

중고 레이저 복합기의 재제조 공정에서 초음파세정을 위한 대체 세정제의 선정

박용배, 배재흠*, 장윤상^{†*}

수원대학교 화학공학과
445-743 경기도 화성시 봉담읍 와우리 산 2-2번지
[†]수원대학교 기계공학과
445-743 경기도 화성시 봉담읍 와우리 산 2-2번지

(2011년 5월 3일 접수; 2011년 5월 31일 수정본 접수; 2011년 6월 2일 채택)

Selection of Alternative Cleaning Agents for Ultrasonic Cleaning Process in Remanufacturing of Used Laser Copy Machine

Yong Bae Park, Jae Heum Bae*, and Yoonsang Chang^{†*}

Department of Chemical Engineering, The University of Suwon, San 2-2, Wau-ri, Bongdam-eup, Hwaseong, Gyeonggi 445-743, Korea
[†]Department of Mechanical Engineering, The University of Suwon, San 2-2, Wau-ri, Bongdam-eup, Hwaseong, Gyeonggi 445-743, Korea

(Received for review May 3, 2011; Revision received May 31, 2011; Accepted June 2, 2011)

요 약

본 연구에서는 중고 디지털 레이저 복합기의 재제조 과정에 초음파세정공정을 도입하기 위하여 예비실험을 통하여 여러 가지 세정제의 세정성을 평가하고 초음파 세정공정의 공정 변수를 변화시키며 최적의 세정제와 공정변수를 도출하였다. 우선 기존에 현장에서 사용되어 지고 있던 세정제보다 세정효율이 뛰어나고 사용하기 좋은 제품을 찾자 기존 세정제(A)와 시판되고 있는 7종의 세정제(B~H)를 선정하여 육안판정법을 이용한 오염물질(유성오일, 토너가루, 구두약)에 대한 세정성 평가를 수행하였다. 또한 선별 과정으로 물성 평가 및 거품성 실험을 진행하였다. 각 오염물질에 대한 세정제의 세정성 평가에서 기존에 사용되어지던 A세정제보다 G세정제가 뛰어난 세정효율을 보여주었고, 거품성 평가에서 기존 세정제와 유사한 거품성을 나타내었다. 실제 오염된 레이저 복합기 부품들을 대상으로 예비실험에서 우수한 세정능력을 보여준 세정제를 사용하고 초음파 주파수와 세정시간을 변화시키며 최적 공정변수들을 도출하였다. 28 kHz의 초음파 세정을 이용하여 현장 적용을 한 결과 G세정제가 A세정제보다 뛰어난 세정효율을 보여주어 디지털 레이저 복합기 재제조 공정에서의 세정제로서 G세정제가 적합하다고 판단되며 전체적인 재제조 공정의 생산성 및 경제성 향상이 기대된다.

주제어 : 재제조, 레이저 복합기, 초음파 세정, 세정제

Abstract : In this study, evaluation tests for cleaning performance of various cleaning agents and selection of optimal ultrasonic cleaning parameters were executed to develop an efficient cleaning process in remanufacturing of laser copy machine. Cleaning performance tests were executed with 8 cleaning agents (A~H) to remove the contaminants of oil-ink, toner particles, and shoe polish. Physical properties and foamability tests were also applied. For 3 types of contaminants, cleaning agent G showed superior cleaning performance compared to agent A which has being used at a remanufacturing of laser copy machine in Korea. With cleaning agents selected in pre-tests, ultrasonic cleaning tests were executed to remove real contaminants on the parts of used digital laser copy machine parts. Cleaning agent G at 28 kHz ultrasonic frequency showed faster cleaning performance compared to agent A and other frequencies. The productivity and economic efficiency in remanufacturing of laser copy machine are expected to increase by adapting agent G and 28 kHz frequency at ultrasonic cleaning process.

Keywords : Remanufacturing, Laser copy machine, Ultrasonic cleaning, Cleaning agents

1. 서 론

최근 전 세계적으로 자원고갈 문제와 환경오염 문제가 서

로 맞물리면서 각 국별로 신재생에너지 개발에 대한 관심과 투자가 날로 커지고 있다. 이와 함께 수출입 교역에서 각종 환경규제와 같은 비관세 장벽을 통해 환경오염 예방에 안간힘을 쓰는 국가들이 늘어나고 있다. 이미 보편화된 지속가능한 발전(Sustainable Development)을 위한 세계 각 국의 이 같

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail: jhbae@suwon.ac.kr, yschang@suwon.ac.kr

은 몸부림은 당연한 현상으로 볼 수 있지만 새로운 에너지를 개발하기 위해 막대한 돈을 투자하고 환경오염 방지를 위해 기업들의 개발을 억제하고 소비행태를 바꾸는 방법 이외에 자원의 순환율을 높이는 것이 훌륭한 대안으로 떠오르고 있다. 특히 자원 빈국이면서도 에너지 소비량 세계 9위, 온실가스 배출량 세계 10위의 에너지 다소비 국가인 우리나라로써는 보다 적극적인 자원순환에 나설 필요성이 어느 때보다 절실하다고 할 수 있다[1,2].

지속가능한 발전의 사회적 중요성이 높아짐에 따라 소비 및 생산 감축, 재활용 및 재사용 등의 필요성이 강조되고 있는 가운데, 최근 들어서는 재제조(Remufacturing)의 중요성도 아울러 급속히 확대되고 있다. 특히, 자원의 고갈과 이에 따른 자원 확보를 위한 각 국 간의 분쟁격화, 그리고 환경보전을 이유로 한 각국의 환경기준 강화 및 국제 환경협약의 확대는 재제조의 필요성을 더욱 증대시키고 있다.

재제조에 적합한 제품은 여러 가지가 있으나 국내의 경우 자동차 부품의 재제조가 활발히 연구, 적용되고 있으며, 그 밖에 전자제품에도 일부 적용되고 있다. 이중에서도 디지털 레이저 복합기는 시장규모가 꾸준히 증가하고 있지만, 사용 후 폐기되어 지거나 단순 수리를 통하여 중고제품으로 시장에 유통되고 있는 재제조를 적용하기에 좋은 제품이다. 단순히 수리만을 진행하기에 제품 품질 신뢰성이 아주 낮아 중고 시장 규모가 미미할 뿐만 아니라 다시 폐기되어 지고 있는 실정으로 이로 인한 폐기물 증가는 환경문제와 자원 낭비 및 CO₂ 발생 등의 문제를 야기하고 있다. 또한 디지털 레이저 복합기는 합성수지(Mold), 금속(Metal stamp), 고무(Rubber) 및 고분자화합물로 이루어진 수백 개의 부품들이 복합적으로 조립되어 있어 이를 분해하여 폐기하는 것조차 많은 비용을 수반하고 있다. 디지털 레이저 복합기 재제조 기술을 통하여 사용 후 폐기되어 지는 제품을 품질 신뢰도가 높은 제품으로 만들 수 있다면 이들 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 수입되어 지는 디지털 레이저 복합기 제품의 수입대체와 재제조 제품의 수출을 통한 재제조 산업 육성을 기대할 수 있다. 아직까지는 디지털 레이저 복합기 재제조 산업에 대한 국내 연구는 미흡한 실정이며 한국은 품질과 기술력이 떨어지는 영세업체들이 음성적으로 사업을 해 오고 있어 소비자로부터 외면 받고 있다. 이러한 것들을 보완하고자 다각적인 분야에서 디지털 레이저 복합기 재제조 산업을 연구하고 있다.

재제조 과정은 분해, 세정, 수리, 대체, 조립, 검사 등의 공정으로 구성되어 있는데 이 중에서도 세정이 차지하고 있는 부분은 매우 큰 것으로 공정의 속도와 제품의 품질을 결정한다. 세정방법과 세정제의 성능이 향상 될수록 전반적인 재제조 공정이 직접적으로 발전된다고 볼 수 있다. 산업세정기술은 물이나 유기 용제를 주성분으로 하는 세정제를 사용하는 습식세정기술과 CO₂, 레이저, Plasma, UV 등을 활용하여 세정제를 사용하지 않고 세정하는 건식세정기술로 구분할 수 있다. 건식세정기술은 세정제를 사용하지 않아 대기 및 수질 오염, 그리고 폐기물을 발생하지 않아 환경 친화적인 공정으로 평가 받고 있지만 습식세정을 대체하기에는 아직도 더욱

더 많은 연구와 개발이 필요하고 현재까지 개발되어 있는 기술로는 범용으로 사용하기에는 장치비가 고가이고 운전비도 높아 일부 제한된 특수 산업세정 영역에서만 이용되고 있으며 현재 대부분의 산업체에서는 습식세정을 보편적으로 사용하고 있다[3,4]. 재제조 산업에서도 고가의 비용이 드는 건식세정기술보다는 습식세정기술을 주 기술로 사용하고 있다. 따라서 습식세정기술의 대부분을 차지하는 세정제 선정과 운용조건 설립은 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 중고 디지털 레이저 복합기의 재제조 과정에 초음파 세정공정을 도입하기 위하여 예비실험을 통하여 여러 가지 세정제의 세정성을 평가하고 초음파 세정공정의 공정 변수를 변화시키며 최적의 세정제와 공정변수를 도출하였다. 우선 현장에서 사용되고 있는 세정제(A)와 시판되고 있는 세정제 7종(B~H)을 비교하여 총 3단계에 걸쳐 실험을 진행하였다. 1단계에서는 각 세정제들의 기본적인 물성 측정과 사용용이성 평가를 위한 거품성 실험을 진행하였다. 2단계에서는 유성잉크와 토너가루 그리고 구두약을 오염물로 세정성 평가를 진행함으로써 다양한 상황에서의 오염조건을 만들어 실험을 진행하였다. 3단계에서는 앞에서의 실험을 바탕으로 선정된 세정제들로 실제 부품들을 초음파 세정하여 현장에서 사용이 적합한 최적의 세정조건을 찾고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 오염물 및 세정제

본 연구에서의 세정대상 오염물로 유성잉크, 토너가루, 구두약 등을 선정하여 실험을 진행하였다. 유성잉크는 세정제의 유성에 대한 용해력을 알아보기 위해 선정한 것으로 유성매직잉크 3종색(검, 적, 청, Oil magic, Monami)을 사용하였다. 유성매직 잉크의 피세정물은 Glass 시편에 2 cm × 1 cm 가량씩 칠하고 1시간동안 60 °C에서 건조하여 준비하였다. 토너가루의 경우 사용 후 디지털 레이저 복합기 내부에서 발생하는 토너가루 잔류를 제거하기 위한 것으로 일반 레이저 프린트의 토너가루를 0.5 g 채취하여 메탄올 10 mL를 교반하고 디지털 레이저 복합기의 주재료인 ABS를 시편화하여 2 cm × 4 cm 가량 도포하고 90 °C로 3일 동안 건조하여 준비하였다. 마지막으로 구두약은 복합기의 토너가루와 같이 주성분이 매우 고운 탄소성분과 왁스로 구성되어 있어 오염물로 선정된 것으로 Aromax (Black, Shoe polish, Malpyo)를 사용하였다. 피세정물은 재질의 영향성을 받지 않기 위하여 SUS304를 사용하였다. 구두약을 SUS304시편에 1 cm × 1 cm 가량 도포 후 120 °C에서 3시간 건조하여 준비하였다.

본 실험에서 사용된 세정제는 알칼리 수계 세정제 계열로 선정하였다. 알칼리 수계 세정제는 값이 싸면서도 일반 생활면지 및 때에 우수한 세정효율을 보여줄 뿐만 아니라 디지털 레이저 복합기에 사용되는 부품 재질에 영향을 미치지 않는 장점이 있다. 이러한 장점을 바탕으로 디지털 레이저 복합기 재제조 산업에 적합하다고 판단이 되어 현재 사용되어지고 있는 세정제 (A)와 시판 되고 있는 세정제 7종(B~H)를 선정

하여 실험을 진행하였다.

2.2. 기본 물성 측정 및 거품성 평가

세정제 선정에서 중요한 물성에는 pH, 표면장력, 수분함량이 있다. pH는 pH meter HI8424 (Hanna Instrument, USA)를 사용하여 측정하였고, 표면장력은 Surface Tensiomat 21 (Fisher Scientific Co., USA)를 사용하여 측정하였다. 마지막으로 수분함량의 경우 수분측정기인 Moisture Titrator MKS-500 (KYOTO Electronics Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 또한 현장에서 세정제 선정 시 가격 또한 중요하기 때문에 세정제의 소매가격을 함께 조사하였다.

거품성 평가 실험은 사용 중 거품에 의한 오염물 잔류 가능성과 행금시간이 길어지는 것과 같은 세정 공정에 크게 영향을 미칠 수 있으므로 진행하였다. 거품성 평가 실험은 산업현장에서 용이하게 간단히 적용시킬 수 있어 산업현장에서 많이 사용하고 있는 방법을 채택하여 평가하였다. 이 방법은 세정제를 30 mL씩 각각의 100 mL 메스실린더에 담아 동일한 사람이 3번 흔들고 평평한 바닥에 놓았을 때부터 1분마다 측정하며 거품이 사라지는 정도를 측정하여 실험을 진행하였다 [5-7].

2.3. 오염물별 세정성 평가

각 세정제의 유성잉크에 대한 용해성을 비교 평가하기 위하여 실험을 진행하였다. 유성잉크의 경우 준비된 시편을 이용하여 25 ± 1 °C의 온도에서 1분, 5분, 10분, 30분 동안 단순 침지하여 각 시간마다 육안판정법으로 세정성을 측정하였다[8].

토너가루와 구두약의 경우 준비된 시편을 사용하여 25 ± 1 °C의 온도에서 45 kHz의 초음파로 세정하여 각 시간마다 육안판정법으로 세정성을 측정하였다. 토너가루는 1분, 3분, 5분, 10분, 30분씩의 세정시간을 가졌고 구두약은 예비실험 시 30분에도 세정이 완료되지 않아 1분, 5분, 10분, 30분, 60분씩의 세정시간을 가지고 실험을 진행하였다. 오염물별 세정성 평가의 실험 조건을 Table 1에서 요약하여 나타내었다.

2.4. 실제 부품에 대한 세정성 평가

중고 디지털 레이저 복합기 부품에 대하여 현장에서 사용

Table 1. Operating conditions for cleaning experiments

Cleaning agents	Soils	Material to be cleaned	Cleaning time (min)	Rinsing	Ultrasonic frequency
Commercial cleaning agents	Oil magic	Glass	1, 5, 10, 30	NO	- (Dipping)
	Toner powder	ABS	1, 3, 5, 10, 30	NO	45 kHz (Ultrasonic wave)
A ~ H	Shoe polish	SUS304	1, 5, 10, 30, 60	NO	45 kHz (Ultrasonic wave)

Table 2. Operating conditions for cleaning experiments

Cleaning agents	Soils	Material to be cleaned	Cleaning time	Rinsing	Ultrasonic frequency
Present cleaning agent (A) & Selected cleaning agent	Dirt & Toner powder	Parts of Digital laser printer	10sec, 30sec, 1min, 3min, 5min, 10min	NO	28 kHz, 45 kHz, 100 kHz



Figure 1. Ultrasonic cleaning test of laser copy machine parts with various cleaning agents.

되어지고 있는 세정제(A)와 앞에서 실험에서 보다 뛰어난 세정효율을 보여준 세정제를 선정하여 세정성 평가를 진행하였다. 세정온도는 25 °C이다. 실제 부품에 대한 세정에서 세정제가 초음파 주파수별로 어떠한 세정성능을 보이는지 알기 위하여 28 kHz, 45 kHz, 100 kHz에서 1분, 3분, 5분, 10분 동안 세정성 평가를 진행하였다. 이때 사용한 초음파기기는 Ultrasonic Multi cleaner W-113 (HONDA, Japan)으로 초음파 주파수를 조절할 수 있는 모델이다. 실제 부품에 대한 세정성 평가의 실험조건을 Table 2에서 요약하여 나타내었고, 실험한 모습을 Figure 1에 나타내었다.

3. 실험결과

3.1. 기본 물성 측정 및 거품성 평가

본 연구에서 사용된 세정제의 기본 물성을 측정된 값을 Table 3에서와 같이 나타내었다. pH는 12.5~13.6으로 강알칼리를 나타내고 있고, 표면장력에서는 31.2~35.8 mN/m으로 비교적 낮은 수치를 나타내고 있다. 수분함량에서는 94.4~95.6%를 나타내어 알칼리성 수계세정제로 판단이 된다.

세정제의 거품성 실험 결과 Figure 2에서 보는 바와 같이 세정제 E와 F가 거품성이 거의 없고 소포성이 뛰어나며 다음에 D와 G의 순서로 거품성이 적은 것으로 나타났다. 그리고 세정제 C와 H은 기존에 사용하는 A세정제와 유사한 거품성을 나타내었고 세정제 B가 가장 소포성이 적은 결과를 보여주었다.

Table 3. Physical properties of various cleaning agents tested in this experiment

Cleaning agents	Cost (Won, 100 mL basis)	pH	Surface tension (mN/m)	water content (%)	Type
A	500	13.1	32.5	94.5	aqueous alkaline
B	250	12.8	31.4	95.6	
C	277	12.5	34.6	94.4	
D	478	13.6	35.8	95.2	
E	1000	13.2	32.5	94.8	
F	744	12.7	33.3	95.2	
G	500	12.6	31.2	95.5	
H	420	13.2	34.8	94.4	

Table 5. Cleaning of toner powder by various cleaning agents

Cleaning agents	Cleaning time (min)				
	1	3	5	10	30
A	△	△	△	△	○
B	△	○	◎	◎	◎
C	△	△	△	○	○
D	△	△	△	○	○
E	△	△	△	△	△
F	△	○	○	◎	◎
G	△	○	◎	◎	◎
H	△	△	△	△	○

* Toner cleaning rate: △(little), ○(midium), ◎(large)

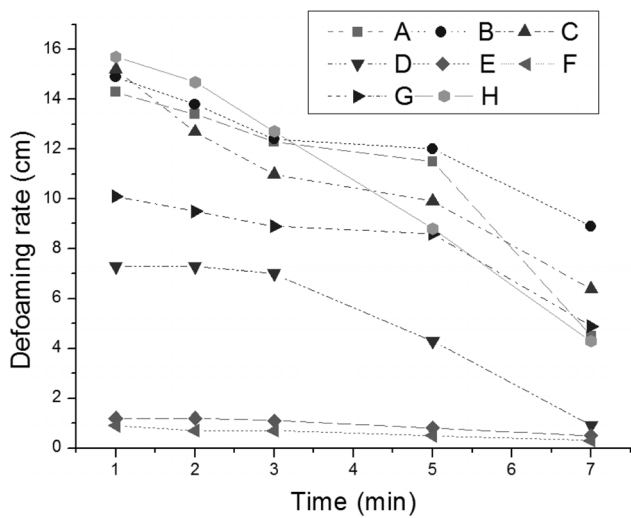


Figure 2. Defoaming rate of various cleaning agents.

3.2. 오염물별 세정성 평가

유성잉크에 대한 각 세정제의 용해정도는 Table 4와 같이 현장에서 사용되어지고 있는 A세정제를 기준으로 F와 G가

Table 4. Solubility of oil-magic ink by various cleaning agents

Cleaning agents	Dipping time (min)			
	1	5	10	30
A	△	△	○	◎
B	△	△	○	○
C	△	△	△	○
D	△	△	△	○
E	△	△	△	△
F	△	△	○	◎
G	△	△	○	◎
H	△	△	△	○

* Oil ink solubility rate: △(little), ○(midium), ◎(large)

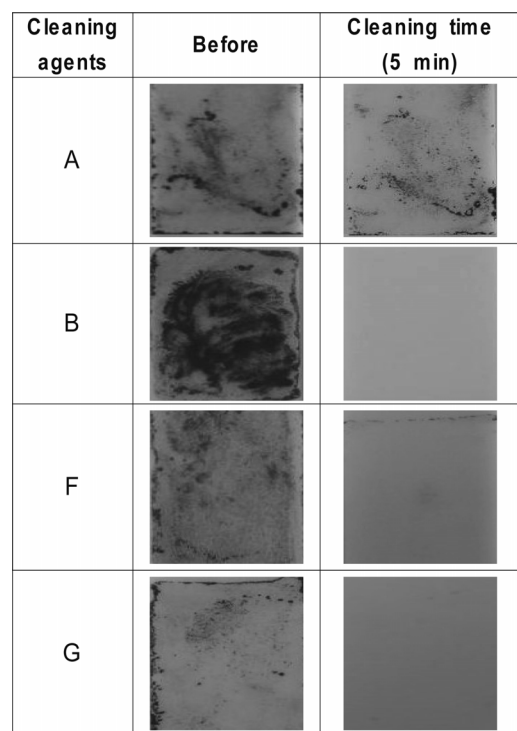


Figure 3. Comparison of toner powder cleaning performance for four different types of cleaning agents.

비슷한 용해정도를 나타내는 것으로 나타났다.

다음으로 토너가루에 대한 각 세정제의 세정정도는 Table 5와 같이 현장에서 사용되어지고 있는 A세정제를 기준으로 대부분의 세정제가 보다 뛰어난 세정효율을 보여주었다. 특히 세정제 B와 G가 5분 만에 완전히 세정되는 가장 뛰어난 세정효율을 보여주었다. 기존에 사용하고 있는 세정제 A와 비교하여 세정력이 우수한 세정제 B, F, G의 토너 오염물에 대한 5분 세정시간 후의 세정력 결과를 Figure 3에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 기존 세정제 A에 비하여 세정제 B와 G가 가장 우수하였고 세정제 F도 세정제 A보다 우수한 세정력을 보여주고 있음을 알 수 있다.

Table 6. Cleaning of shoe polish by various cleaning agents

Cleaning agents \ Cleaning time (min)	Cleaning time (min)				
	1	5	10	30	60
A	△	△	○	○	◎
B	△	△	○	○	○
C	△	△	○	○	○
D	△	△	△	○	◎
E	△	△	△	○	○
F	△	△	△	○	◎
G	△	△	△	◎	◎
H	△	△	△	○	◎

* Shoe polish cleaning rate: △(little), ○(midium), ◎(large)

구두약은 세정하기가 어려운 오염물로 이에 대한 각 세정제의 세정결과를 Table 6에 나타내었다. Table에서 보는 바와 같이 대부분 낮은 세정율을 보였지만 G세정제가 30분 만에 구두약 오염물을 완전히 세정하여 가장 뛰어난 세정효율을 보여주었다. 세정제 A, D, F, G는 완전 세정하는데 60분 걸렸고 나머지 세정제들은 60분 세정하여도 세정이 이루어지지 않았다. 토너 세정이 비교적 잘된 세정제 A, B, F, G에 대한 구두약 오염물에 대한 30 min 세정 결과를 Figure 4에 비교하여 나타내었는데 세정제 G가 세정력이 좋았고 세정제 G와 함께 토너 세정력이 우수하였던 세정제 B가 세정력이 가장 저조함을 보여 주었다.

3.3. 실제 부품에 대한 초음파 주파수별 세정성 평가

앞서 행한 물성과 거품성 그리고 여러 오염물에 대한 세정력 실험결과에서 우수한 성능을 보여 주었던 세정제를 선정하여 실제 오염된 레이저복합기의 초음파 세정공정에서의 세

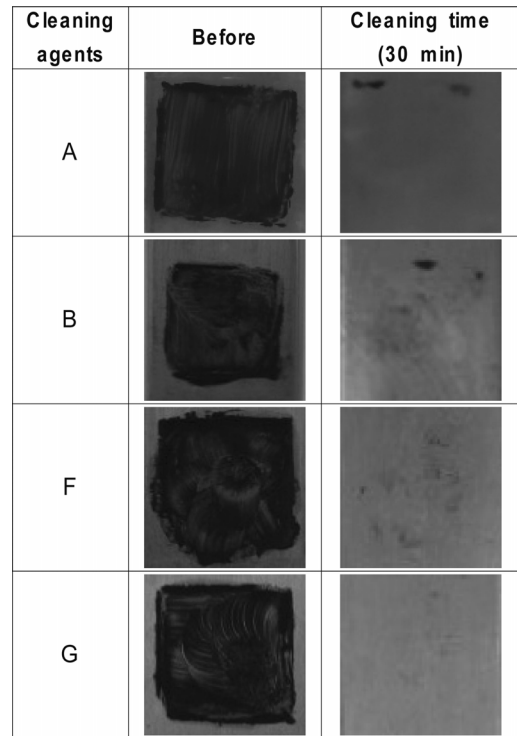


Figure 4. Comparison of shoe polish cleaning performance for four different types of cleaning agents.

정성을 평가하였다. 세정제 B는 저가이면서 토너 오염물 세정은 뛰어나지만 왁스형인 구두약 오염물에 대한 세정력이 떨어지고 소포성이 기존 A세정제와 비슷하게 나쁜 단점을 가지고 있고 세정제 F는 소포성이 우수하고 잉크, 토너, 왁스형 구두약 오염물에 대한 세정력이 세정제 A보다 전반적으로 우수하지만 가격이 기존 세정 A보다 50% 이상 고가인 단점이 있다. 이에 비하여 세정제 G는 기존 세정제 A에 비하여 낮은 pH와 낮은 거품성을 가져 물성과 거품성이 양호하고 본

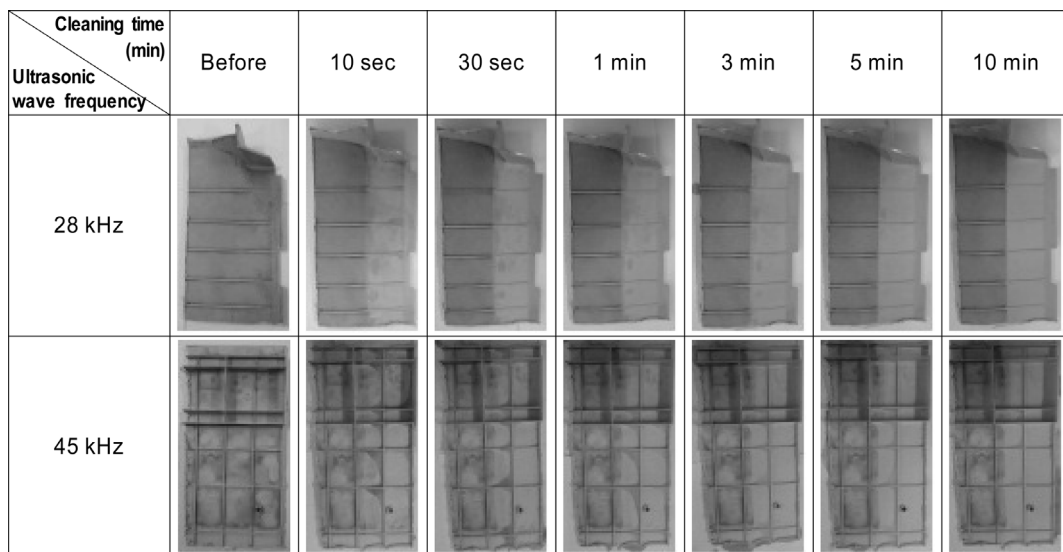


Figure 5. Ultrasonic cleaning performance of A cleaning agent.

Cleaning time (min) Ultrasonic wave frequency	Before	10 sec	30 sec	1 min	3 min	5 min	10 min
	28 kHz						
45 kHz							

Figure 6. Ultrasonic cleaning performance of G cleaning agent.

연구에서 수행한 모든 오염물에 대한 세정력이 세정제 A에 비하여 상당히 우수하고 구매 가격도 비슷하여 중고 디지털 레이저 복합기의 오염된 부품의 세정제로 선정하여 세정 실험을 진행하였다.

현장에서 사용되고 있는 세정제 A와 본 연구에서 양호한 세정제로 평가되는 세정제 G의 초음파 주파수별 세정성 평가 결과 100 kHz 주파수는 두 세정제 모두 거의 세정이 이루어지지 않아 초음파 주파수가 28 kHz와 45 kHz의 경우에 실제 두종류의 복합기 부품에 대한 세정제 A와 G의 세정성 평가를 진행하였다. 이 실험에서 세정 대상의 복합기 부품의 오른쪽 부분은 초음파 세정조에 침적시키지 않아 세정이 이루어지지 않게 하고 부품의 오른쪽 부분만 세정조에 침적함으로써 세정 진행 정도를 알 수 있도록 실험하였다. 이렇게 해서 얻어진 세정제 A 및 세정제 G의 침적세정결과를 각각 Figure 5와 Figure 6에 도시하였다. Figure 5와 Figure 6에서 각각 위쪽의 사진은 손때가 많이 묻어 세정이 어려운 복합기 외부의 부품 세정사진을 그리고 아래쪽의 사진은 비교적 손때가 아닌 먼지가 쌓여 굳어진 복합기 내부 부품의 세정사진을 도시한 것이다. Figure 5와 Figure 6의 위쪽 사진에서 보는 바와 같이 비교적 세정이 잘 안 되는 복합기 부품이라도 세정제 A는 세정시간 10분 이내 그리고 세정제 G는 세정시간 5분 이내 세정을 마칠 수 있음을 알 수 있다. 그리고 세정이 비교적 잘되는 복합기 부품의 경우 Figure 5와 Figure 6의 아래쪽 사진에서 보는 바와 같이 세정제 A는 3분 이내 그리고 세정제 G는 1분 이내 세정을 끝낼 수 있음을 알 수 있다. 이 실험에서 보는 바와 같이 세정제 A도 복합기 부품을 잘 세정하지만 세정제 G는 더욱 더 세정성이 좋음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구를 통하여 디지털 레이저 복합기 재제조 산업의 세

정공정에 사용하기 위하여 기존에 사용되고 있던 세정제 A보다 물성 및 세정성이 우수한 세정제 G를 선정하였다. 기존에 사용되고 있는 세정제 A와 비교하였을 때 세정제 G는 거품성 실험과 유성잉크 용해력에서 비슷한 결과를 나타내었지만 토너가루와 왁스형 구두약 오염물에 대한 세정성 평가에서 뛰어난 세정효율을 보여준다. 이를 적용한 실제 부품에 대한 초음파 주파수별 세정성 평가에서도 28 kHz의 초음파 주파수를 사용하였을 때 전체적으로 세정제 A보다 뛰어난 세정효율을 보여주어 디지털 레이저 복합기 재제조 산업에 적합하다고 판단되어 진다. 본 연구를 통하여 선정된 세정제 G를 사용하여 28 kHz의 초음파를 사용하여 초음파 세정을 적용한다면 오염된 레이저 복합기의 오염물을 3분 이내의 빠른 시간에 제거하여 전체적인 재제조 공정의 생산성 및 경제성 향상에 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

감사

본 연구는 지식경제부 자원순환 및 산업에너지기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=057&aid=0000039207>
2. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=143&aid=0000059970>
3. Bae, J. H., "Alternative Cleaning Agents and Alternative Cleaning Technologies for Replacing CFC," *Prospectives of Ind. Chem.*, **8**(2), 25-40 (2005).
4. Shin, J. H., Lee, J. H., Bae, J. H., Lee, M. J., and Hwang, I. G., "A study on the Cleanliness Evaluation Methods for the Selection of Alternative Cleaning Agents," *Clean Technology*,

- 15(2), 81-90 (2009).
5. Cha A, J., Park, J. N., Kim, H. S., and Bae, J. H.. "Evaluation of Cleaning Ability and Environmental Evaluation of Commercial Aqueous/semi-aqueous Cleaning Agents," *Clean Technology*, **6**(2), 73-87 (2004).
 6. Jeong, J. Y., Lee, M. J., and Bae, J. H., "A Study on the Performance Variations of Liquid-crystal Aqueous Cleaning Agents with their Formulating Components and Mixing Ratios," *Clean Technology*, **16**(2), 103-116 (2010).
 7. Park Y. B., Bae, J. H., Lee, M. J., and Chang, Y. S., "Evaluation of Soil Cleaning and Foamability of Various Cleaning Agents for Selection of Alternative Cleaning Agents for Remanufacturing of Used Digital Copy Machine.," Paper No. P-53, Fall Conference of the Korean society of Clean Technology, Nov. 19 Daejeon, Korea (2010).
 8. Durkee, J. B., "Management of Industrial Cleaning Technology and Processes," Elsevier, Amsterdam, 2006, pp. 191-293.
 9. Lee, H. J., and Chang, Y. S., "Development of the Disassemblability Evaluation Methods of the Products for Remanufacturing," *Clean Technology*, **13**(2), 134-142 (2007).