스크린 인쇄에서의 대체세정제에 대한 세정효율

김 재 해 · 최 성 용 · 윤 철 훈 · 장 서 일 ·
이 기 창 · 이 석 우* · 류 건 용**

명지대학교 공과대학 화학공학과
*국립 기술품질원 유기화학과 **서울기능대학 인쇄기술과
(1997년 12월 10일 받음, 1997년 12월 22일 최종수정본 받음)

Cleaning efficiency for Alternative cleaning solvent of Screen printing

Jae-Hae Kim · Sung-Yong Choi · Cheol-Hun Yoon · Seo-Il Jang · Ki-Chang Lee · Seok-Woo Lee · Keun-Ryong Yoo***

Dept. of Chem. Eng., Myong Ji University
*National Institute of Technology & Quality, Organic Chem. Division
**Seoul Polytechnic College
(Received 10 December 1997, in final form 22 December 1997)

Abstract

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 gassamer according to Image Analyzer. Also, Cleaning process system carry with excellent cleaning efficiency studied which was proposed new cleaning process including ultrasonic cleaning process be substituted for existing mixed cleaning method of dipping and polish.

1. 서 론

스크린 인쇄에는 사용목적에 따라 다양한 용제가 사용되고 있다. 사용되는 용제는 benzene, toluene, xylene, methylisobutyl ketone(MIBK)과 그밖의 유기용제 등의 혼합용제로써 인화성을 지니고 있으며 인체에 대한 독성과 악취로 인하여 작업환경이 열악하ek. 또한 세정방식은 침적과 닦아내기법의 혼합 세정방식이다. 스크린 인쇄에 적용할 수 있는 세정제의 종류는 다양하므로 사용목적에 따라 적절한 대체세정제를 선택하여야 한다는 것은 어려운 문제이다. 특히, 잉크의 점도, 건조성에 미치는 영향, 스퀴지의 팽윤, 용해도 등을 고려하여 용제의 적절한 선택과 사용은 작업의 능률화, 제품의 품질 향상에 큰 요건 중의 하나이다[1,2]. 양호한 용해도를 가지는 용제를 사용하는 이유로는 경제성이 있는 최소한의 용제를 사용하여야 하며 신속하게 용질을 제거하여야만 생산성을 극대화시킬 수 있다. 또한 피세정물의 오염물을 세척하는 세정공정은 제품의 품질을 결정하는 중요한 부분이다[3].

금속, 전자와 정밀기기 등의 많은 산업분야에서 오랜동안 제품에 부착되어 있는 오염물을 제거하는 세정제로 사용되었던 Trichloroethane과 Trichlorotrifluoroethane(이하 TCE, CFC라 칭함)은 오존층 파괴물질로서 몬트리얼 의정서에 의하여 규제물질로 규정되어 있으며 우리나라에서는 대통령령(시행령 제2조 1항)이 정하는 위험물질이다. 그러므로 TCE, CFC 대신에 많은 대체 세정제와 세정기술이 개발되고 있다. TCE, CFC 대체세정제에는 방향족 함량(Aromatic Content, AC), 오존층 파괴 지수(Ozone Depleting Potential, ODP)가 거의 없는 물질로 그 종류는 수계, 준수계, 탄화수소계, 알코올계, 염소계, 불소계 등이 있으며 각 계별로 상품화되어 시판되고 있으며 그 종류는 매우 다양하다[4,5]. 대체세정제는 기존세정제에 비하여 세정효율이 떨어지는 단점을 보완하기 위하여 다양한 세정장치가 개발되어 있다[6]. 세정장치는 에너지와 용제의 손실을 최소화하고, 작업장내에서 용이하게 조업하여야 하며 피세정물을 세정하는 것 뿐아니라 이동시키는 유기적인 설비를 구비하여야 하고, 재사용이 가능하며 저비용으로 오염물을 충분히 처리할 수 있어야 한다[7]. 최적의 세정효율을 얻기 위하여 세정공정에 대한 지식과 피세정물에 요구되는 청결도, 세정제의 조성과 영향, 온도와 시간과의 관계, 제작공정과의 연계성 또한 경제성과 안전성에 대한 규격이 마련되어야 한다[8~13].

본 연구에서는 악취와 독성 때문에 열악한 작업환경을 가진 기존의 스크린 인쇄용제를 대체할 새로운 세정제를 기존의 인쇄세정제와 유사한 조성이며 현재 오존층 파괴 규제물질로 제한 사용되고 있는 TCE, CFC의 대체세정제로 상품화되어 있는 여러 종류의 세정제 중에서 탄화수소계와 염소계를 선정하여 실험에 사용하였다. 또한, 기존 세정공정을 개선하기 위하여 전보[14]에서 보고하였던 방법인 경제적인 비용으로 운전 가능한 초음파 세정방식을 선택하여 이에 대한 세정력 변화, 시편의 재질에 대한 안정성 등을 실험적으로 구하

여 현재의 스크린 인쇄 세정공정을 대체할 세정제와 세정공정을 제안하여 보았다.

2. 실 험

2.1. 실험재료 및 기기

본 실험에서 사용된 스크린인쇄 잉크는 전보[14]와 같은 현재 국내에서 사용중인 잉크를 표본 샘플링하였으며 잉크의 종류(색)는 PV－15. (BLACK), PVC 및 아크릴용 (BLACK)을 사용하였다. 스크린 시편의 분류 및 종류는 인조섬유로서 Nylon(국산), Tetron(수입품, 일제)을, 금속시편으로서 stainless steel(수입품, 일제) 또한, 세 종류의 스크린잉크 시편은 300×200mm규격의 나무틀에 스크린사를 staple로 단단하게 견장처리하여 세정실험에 사용하였다. 분석기기로는 스크린 시편의 표면 세정력 및 스크린 사의 재질변성 분석에는 Image analyzer(Hi－Rox사)를 사용하여 비교분석을 하였다. 또한 중량 분석법으로 세정효율의 측정을 위해 Chemical balance(Mettler HL52, 10^{-5}g)을 사용하였다.

2.2. 실험 방법

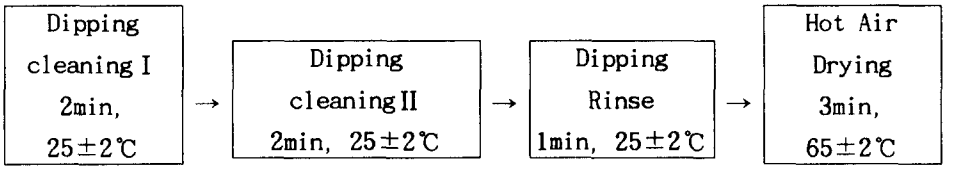
본 실험은 기존 스크린인쇄 세정법과 공정을 달리하여 세정효율을 높이기 위하여 초음파 장치를 도입한 대체 세정공정을 사용하여 비교분석하였다. 초음파 세정을 한 이유는 복잡한 요철 또는 미세 구멍이 있는 부분의 세정에서 세정액에 침지시키고 초음파진동을 주어 고착된 오염물을 벗기는 방법에 적당하기 때문이다. 이때 초음파의 주파수는 50~600Hz의 것이 이용되고 액의 점도가 높을 경우 진동이 감퇴되기 쉬우므로 비교적 저주파의 진동이 효과적이다. 아래에 본 실험에서 사용한 세정공정도를 나타내었다. 전반적인 세정공정 차례는 1차, 2차 세정, 린스, 건조 순이다. 이때, 세정실험 온도는 염소계 세정제의 경우 기존 세정온도인 25±2℃이었으며 건조시간은 3분이었다. 탄화수소계의 경우는 기존 온도에서는 세정력을 나타내지 않으므로 가온(50±2℃)하여 실험하였다. 건조시에도 탄화수소계는 건조가 늦다는 단점이 있으므로 15분의 건조시간을 주었다. 동일한 피세정물을 이용하여 세정실험을 반복 실험함으로써 피세정물의 무게 편차에 따른 실험오차를 최소화하였다. 우선, 일정규격으로 동일하게 제작한 시편에 잉크(오염물)를 스퀴즈를 이용하여 일정한 두께로 바르고서 실온에서 건조시킨 후에 피세정물을 세정조에 담그어서 세정실험을 수행하였다. 후에 피세정물을 세정조에서 꺼내어 건조기에서 건조하여 중량분석법(10^{-5}g)에 의하여 3회 반복 실험후 그 평균값에 의하여 세정효율(Cleaning Efficiency; CE)을 측정하였다. 초기에 도포된 잉크의 양과 세정 후 제거된 잉크의 양으로써 세정효율을 다음의 식에 의하여 계산하였고 이 세정효율에 의하여 기존세정제와 대

체세정제의 세정효율을 비교하여 보았다.

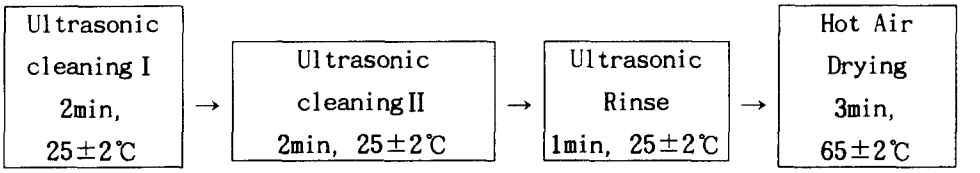
$$\text{CE(Cleaning Efficiency, \%)} = \frac{\text{도포된 오염물(잉크) 총 양} - \text{세정 후 잔류 오염물양}}{\text{도포된 오염물(잉크) 총 양}} \times 100$$

〈대체세정공정도〉

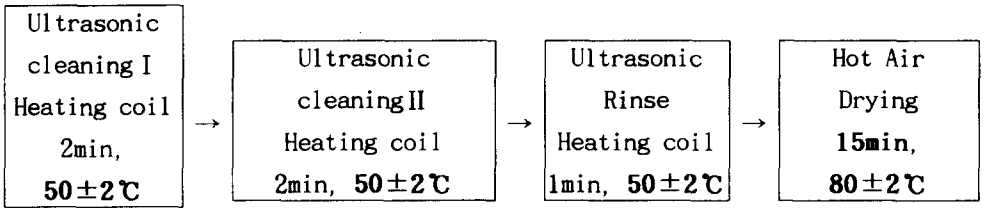
[Existing solvent and Existing process(Dipping)]



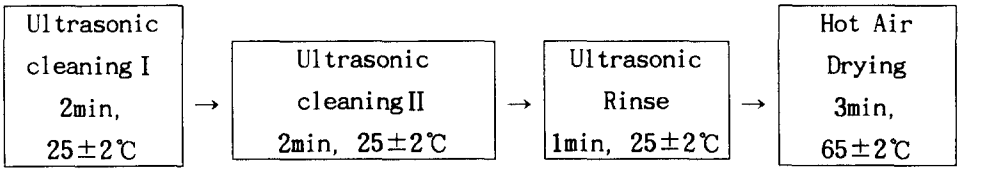
[Existing solvent and Alternative process]



[Hydrocarbon system solvent and Alternative process]



[Chlorine system solvent and Alternative process]



3. 결과 및 고찰

3.1. 스크린 인쇄용 대체세정제에 대한 고찰

기존의 세정제는 작업시 인화성과 환경적 측면에서 여러 문제점이 있다. 본 실험에 사용한 탄화수소계세정제는 석유를 직접 증류한 후 방향족, 올레핀성분과 황분(Sulfur) 함량을 낮추는 등의 정제과정을 거쳐서 일반적으로 제조한다. 방향족(BTX) 성분이 많을수록 용해력은 증가하나 냄새와 독성이 강하고 이중결합 성분인 올레핀은 산화, 냄새, 변색의 원인이 된다. 장점으로는 표면장력이 낮아서 미세부분의 침투가 용이하고 환경 및 인체에 대한 안전성의 문제가 비교적 작고 오염물에 대한 세정력이 우수하다. 그러나 인화성과 건조시간이 늦다는 단점이 있다.

염소계세정제는 순도가 높은 메틸렌 클로라이드(CH_2Cl_2)에 여러 첨가제를 첨가하여 제조한다. 장점으로 불연성이며 비점이 낮으므로 회수, 재생이 가능하고 오염물에 대한 세정력이 우수하다. 그러나 용제의 손실이 많고 플라스틱 부품은 일부 침식되기도 한다는 단점이 있다. 본 실험에서 사용된 대체세정제의 물리, 화학적 물성은 Table 1과 같다.

기존 인쇄세정제와는 달리 방향족 함량이 거의 없으므로 방향족에 의한 악취가 적은편이며 오존파괴지수(ODP)가 존재치 않으므로 환경에 영향이 적다. 한편, 세정제의 아닐린에 대한 용해도를 나타내는 AP지수는 낮을수록 용해도가 큰 것으로 알려져 있는데 AP지수 역시 비교적 낮다. 그리고 KB(Kauri Butanol)값은 용해력을 나타내는 값으로 KB값이 클수록 용해력이 크다. 본 실험에 사용한 세정제는 KB값이 높으므로 용해력이 비교적 우수하다고 볼 수 있다. 이와같이 본 실험에서 사용된 대체세정제는 세정력, 오존층 보호와 안전성을 고려하여 실험을 수행하였다.

Table 1. Physical & Chemical properties of alternatives cleaning solvents.

Item \ Sample	Alternatives Cleaning Solvent		Units
	Chlorine	Hydrocarbon	
Aromatic Content	–	0.010833	ppm
Surface tension	29.46	28.9	dyne/cm,25℃
ODP	0.007	0	–
Boiling point	40.4	168~190	℃
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

3.2. 대체 세정제와 세정공정에 의한 스크린 시편의 세정력

대체 세정제와 세정공정에 의한 스크린 시편의 표면을 Image analyzer를 이용하여 세종류의 시편 표면을 확인하였고 Fig. 1~2에 stainless steel에 대한 염소계와 탄화수소계의 세정공정(초음파)에서의 시편 변화를 나타내었다. Fig. 1~2에 나타낸 것과 같이 대체 세정제와 세정공정이 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.

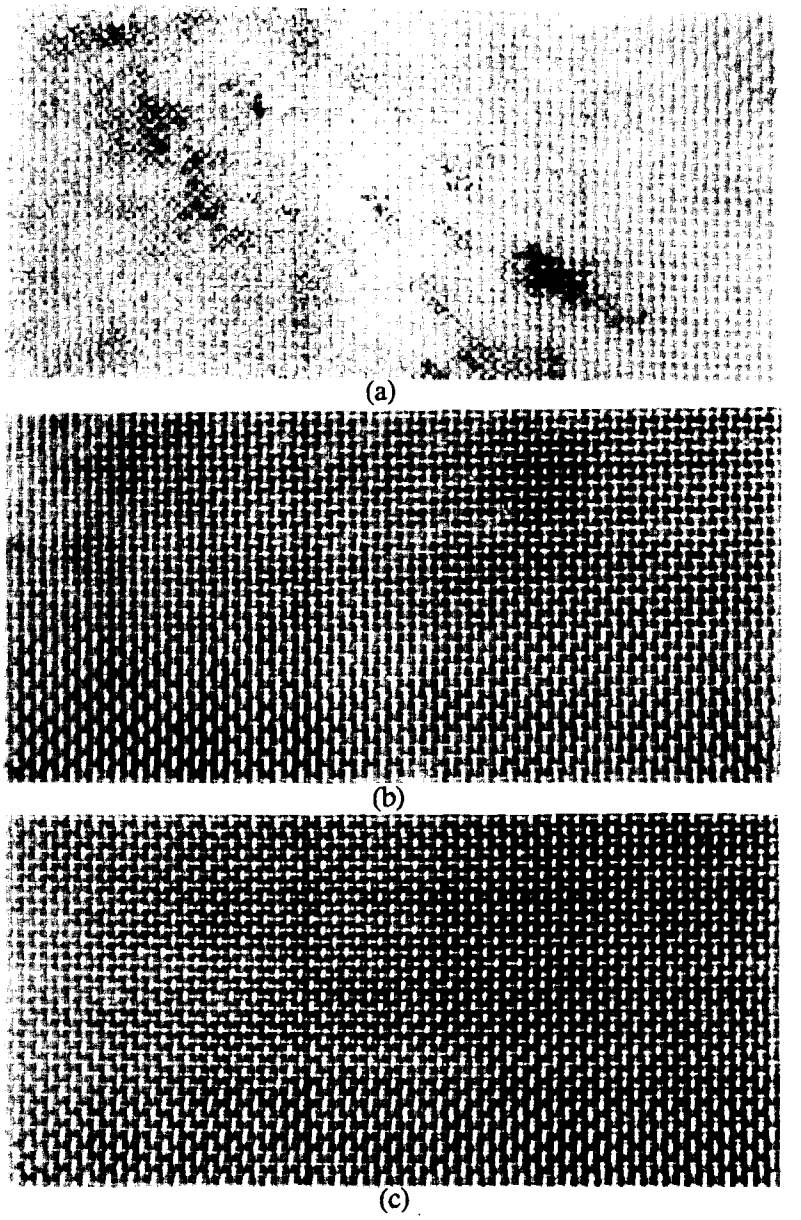


Fig. 1. Photographs showing after 1st cleaning(a), 2nd cleaning(b) and drying(c) for contaminant(ink) of stainless steel screen gossamer by Hydrocarbons cleaning solvent and alternative process.

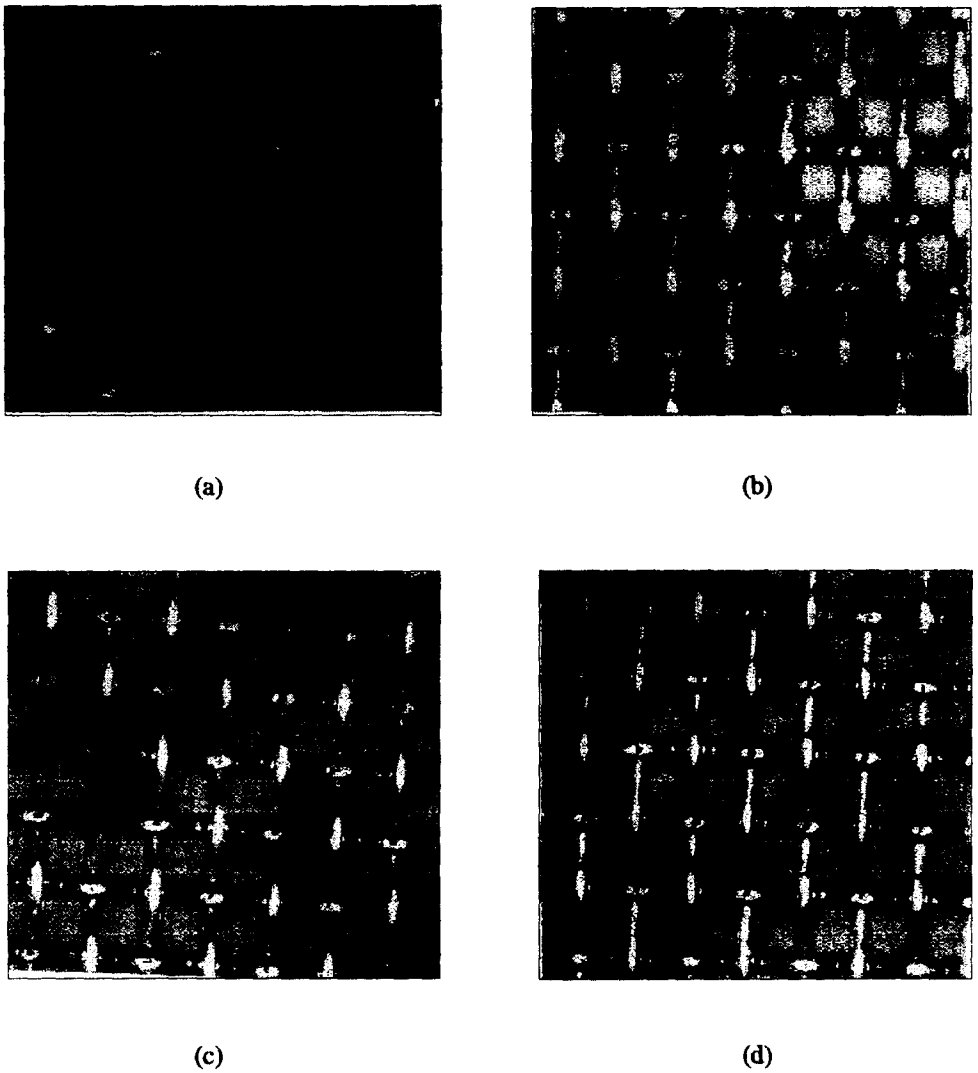


Fig. 2. Photographs showing before cleaning(a), after 1st cleaning(b), 2nd cleaning(c) and drying(d) for contaminant of stainless steel screen gossamer by Chlorine cleaning solvent and alternative process.

3.3. 세정 효율 비교, 분석

각 스크린 시편에 대하여 기존의 세정법과 대체 세정제와 세정공정을 실시한 경우의 세정효율(CE)을 Table 2와 Fig. 3~5에서 고찰하였다. 본 연구에서는 특히, Nylon, Tetron보다는 Stainless steel이 우수한 세정력을 나타내었는데 이는 스크린 사의 표면재질 차이에 의한 것이라 생각된다. 대체 세정공정을 이용함에 따라 스크린 사의 미세 부분까지 대체세정제가 침투하여 오염물을 제거하므로 세정 효율이 증가함을 알 수 있었다. 탄화수소계 세정제의 경우 최종 세정효율면에서 기존세정제에 의한 침적공정보다 17.1~21.4% 증가되었고 기존세정제에 의한 초음파공정보다는 2.9~6.2% 증가하였다. 이는 세정공정시 작업온도를 50±2℃의 가온하여 오염물의 점도를 저하시키므로 세정력을 증대시킨다고 생각된다. 또한 1차 세정만으로도 세정효율이 95~97%의 높은 세정효율을 얻을 수 있으며 최종공정까지의 세정효율이 2.0~2.2% 증가되는 효과가 있을 뿐이므로 1차 세정만으로도 기존세정제에 준하는 효과를 얻을 수 있었다. 염소계 세정제의 경우, 실온에서 기존세정제에 의한 침적공정보다 17.6~21.3% 증가되었고 기존세정제에 의한 초음파공정보다는 2.7~6.6% 증가하였다. Table 2의 결과에서 보듯이 본 연구에서의 세정효율이 기존의 방법보다 우수하며 대체세정제와 세정공정에 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.

Table 2. Cleaning efficiency of alternative cleaning solvent and process by gravimetric analysis(10^{-5}g) method.

Materials \ Methods		Dipping	Ultrasonic		
		Exsisting	Exsisting	Hydrocarbons	Chlorine
Nylon	I	0.63128	0.66211	0.6285	0.60826
	II	0.47842 (24.2143%)	0.31389 (52.5925%)	0.04213 (93.2967%)	0.3012 (50.4817%)
	III	0.29157 (53.8129%)	0.12871 (80.5606%)	0.03218 (94.8798%)	0.09686 (84.0759%)
	IV	0.16497 (73.8674%)	0.05008 (92.4363%)	0.02938 (95.3254%)	0.02939 (95.1682%)
Tetron	I	0.59311	0.61113	0.53325	0.58929
	II	0.39126 (34.0325%)	0.32966 (46.0573%)	0.031 (94.1866%)	0.30595 (48.0816%)
	III	0.20377 (65.6438%)	0.14489 (76.2915%)	0.02732 (94.8767%)	0.09723 (83.5005%)
	IV	0.12432 (79.0393%)	0.06141 (89.9514%)	0.02039 (96.1763%)	0.02007 (96.5942%)
Stainless steel	I	0.62172	0.67135	0.65883	0.6612
	II	0.43013 (30.8161%)	0.32318 (51.8612%)	0.03004 (95.4404%)	0.20198 (69.4525%)
	III	0.23212 (64.6649%)	0.13011 (80.6196%)	0.02152 (96.7336%)	0.081 (87.7495%)
	IV	0.12744 (79.502%)	0.05016 (92.5285%)	0.01511 (97.7065%)	0.01302 (98.0309%)

I : before cleaning II : 1st cleaning III : 2nd cleaning IV : rinse

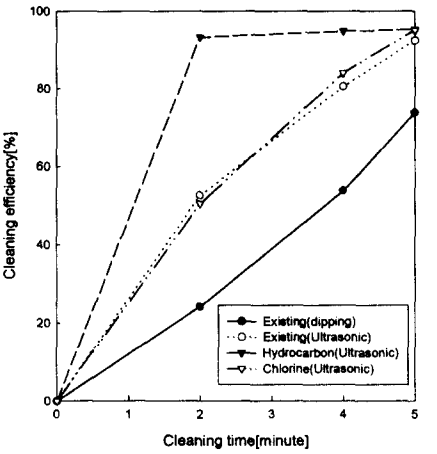


Fig. 3. Cleaning efficiency vs. cleaning process of Nylon screen gossamer by alternative cleaning solvents.

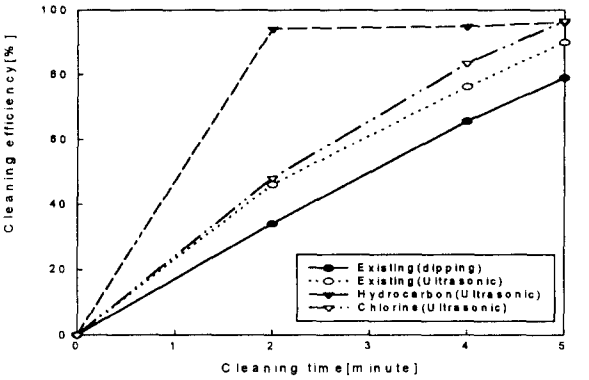


Fig. 4. Cleaning efficiency vs. cleaning process of Tetron screen gossamer by alternative cleaning solvents.

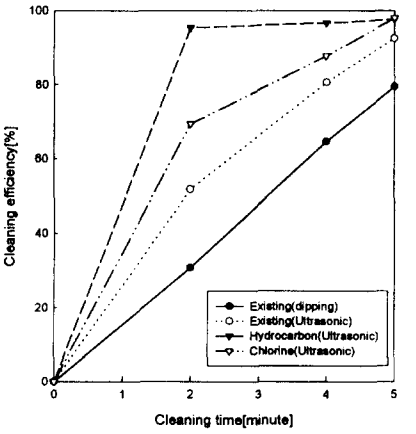
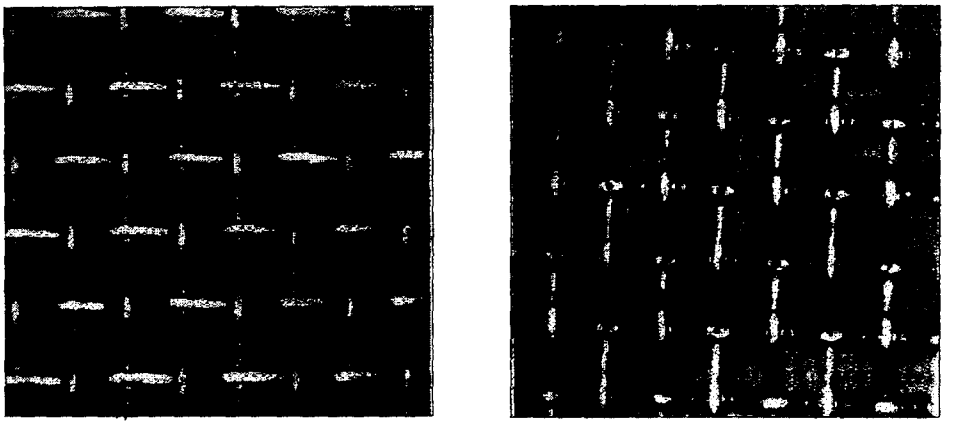


Fig. 5. Cleaning efficiency vs. cleaning process of Stainless steel screen gossamer by alternative cleaning solvents.

3.4. 세정 후 스크린 시편에 대한 안정성 분석

스크린인쇄 잉크를 세정 후 시편의 물성변화와 같은 안정성을 Image analyzer로 분석한 결과, Fig. 6에 나타난 바와 같이 시편에 영향을 주지 않았으며 또한 시편 조직에 대한 안정성도 양호하게 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 염소계 세정제의 경우, 염소계의 단점인 플라스틱 처리부분을 침식시키는 단점이 있으므로 Shellac과 같은 고분자용액을 이용하는 견장처리 작업시에는 염소계 세정제는 적당하지 않다고 생각한다.



(a) (b)

Fig. 6. Stability before cleaning(a) and after cleaning(b) of Stainless steel screen gossamer by alternative cleaning solvent and process.

4. 결 론

본 연구에서 스크린인쇄 잉크에 대한 기존의 세정방법보다 물리·화학적 방법이 첨가된 대체 세정제와 세정공정을 사용함으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 기존세정제로 기존의 세정방식을 사용할 때 보다 대체세정제와 대체세정공정을 사용하였을 때 3종의 스크린사에 대하여 17~22% 정도 우수한 세정효율을 나타내었으며 기존 세정공정보다 본 실험의 대체 세정제와 세정공정 시스템을 사용할 때 세정시간을 단축하여 작업효율을 향상시킬 수 있다.

(2) 염소계의 경우 Shellac 용액을 이용한 견장처리에는 적당치 않으며, 탄화수소계의 경우 실온에서 세정력을 나타내지 않으므로 가온하여 사용하여야 한다.

한편, 본 실험에 사용된 대체세정제 또한, 인체 및 환경에 대한 안전성을 완전히 배제할 수 없으므로 앞으로 더 무해, 무독성의 대체세정제 개발연구와 대체세정공정의 보다 나은 최적 효율화 연구에 노력을 기울여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 양봉석, 스크린인쇄 기법, 수서원, 서울, 137(1992).
2. 옥영건, 잉크공학, 부경대학교 출판부, 부산, 142(1991).
3. E. W. Flick, Industrial Solvent Handbook, 4th ed., Noyes Data Corp., 52(1991).
4. 한국 정밀화학공업 진흥회, TCE 및 CFC 대체물질의 산업별 최적 세정공정 기술정보, 국립 기술품질원, 81(1997).
5. 한국과학기술연구원 CFC대체기술센터, CFC대체기술 기고문 및 논문모음, CFC대체기술센터, 서울, 453(1994).
6. J. B. Dukee, "Equiping for Cosolvent Cleaning, Rinsing and Drying-Part I", Precision Cleaning, **October**, 13(1994).
7. 化學經濟レポトー、「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, 213(1994).
8. 本堂義和, *洗淨設計*, **Winter**, 35(1992).
9. 祥野 俊一郎, *洗淨設計*, **Winter**, 2(1993).
10. 日經マテリアル & テクノロジ, 「日本産業洗淨協議會, 脫フロン・エタンを目指し 發足路」、No. 141, 78(1994).
11. 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).
12. 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, 38(1994).
13. 日工フォラム,「金屬洗淨分野 炭化水素系新洗淨劑－"NSクリーン"」,**Vol. 15**, No.6, 12(1994).
14. 崔成龍, 黃成奎, 尹撤勳, 韓國印刷學會, 15(1), 85(1997).