

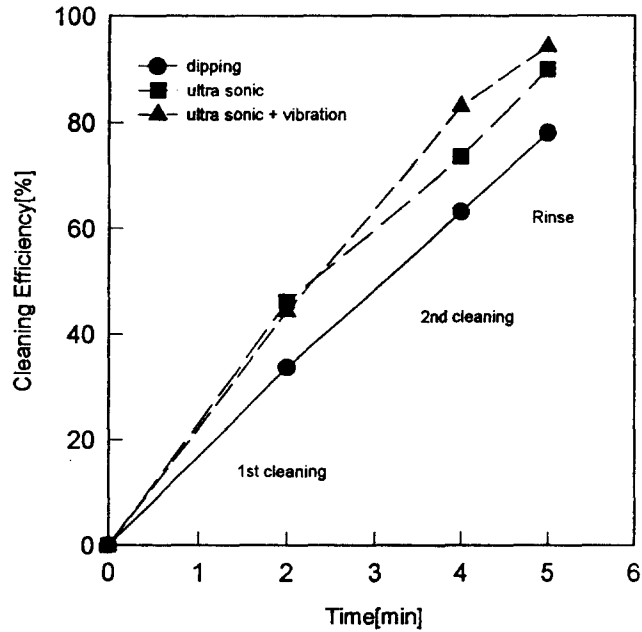
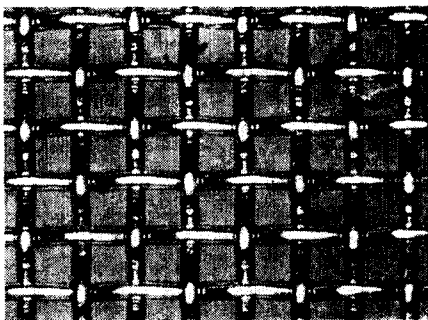


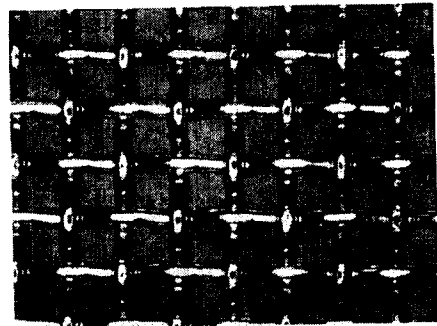
Fig. 5. The plot of Tetron screen cleaning efficiency vs. times.

### 3.3 세정 후 스크린 시편에 대한 안정성 분석

스크린인쇄 잉크를 세정 후 시편의 물성 및 안정성을 Image analyzer로 분석한 결과, Fig. 6에 나타난 바와 같이 각 스크린 시편의 물성에 전혀 영향을 주지 않았으며 또한 시편 조직에 대한 안정성도 양호하게 나타남을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

Fig. 6 Image analysis to the stability before cleaning(a) and after cleaning(b) of stainless steel screen gossamer cleaning.

## 4. 결 론

본 연구에서 스크린인쇄 잉크에 대한 기존 세정방식인 침적 세정과 닦아내기에 의한 혼합 세정보다 물리·화학적 방법이 첨가된 초음파 및 초음파 요동세정 장치를 사용함으로써 세정 효율에 대하여 검토해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 세정방식(침적)을 사용할 때 보다 초음파, 요동세정공정을 사용하였을 경우 15~20%정도 우수한 세정 효율을 나타내었으며 각 스크린 시편의 물성과 안정성에 영향을 주지 않았다.
- 2) 기존의 세정공정보다 본 실험의 세정공정 시스템을 사용할 때 세정시간이 단축되어 작업효율을 향상시킬 수 있다.
- 3) 본 실험에 사용된 세정제 또한, 인체 및 환경에 대한 안정성을 완전히 배제할 수 없으므로 앞으로 무해, 무독성의 대체 세정제와 대체 세정장치의 개발연구에 노력을 기울여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. E. W. Flick, Industrial Solvent Handbook, 4th ed., Noyes Data Corp.(1991)
2. 本堂義和, 洗淨設計, Winter, 35(1992)
3. 山田 登, 潤滑經濟, 12, 35(1993)
4. 祥野 俊一郎, 洗淨設計, Winter, 2(1993)
5. J. B. Dukee, "Equiping for Cosolvent Cleaning, Rinsing and Drying-Part I", Precision Cleaning, October, 13(1994)
6. J. B. Dukee, *ibid.*, November-December, 19(1994)
7. 化學經濟レポート, "溶劑新動向・中小企業での早期轉換が急務-代替 洗淨分野の 動向(上)", No. 168(1994)
8. 有機合成化學協議會編, "新版溶劑ハンドブック", オーム社(1994)
9. R. Christian, "Solvent Effects in Organic Chemistry", VCH, Germany(1988)
10. D. Henderson, Phys. Chem., Vol. 8, Academic Press, London, New York(1971)
11. R. Atkinson, Chem. Rev., 85, 69~201(1985)
12. P. H. Howard, GW. Sage, A. Lamacchia and Colb, A. J. Chem. Inf. Comput. Sci., 22, 38~44(1982)

12. 한국인쇄학회지 제 15 권 제 1 호 1997.
13. D. Roy and Thodos, G. I & EC Fund., 9, 71 ~78(1970)
14. 양봉석, 신 스크린인쇄 기술, 부림 출판사, 서울(1991)
15. 옥영건, 잉크공학, 부경대학교 출판부, 부산(1991)
16. 양봉석, 스크린인쇄 기법, 수서원, 서울(1992)