

## 1,1,1-TCE, CFC-113 대체세정제를 이용한 스크린인쇄 세정연구

이기창 · 윤철훈 · 황성규 · 오세영 · 이석우\* · 류정욱\*\*

명지대학교 화학공학과  
\*국립기술품질원 유기화학과  
\*\*동아전문대학교 공업화학과

### Study on the Cleaning Screen Printing using Alternative Cleaning Solvent of 1,1,1-TCE, CFC-113

Lee, Ki-Chang · Yoon, Cheol-Hun · Hwang, Sung-Kwy  
Oh, Se-young · Lee, Seok-Woo\* · Ryu, Jung-Wok\*\*

*Dept. of Chemical Engineering, Myong Ji University*  
*\*National Institute of Technology & Quality, Organic Chemical Division*  
*\*\*Dept. of Industry and Chemistry, Dong-A Junior College*

(Received Jun., 17, 1997)

#### ABSTRACT

The field of printing use to pressurization ink using screen gassamer that is called screen printing. Existing cleaning solvent using screen printing are the organic solvents including aromatic compounds carried with poisonous and stench. Besides, cleaning method of current screen printing are for the most part mixed cleaning method of dipping and polish. Using 1,1,1-TCE, CFC-113 alternative system cleaning solvent be substituted for existing cleaning solvent against screen printing ink measured the cleaning efficiency according to gravimetric analysis method and property change of gas-samer according to Image Analyzer. Also, Cleaning process system carry with excellent cleaning efficiency studied which was proposed new cleaning process including ultrasonic and vibration cleaning process be substituted for existing mixed cleaning method of dipping and polish.

#### I. 서 론

스크린인쇄에는 사용목적에 따라 다양한 용제가 사용되므로 적절한 용제를 선택하여야 한다. 스크린인쇄 용제는 비이클에 대하여 적당한 용해력과 증발 속도, 필요한 점도와 유동성을 줄 것, 안료에 영향을

주지 않을 것, 인쇄기와 인쇄물에 영향을 주지 않을 것과 같은 성능이 필요하다<sup>1)</sup>. 용제는 액상의 상태로 존재하며 무엇인가를 용해할 수 있거나 용해하는 데 사용하는 물질로서 과도하게 존재하는 용액의 성분으로 정의한다. 넓은 의미로 플라스틱용의 가소제, 액체금속까지도 포함되어 있지만 보통 유기용제를 의미한다. 용제는 대부분이 인화성과 독성을 지니고

있으므로 취급에 주의하여야 한다. 용해작용은 용제가 용질을 녹이는 작용을 말하며 분자의 총합에 의하여 일어나는 작용이다<sup>2)</sup>. 그러므로 용질, 용제간의 상호인력작용, 극성, 분자량, 활성기의 종류, 수, 용해도 파라미터 등의 여러 인자가 상호영향을 주고받는 복잡한 현상이다<sup>3)</sup>. 용제 선정기준은 효율성, 안전성, 안정성, 경제성 등으로 나눌 수 있다. 양호한 용해도를 가지는 용제를 사용하는 이유로는 최소한의 용제를 사용하여야 하며 신속하게 용질을 제거하여야만 생산성을 극대화시킬 수 있기 때문이다. 또한 오염물을 세척하는 세정공정은 제품의 품질을 결정하는 중요한 부분이다<sup>4)</sup>. 1,1,1-TCE, CFC-113 대체세정제에는 방향족 함량(AC), 오존층 파괴지수(ODP)가 거의 없는 물질로 수계, 준수계, 탄화수소계, 알코올계, 염소계, 불소계 등이 있으며 각 계열로 상품화되어 시판되고 있으며 그 종류는 매우 다양하다<sup>5-8)</sup>. 대체세정제는 기존세정제에 비하여 세정효율이 떨어지는 단점을 보완하기 위하여 다양한 세정장치가 개발되어 있다. 세정장치는 에너지와 용제의 손실을 최소화하고, 작업장내에서 용이하게 조업하여야 하며 피세정물을 세정하는 것 뿐 아니라 이동시키는 유기적인 설비를 구비하여야 하고, 재사용이 가능하며 저비용으로 오염물을 충분히 처리할 수 있어야 한다. 최적의 세정효율을 얻기 위하여 세정공정에 대한 지식과 피세정물에 요구되는 청결도, 세정제의 조성과의 영향, 온도와 시간과의 관계, 제작공정과의 연계성과 경제성과 안전성에 대한 규격이 마련되어야 한다<sup>9)</sup>. 환경을 보호하고 작업조건을 개선하는 방향으로 새롭고 다양한 세정공정이 개발되고 있다. 스크린인쇄에서 사용하는 세정제는 MIBK, BTX 그 밖의 유기용제 등이 혼합되어 있는 혼합용제이다<sup>10)</sup>. 그러므로 악취, 독성과 인화성을 지니고 있어서 작업환경이 열악하고 침적과 닦아내기의 세정방식으로 인하여 작업효율이 떨어지는 단점이 있다.

본 연구에서는 열악한 작업환경을 가진 기존의 스크린인쇄 세정제를 대체할 새로운 대체세정제를 1,1,1-TCE 또는 CFC-113 대체세정제로서 상용되고 있는 탄화수소, 염소계 중에서 선정하였다. 또한, 침적과 면포를 이용한 닦아내기의 기존 세정방식을 개선하기 위하여 저렴한 비용으로 운전 가능한 초음

량분석법에 의한 스크린인쇄의 세정효율, 스크린사의 물성변화를 실험적으로 구하여 현재의 세정방법을 대체할 새로운 대체세정공정 시스템을 제안하여 보았다.

## II. 실험

### 1. 실험 재료 및 분석 기기

본 실험에서 사용된 스크린잉크(오염물)는 상용되고 있는 PV-15, PVC 및 Acryl용 BLACK이고, 일반적으로 조성은 안료(5~40%) + 수지(10~30%) + 용제(20~60%) + 조제(1~5%)로 나누어지며 그라비아잉크와 조성이 유사하다고 알려져 있는데<sup>10)</sup> GC와 IR로서 분석한 결과 조성은 다음과 같다.

Table 1. Hazardous ingredients

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

본 실험에 사용된 스크린사는 스크린인쇄에서 상용되는 섬유로서 Nylon, Tetron을, 금속시편으로서 Stainless steel을 사용하였다. 스크린사를 틀에 밀착시킬 때(사매기) 사가 틀에 일정하게 팽팽하도록 처리해야 하는 데는 Staple을 이용하는 법과 Shellac용액을 바르고서 열을 가하여 고착시키는 방법이 있다<sup>10)</sup>. 실험에 사용한 세 종류의 스크린사 시편은 Staple을 이용하는 법으로 300×200mm 규격의 나무틀에 스크린사를 Staple로 단단하게 사매기하여 세정실험에 사용하였다. 또한 본 실험에 사용한 대체세정제의 대조 세정제로 현재 상용되고 있는 스크린인쇄 세정제를 사용하였다.

분석기기로는 스크린시편의 표면 세정력 및 스크린사의 재질 변성분석에는 Image analyzer(Hi-Rox사)를 사용하였으며 또한 중량분석법(10<sup>-5</sup>g)으로 세정효율의 측정을 위해 Chemical balance

(Mettler HL52)를 사용하였다.

2. 스크린인쇄 대체세정제

기존의 스크린인쇄 세정제는 작업시 인화성과 환경적 측면에서 여러 문제점이 있다. 그러므로 1,1,1-TCE, CFC-113 대체세정제로 사용되는 염소계와 탄화수소계 중에서 선택하여 본 실험에 사용하였다<sup>11)</sup>. 1,1,1-TCE, CFC-113 대체용 염소계 세정제는 고순도의 메틸렌 클로라이드에 안정제를 첨가하여 제조한다. 불연성이며 회수, 재생이 가능하고 오염물에 대한 세정력이 우수하다. 그러나 용제의 손실이 많고 플라스틱 부품은 일부 침식되기도 한다는 단점이 있다. 1,1,1-TCE, CFC-113 대체용 탄화수소계 세정제는 석유를 직접 증류한 후 방향족과 올레핀성분 등을 제거하고 황분 함량을 낮추는 등의 정제과정을 거쳐서 일반적으로 제조한다. 방향족 성분이 많을수록 용해력은 증가하나 냄새와 독성이 강하고 이중결합 성분인 올레핀은 산화, 냄새, 변색의 원인이 된다. 또한, 표면장력이 낮아서 미세부분의 침투가 용이하고 환경 및 인체에 대한 안전성의 문제가 비교적 적고 오염물에 대한 세정력이 우수하다. 그러나 인화성과 건조시간이 늦다는 단점이 있다.

스크린인쇄 잉크의 대체세정제로 사용한 세정제의 물리, 화학적 물성은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical & Chemical properties of alternatives cleaning solvents

Item	Sample	Alternatives cleaning Solvent		Units
		Chlorine hydrocarbon		
Boiling point	40.4	168~190		℃
Aromatic content	-	0.010833		ppm
Surface tension	29.46	28.9		dyne/cm, 25℃
ODP	0.007	0		-
Flash point	-	71		℃
KB value	136	200~		-
Total sulfur		0.06		ppm
Refractive index	1.4234	1.4250		-
Aniline point(AP)	-42.5	-20		℃
Specific gravity	1.327	0.937		20/4℃
Vapor pressure	348.9	0.3		25℃, mmHg

Table 2에서와 같이 기존 세정제와는 달리 방향족 함량이 거의 없으므로 BTX에 의한 악취가 적은 편이며 오존파괴지수(ODP)가 존재치 않으므로 환경에 영향이 적다. 한편, KB(Kauri Butanol)값은 용해력을 나타내는 값으로 KB값이 클수록 용해력이 크다. 본 실험에 사용한 대체세정제는 KB값이 높으므로 용해력이 비교적 우수하다고 볼 수 있다. 그리고 세정제의 아닐린에 대한 용해도를 나타내는 AP지수는 낮을수록 용해도가 큰 것으로 알려져 있는데 AP지수 역시 비교적 낮다. 이와같이 본 실험에서 사용된 대체세정제는 인체·환경에 대한 안전성, 오존층 파괴에 대한 보호, 세정력을 고려하여 실험을 수행하였다.

3. 실험 방법

1) 실험 조건

본 실험은 기존 스크린인쇄 세정법과 공정을 달리 하여 세정효율을 높이기 위하여 초음파 세정장치를 도입한 대체세정 시스템을 사용하여 스크린 시편의 세정력, 물성 및 조직의 변화를 비교·분석하였다. 즉, 동일한 피세정물을 이용하여 세정실험을 5회 반복 실험함으로써 피세정물의 무게 편차에 따른 실험 오차를 최소화하였다. 우선, 일정규격으로 동일하게 제작한 스크린 시편에 잉크(오염물)를 스퀴즈를 이용하여 일정한 두께로 바르고 실온에서 건조시킨 후에 피세정물을 세정조에 담그어서 세정실험을 수행하였다. 후에 피세정물을 세정조에서 꺼내어 건조기에서 건조하여 중량분석법(10<sup>-5</sup>g)에 의하여 세정효율을 측정하였다. 초기에 도포된 잉크의 양과 세정 후 제거된 잉크의 양으로써 세정효율을 다음의 식에 의하여 계산하였고 이 세정효율에 의하여 기존세정제와 대체세정제의 세정효율을 비교하여 보았다.

$$RE(\text{Removal Efficiency, \%}) = \frac{\text{도포된 오염물(잉크) 총량} - \text{세정 후 잔류 오염물량}}{\text{도포된 오염물(잉크) 총량}} \times 100$$

2) 대체세정공정도

기존의 스크린인쇄 세정법은 침적과 면포를 이용한 닦아내기의 혼합세정법이다. 그러나 본 실험에서는 세정효율을 높이기 위해 기존세정제도 초음파 세

정법을 도입하여 다음과 같은 세정공정도에 의하여 실험을 하였다. 그림에서와 같이 전반적인 세정공정 차례는 1차, 2차 세정, 린스, 건조 순이다. 이 때 세정실험 온도는 염소계 세정제의 경우 기존 스크린 세정공정 온도인  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 이었으며 건조시간은 3분이었다. 탄화수소계의 경우는 기존 온도에서는 세정력을 나타내지 않으므로 가온( $50 \pm 2^\circ\text{C}$ )하여 실험하였다. 건조시에도 탄화수소계는 건조가 늦다는 단점이 있으므로 15분의 건조시간을 주었다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. Image analyzer에 의한 대체세정제의 표면 세정력 비교

시편 표면을 공정에 따라 분석하기 위해 Image analyzer를 400배로 확대하여 3종의 스크린 시편 표면을 확인하였고 Fig. 1에 Stainless steel 시편의

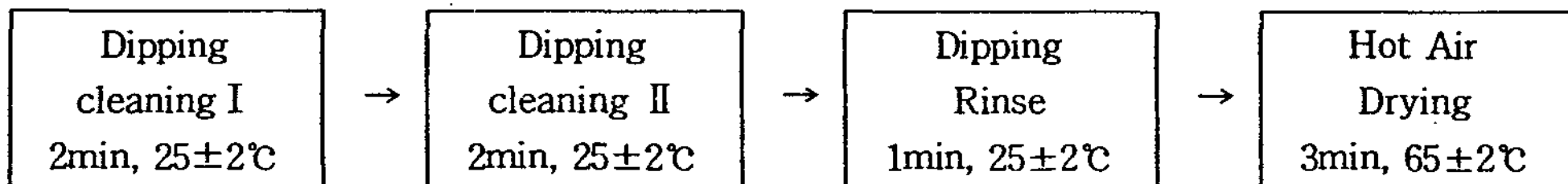
염소계 세정제에 의한 대체세정공정에서의 세정력 변화를 나타내었다. (a)는 세정 전 상태이고, (b)는 1차 세정 후, (c)는 2차 세정 후, (d)는 시편을 건조한 후의 최종상태를 나타낸 것이다. 시편 표면을 분석한 결과, 세정력이 대체세정공정에 의해 우수하게 나타남을 확인할 수 있었다.

#### 2. 세정효율에 대한 연구

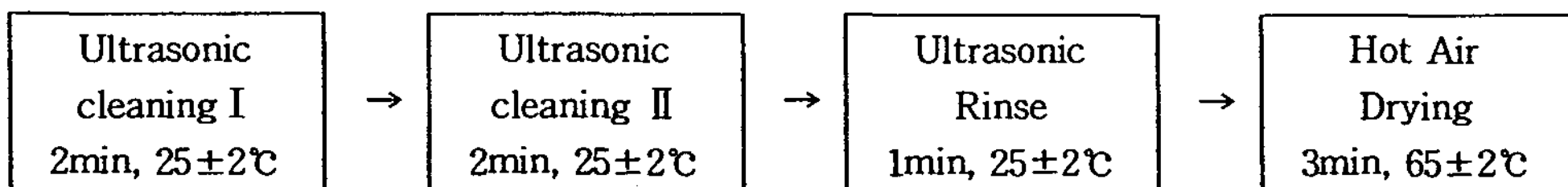
각 스크린 시편에 대하여 중량 분석법( $10^{-5}\text{g}$ )으로 기존의 스크린인쇄 세정법과 대체세정제와 대체세정공정을 실시한 경우의 세정효율을 Table 3과 Fig. 2~4에 나타내었다.

염소계 대체세정제의 경우, 실온에서 기존세정제에 의한 침적공정보다 17~21% 증가되었고, 기존세정제에 의한 초음파공정보다는 2~6% 증가하였다. 탄화수소계의 경우 최종 세정효율면에서 기존세정제에 의한 침적공정보다 18~22% 증가되었고, 기존

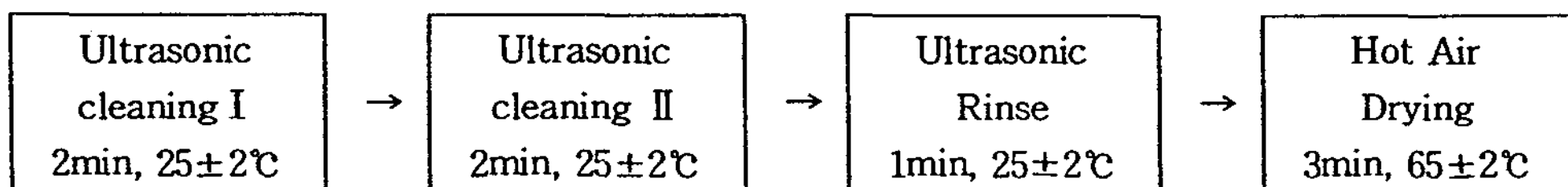
[Existing solvent and existing process(dipping)]



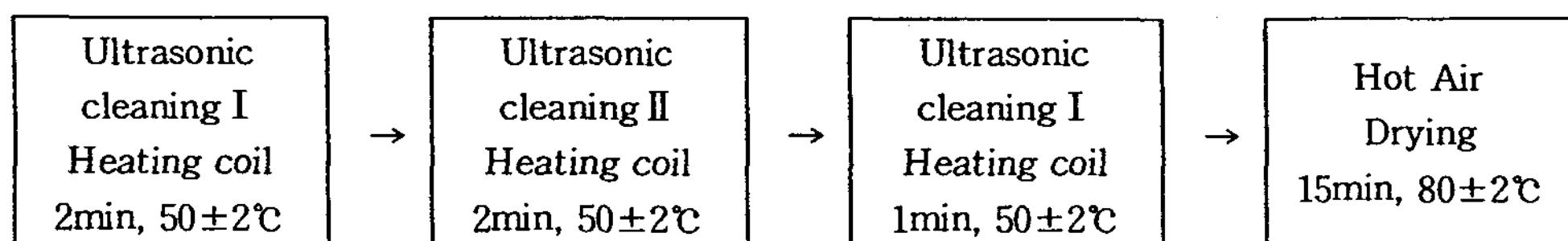
[Existing solvent and alternative process]



[Chlorine system solvent and alternative process]



[Hydrocarbon system solvent and alternative process]



Scheme 1.

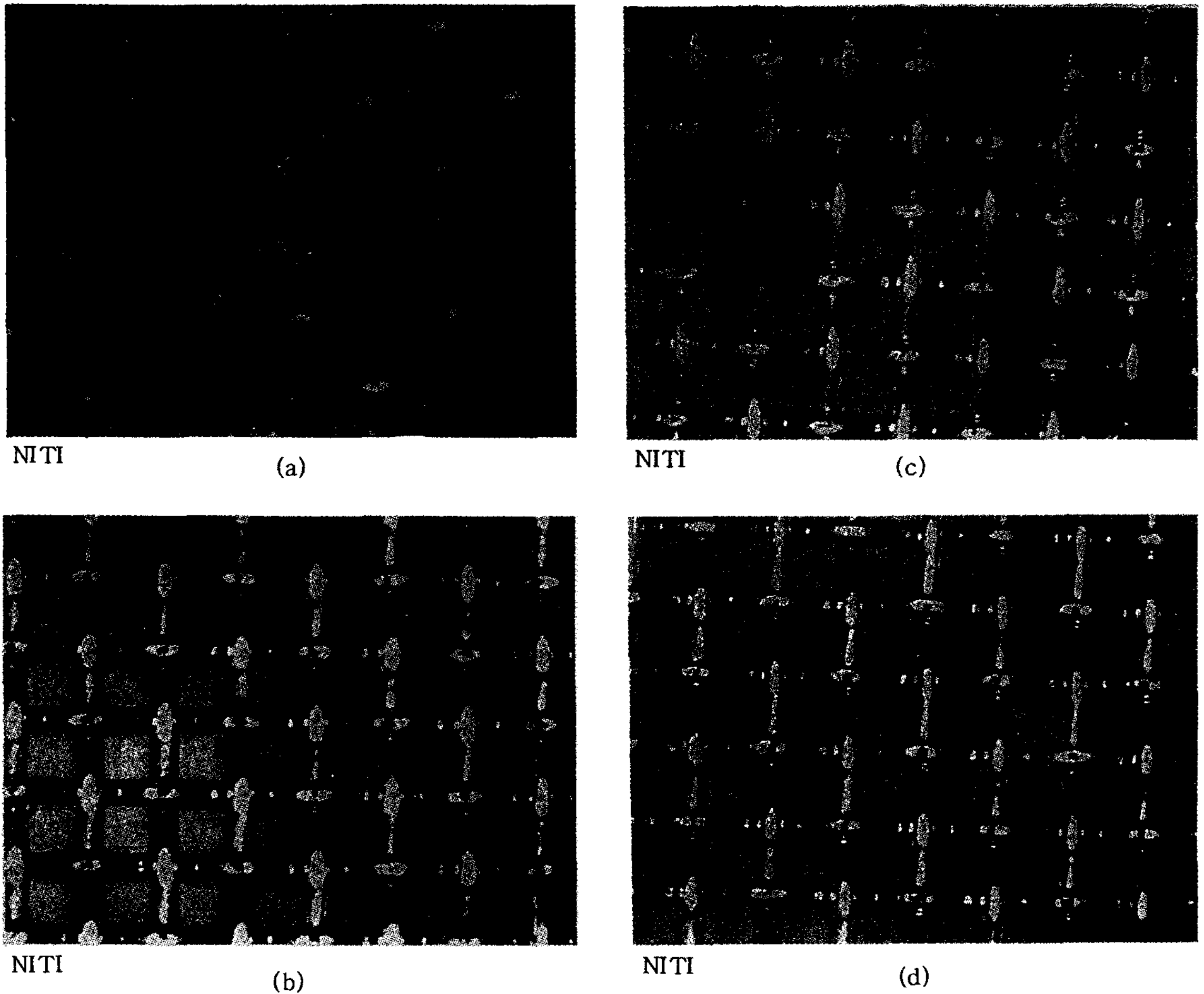


Fig. 1. Image analyzer photograph showing before cleaning(a), after 1st cleaning(b), 2nd cleaning(c) and drying(d) for contaminant(ink) of stainless steel screen gossamer by alternative cleaning solvent (chlorine) and process.

세정제에 의한 초음파공정보다는 3~7% 증가하였다. 이는 세정공정 온도가  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  가온되므로 오염물의 점도가 저하되 세정력이 증대되는 것이라 생각된다. 또한 1차 세정에서의 세정효율이 93~96%의 높은 세정효율을 얻을 수 있으며 최종 공정까지의 세정효율이 1~2% 증가되는 효과가 있을 뿐이므로 1차 세정만으로도 기존세정제에 준하는 효과를 얻을 수 있었다. Table 3의 결과에서 보듯이 초음파세정의 경우 세정효율이 기존의 세정방법보다 우수하며 대체세정제와 대체세정공정에 의하여 세정력의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 그러므로 세정공정을

세정성, 안정성 및 경제성에 맞추어 최적의 공정도 설계 및 방법을 유효 적절히 선정하여 이를 스크린인쇄 세정공정 설계에 적용하는 것이 중요하다.

### 3. 대체세정제 사용후 스크린 사에 대한 안정성

스크린잉크를 세정 후 대체세정제와 대체세정공정으로 인한 스크린사 시편조직의 균열 및 변색과 같은 시편의 물성 및 안정성을 관찰한 결과, Fig. 5에 나타난 바와 같이 각 스크린 시편의 물성과 안정성에 전혀 영향을 주지 않았음을 확인할 수 있었다. 그러나 염소계 세정제의 경우, Shellac 용액으로 사

Table 3. Cleaning efficiency of alternative solvent and process by gravimetric analysis method

	Process		Dipping		Ultrasonic	
	Screen Cleaning	Solvent	Existing	Existing	Chlorine	Hydrocarbons
Nylon	A	0.64139	0.65325	0.48276	0.63505	
	B	0.46146 (28.05313%)	0.32219 (50.67891%)	0.23620 (51.07300%)	0.04100 (93.54382%)	
	C	0.28059 (56.25283%)	0.13066 (79.79847%)	0.07655 (84.14326%)	0.03336 (94.74687%)	
	D	0.17222 (73.14894%)	0.05167 (92.09032%)	0.02824 (94.15030%)	0.02844 (95.52161%)	
Tetron	A	0.58124	0.60888	0.54330	0.53287	
	B	0.39071 (32.77992%)	0.32696 (46.30141%)	0.28795 (46.99982%)	0.02510 (95.28966%)	
	C	0.21319 (63.32152%)	0.15472 (74.58941%)	0.09853 (81.86453%)	0.02286 (95.71002%)	
	D	0.12451 (78.57856%)	0.06214 (89.79438%)	0.02217 (95.91938%)	0.01939 (96.36121%)	
Stainless steel	A	0.62017	0.67125	0.65938	0.60729	
	B	0.42294 (31.80257%)	0.32219 (52.00149%)	0.20390 (69.07701%)	0.02098 (96.54531%)	
	C	0.23437 (62.20875%)	0.13066 (80.53482%)	0.08118 (87.68843%)	0.01951 (96.78737%)	
	D	0.12899 (79.20086%)	0.05167 (92.30242%)	0.01874 (97.15794%)	0.00820 (98.64974%)	

A : before cleaning B : 1st cleaning C : 2nd cleaning D : rinse



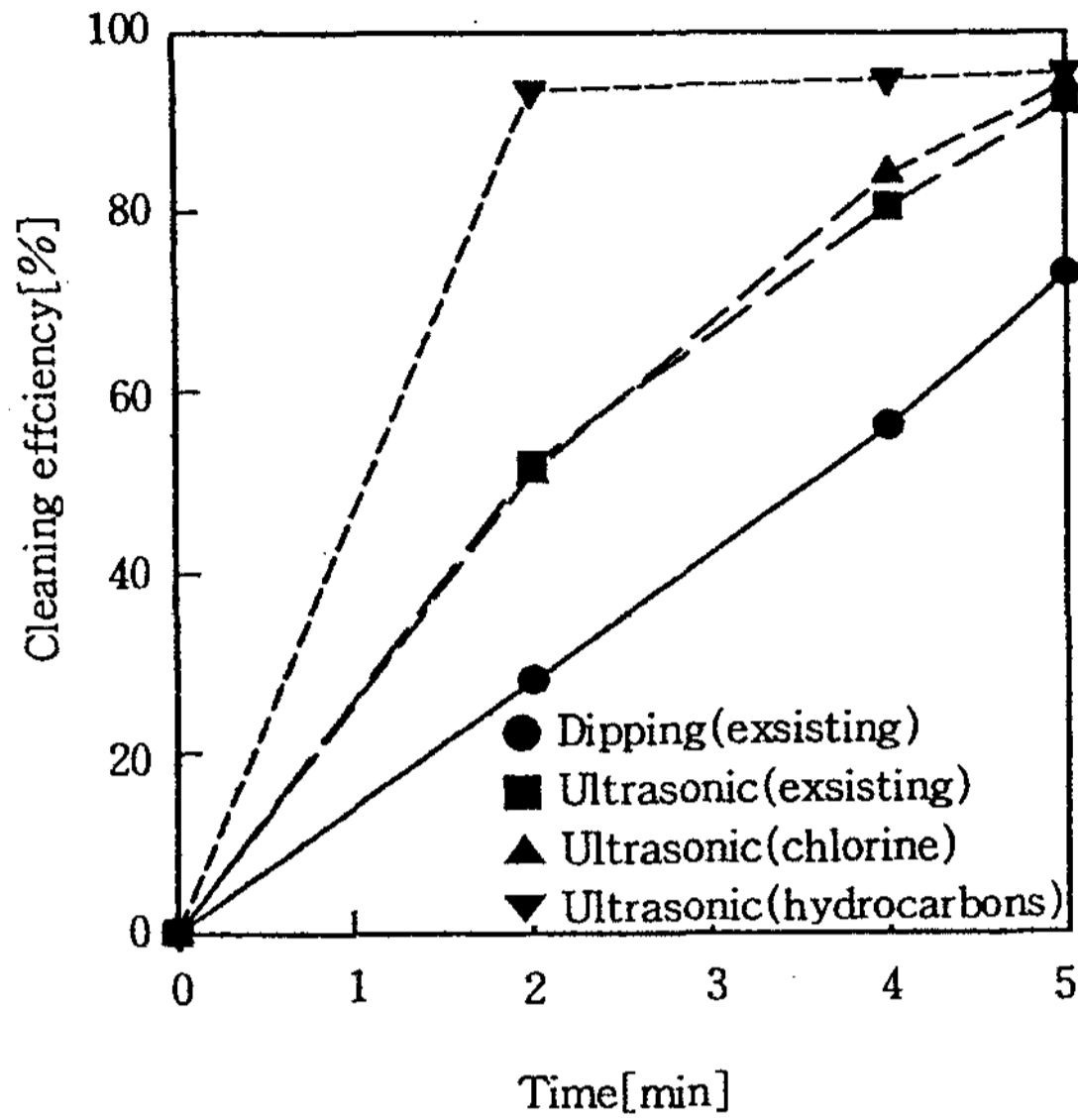


Fig. 2. Cleaning efficiency vs. process of Nylon screen gossamer by gravimetric analysis method.

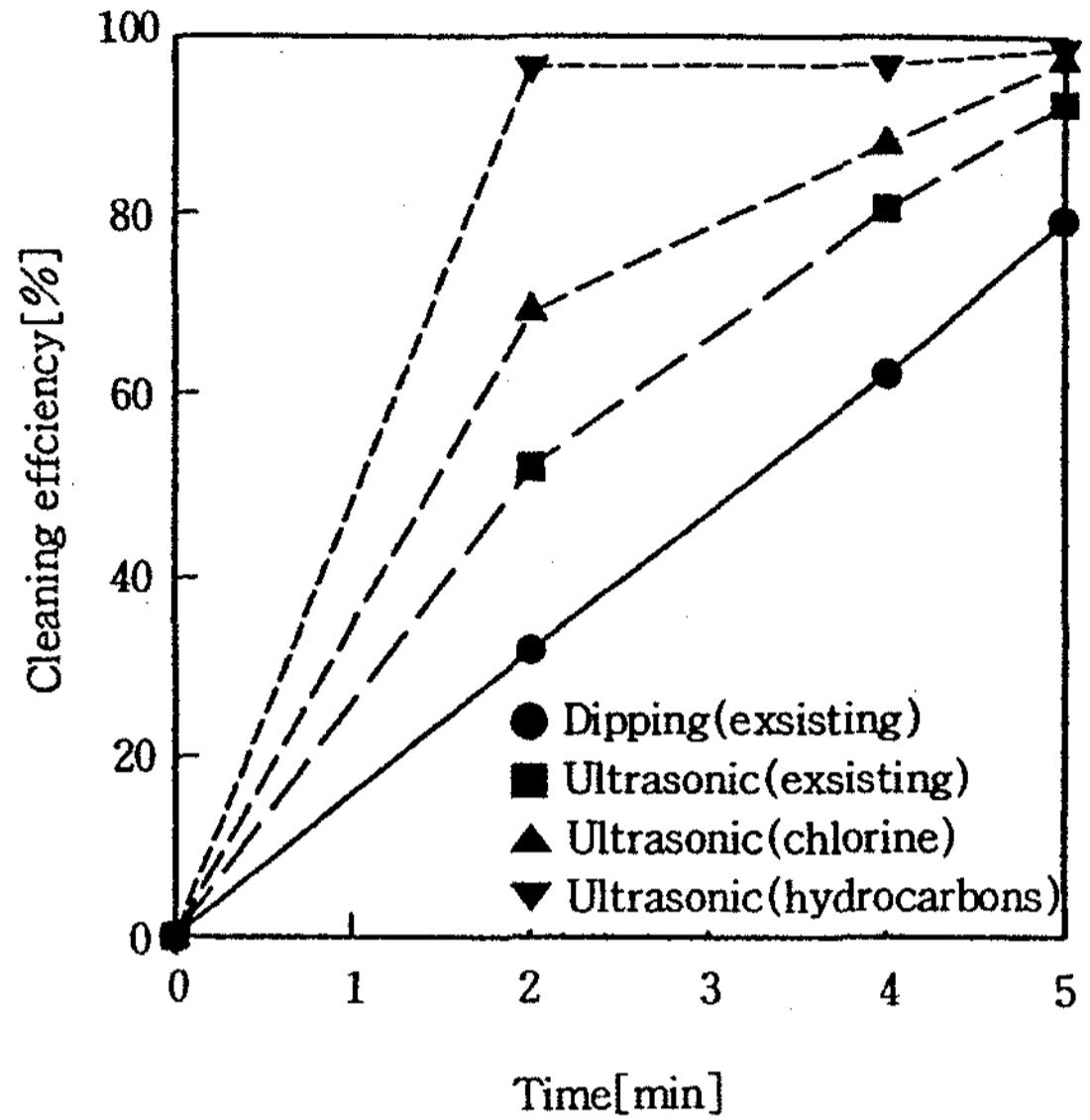


Fig. 4. Cleaning efficiency vs. process of Stainless steel screen gossamer by gravimetric analysis method.

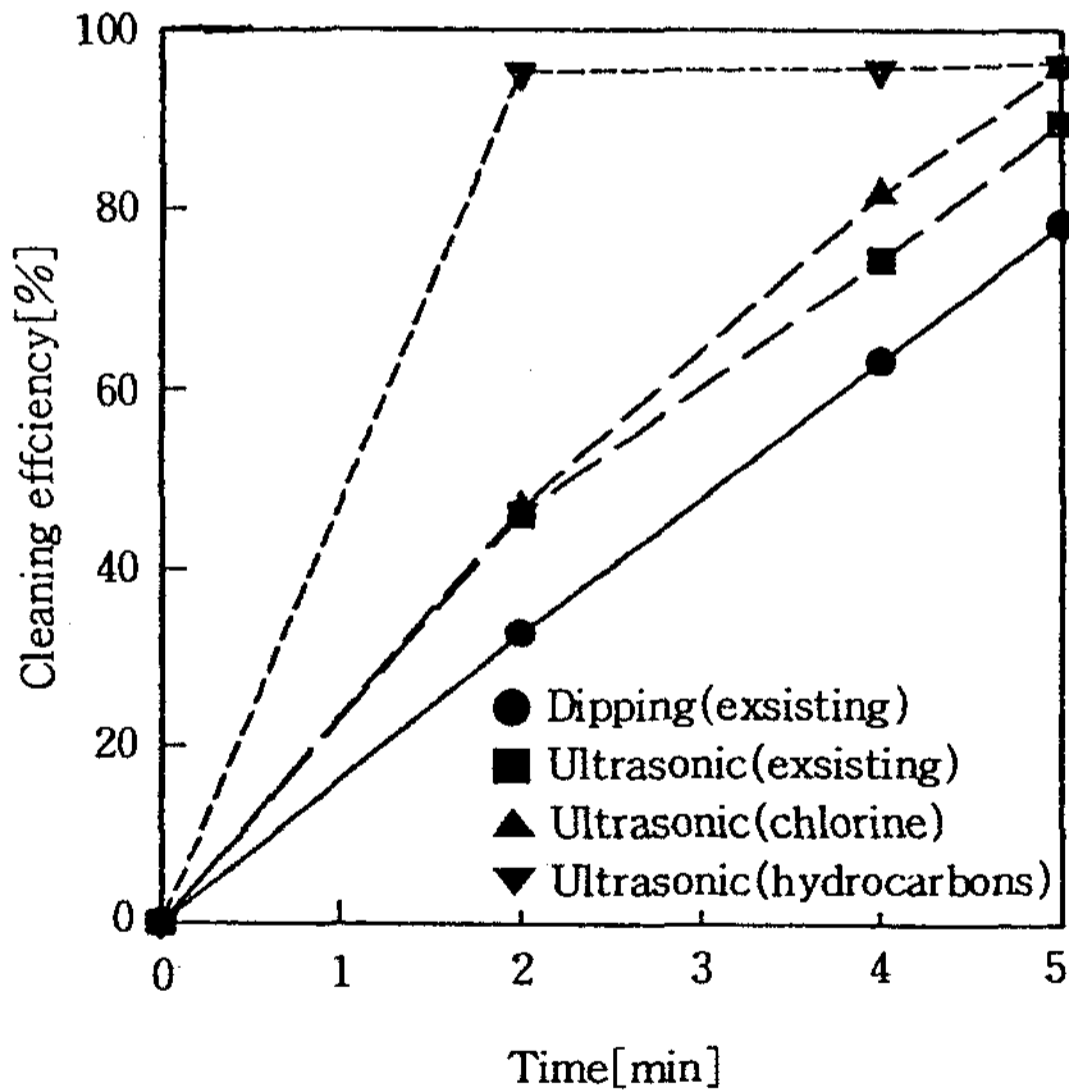


Fig. 3. Cleaning efficiency vs. process of Tetron screen gossamer by gravimetric analysis method.

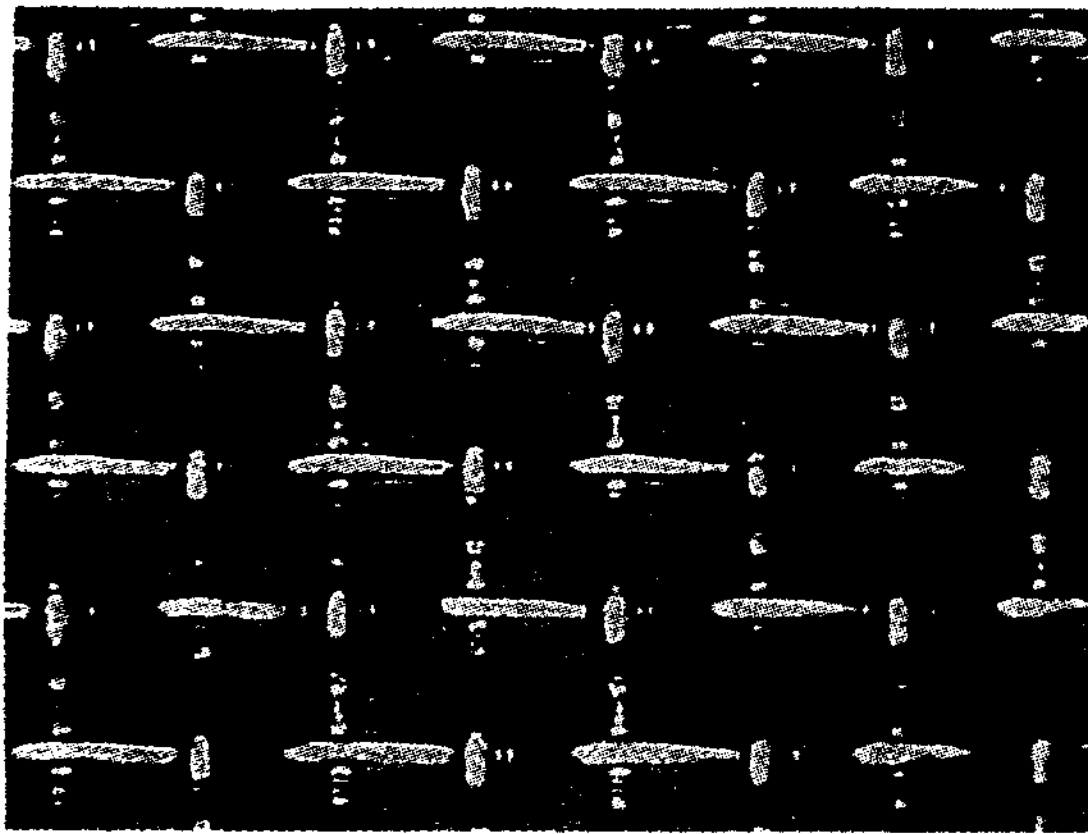
매기하는 했을 때 Shellac용액 처리 부분에 영향을 주므로 Shellac용액을 이용한 사매기 작업시에는

염소계 세정제는 적당하지 않다고 생각한다.

#### IV. 결 론

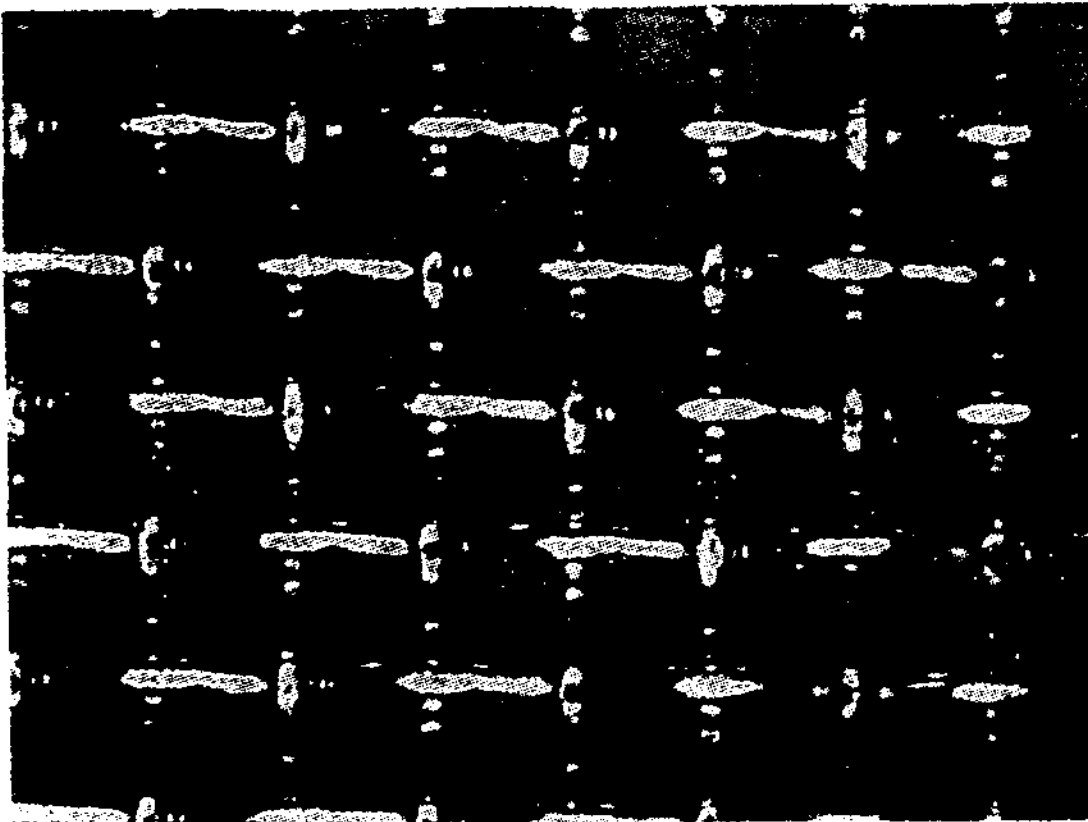
본 연구에서 스크린인쇄 잉크에 대한 기존세정제와 세정방식인 침적과 닦아내기에 의한 혼합세정보다 물리·화학적 방법이 첨가된 대체세정제와 대체세정공정을 사용함으로써 세정효율에서 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 기존세정제로 기존의 세정방식을 사용할 때 보다 대체세정제와 대체세정공정을 사용하였을 때 17~22% 정도 우수한 세정효율을 나타내었다. 그러나 염소계의 경우 Shellac용액을 이용한 사매기시에는 적당치 않으며, 탄화수소계의 경우 실온에서 세정력을 나타내지 않으므로 가온하여 사용하여야 한다. 또한, 기존의 세정공정보다 본 실험의 대체세정제와 대체세정공정 시스템을 사용할 때 세정시간을 단축하여 작업효율을 향상시킬 수 있다.

한편, 본 실험에 사용된 대체세정제 또한, 인체 및 환경에 대한 안전성을 완전히 배제할 수 없으므로 앞으로 더 무해, 무독성의 대체세정제 개발연구와



NITI

(a)



NITI

(b)

Fig. 5. Image analysis for the stability before cleaning(a) and after cleaning(b) of stainless steel screen gossamer by alternative cleaning solvent and process.

대체세정공정의 보다 나은 최적 효율화 연구에 노력을 기울여야 할 것이다.

## 문헌

1. 양봉석, 스크린인쇄 기법, 수서원, 서울(1992).
2. Flick. E. W., "Industrial Solvent Handbook", Ed. 4th., Noyes Data Corp.(1991).
3. Christian R., "Solvent Effects in Organic Chemistry", VCH, Germany(1988).
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. Dukee, J. B., 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. 6).
9. 本堂義和, 洗淨設計, Winter, 35(1992).
10. 양봉석, 신스크린인쇄 기술, 부림출판사, 서울(1991).
11. 한국정밀화학공업진흥회, TCE 및 CFC 대체물질의 산업별 최적 세정공정 기술정보, 국립기술품질원(1997).
12. 日經マテリアル & テクノロジ, 「日本産業洗淨協議會, 脱フロン・エタンを目指し發足路」, No. 141(1994)
13. Surface control & 洗淨設計, 「洗淨をトタルシステムとして考える」, No. 60, Winter(1993).
14. SHM會誌, 「高密度實裝におけるフロン・エタン代替洗淨技術」 Vol. 10, No. 1(1994).
15. 日工フォーラム, 「金屬洗淨分野 炭化水素系新洗淨劑-"NSクリン"」, Vol. 15, No. 6(1994).