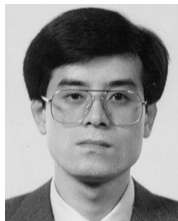


# 정밀인쇄용 레이저 제판 기술 및 시스템 개발 현황



**서 정**  
한국기계연구원

- 첨단산업기술연구부 책임연구원
- 관심분야 : 레이저 및 전자빔 응용가공기술 및 시스템 개발, 정밀용접, 미세접합, 미세패터닝
- E-mail: jsuh@kimm.re.kr



**이 제 훈**  
한국기계연구원

- 첨단산업기술연구부 책임연구원
- 관심분야 : 레이저 및 전자빔 응용가공기술 및 시스템 개발, 극미세가공 및 표면처리
- E-mail : jaholee@kimm.re.kr

## 1. 서 론

인쇄산업은 고도의 기술이 요구되는 지식산업인 동시에 정보를 저장하고 전달하는 매체산업의 근간으로서 확고한 위치를 다지고 있으며, 국가 경제면에서도 그 차지하는 비중이 점점 높아지고 있다. 인쇄의 종류, 용도 및 목적에 따라 다소간 차이는 있겠지만 인쇄의 미려성 향상, 다양한 재료적 적응성, 대량생산성, 제판공정의 단순화 등 일반적 기능에 더하여 사용용제에 의한 환경부담의 최소화, 인쇄작업후 잔류용제의 극소화 등을 통한 친환경성이 특히 식품 포장재 인쇄분야에 대두될 것이다.

인쇄란 도형이나 문자 또는 사진과 같은 원고로부터 화상의 판 또는 실린더를 만들고 인쇄잉크를 매개체로 하여 다량의 동일화상을 복제하는 기술이다. 인쇄공정에서 제판(printing plate or cylinder making)은 문자원고(활자 또는 사진식자)와 시각원고(사진 또는 회화)로부터 인쇄판(printing plate) 또는 인쇄롤(printing roll)을 제작하는 공정을 의미한다. 따라서, 인쇄공정은 제판과 인쇄를 모두 포함하고 있는 공정이므로 제판은 인쇄의 전단계이다. 또한, 원고의 화상을 인쇄판 또는 실린더로 재현하기 위한 제판기술은 기계공학, 재료공학, 화학공학, 전자공학, 광공학 등의 여러분야의 기초기술을 필요로 하며, 정밀기술분야에 속한다.

선진국의 제판기술은 기존의 필름 사용방식인 사진제판에서 전자제판(또는 레이저제판)으

로 급속히 발전하고 있으나, 국내 대부분의 제판업체에서는 필름(인쇄제조원가의 40%차지)방식을 채택하고 있으므로 고정밀·고부가가치의 제판을 하지 못하고 있다. 또한, 일부 업체에서 고가의 선진국 장비를 도입하여 사용하고 있으나, 관리·보수가 단시일내에 해결되지 못해 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 한국기계연구원에서 수행한 기본사업 "정밀인쇄용 레이저 제판시스템 설계기술 개발"과 관련한 국내·외 레이저 제판 기술 및 시스템 개발현황을 소개하고자 한다.

## 2. 관련 기술의 현황

인쇄판은 블록판, 평판, 오목판, 실크스크린(silk screen)의 4종류로 크게 구분될 수 있으며, 인쇄판의 제판방식은 그림 1과 같이 과학기술의 발전에 따라 사진제판에서 전자제판(또는 레이저제판)으로의 디지털화, 고성능화, 고정밀

화, 고부가가치화되어 가고 있다. 주어진 원고를 사용하여 선화용(line drawing) 네가필름(negative film)이나 스크린을 이용하여 촬영된 망목네가필름과 반전시키기 위해 밀착한 포지 필름(positive film)을 가지고 여러 가지의 필름 편집(layer out)을 걸쳐서 인쇄판을 만드는 공정을 사진제판이라고 한다. 그러나 사진적인 색분해 방식이 매우 복잡하므로 전자제판의 발달을 가져오게 하였다.

전자제판이란 전자기술을 이용하여 제판작업을 하는 것으로 사진적인 색분해방식에서 칼라 스캐너방식으로 전환되었을 뿐 아니라, 제판공정의 합리화, 생력화를 목적으로 하는 토탈적인 화상시스템으로 발전하고 있다. 칼라스캐너는 칼라원고의 농담, 색성분을 매우 작은 화소(pixel)로 분리하여 전기신호화하고 그것을 전자적으로 여러가지 화상처리연산을 가하여 색과 계조 등의 수정을 한 필름을 출력하는 장치로 일종의 필름출력기이라고 할 수 있다.

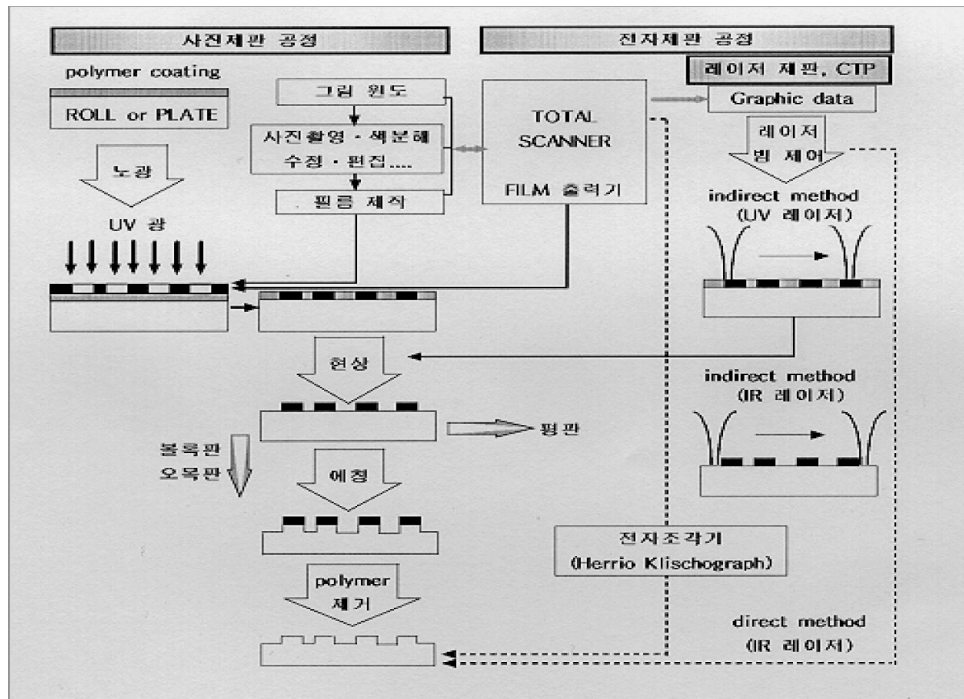


그림 1. 제판공정의 비교

사진제판이나 전자제판에서 제작된 필름을 사용하여 연속무늬로 인쇄하는 경우 인쇄물을 사용하게 되는데 감광성 폴리머가 코팅된 롤에 필름을 감을 때 이음매 부분의 처리가 어려우므로 숙련된 기술자가 필요하다. 또한, 필름을 반복하여 사용할 시의 필름 손상에 의해 반복 사용횟수의 제약이 따르며, 필름 보관 등의 문제점이 많으며, 정밀제판이 어렵다. 또한, 필름 출력기의 크기 제약으로 여러장의 필름을 만들어 편집하는데도 어려움이 많다.

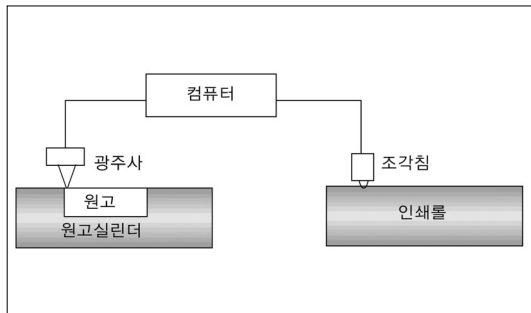


그림 2. 전자제판 조각기의 원리

필름없이 원고의 화상처리된 신호를 받아서 인쇄판을 직접 조각하는 장치인 전자제판 조각기(electronic plate engraver 또는 헤리오 제판기)가 1963년 독일의 Hell사에서 개발되었으며, 주로 그라비아판(오목판)제판에 활용되고 있다. 전자제판 조각의 원리는 그림 2와 같이 원고실린더에 원고를 밀착시키고 레이저를 주사하여 색의 농도에 따라 반사하는 광량을 아날로그



그림 3. HelioKlischograph K500(Hell사)

신호로 받아 디지털 변환하여 컴퓨터에서 색마다 연산을 행하고, 이 출력신호를 다시 아날로그 신호로 바꿔 다이아몬드 또는 초강체 조각침(stylus)에 전달한다. 이때 진폭의 크기에 따라 강약으로 동(Cu)도금 실린더에 점을 직접 조각하도록 되어 있다(그림 3, 4참조). 이러한 점들을 망점이라고 하며 조각침의 강약에 따라 망점의 크기와 심도가 달라지게 되며, 망점의 직경  $d$ 는  $d=4.33h$  ( $h$ : 심도)의 관계가 있다.

표 1은 망그라비아판과 헤리오판의 심도비교를 보여주고 있다. 전자제판 조각기에서 인쇄물의 동도금의 경도가 균일해야 하며, 작은 선이나 문자의 재현이 좋지 않으며, 또한, 조각침의 마모에 의해 면적이 좁아져 색이 옅어 질 수 있으며, 조각속도(cells/second)가 수 kHz (Max. 8kHz)수준으로 조각시간이 길다는 단점이 있다. 조각속도를 높이기 위해 piezo-electric

표 1. 망그라비아판과 헤리오판의 심도비교

175선의 망그라비아판	좌의 망그라비아판 심도에 해당하는 헤리오판
23m~24m	200선 최샤도우부 (심도 36 m 망점직경 155 m)
27m~28m	175선 최샤도우부 (심도 42 m 망점직경 180 m)
33m~34m	150선 최샤도우부 (심도 50 m 망점직경 215 m)
37m~38m	137선 최샤도우부 (심도 53 m 망점직경 230 m)



그림 4. Gravostar(Daetwyler사)

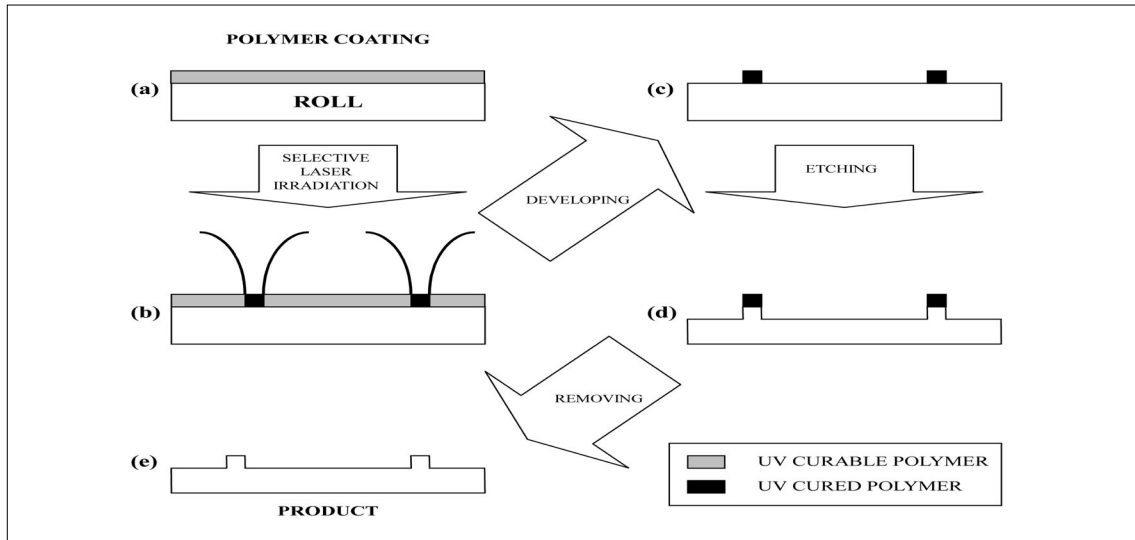


그림 5. 자외선(UV, Ultra-Violet)레이저와 광경화성 폴리머(Photoresist)를 사용한 레이저 간접 각인 원리



그림 6. Laser Stream(Think사)



그림 7. Digital(Schepers Ohio사)

type을 개발하고 있으며, 현상, 에칭 등의 공정이 없으므로 무공해 방식이라는 점에서 장점을 갖고 있다. 최근에는 디지털 데이터를 저장하였다가 원고없이도 제판이 가능하도록 기능이 향상되고 있다.

전자제판 조각기와 같이 필름 없이 직접 제판하는 방식으로 레이저 제판 방식이 있으며, 컴퓨터에서 화상처리된 그래픽 데이터를 이용하여 레이저 빔을 인쇄판에 직접 조사하여 제판하는 방식이다. 일명 CPT(Computer To Plate)라고 하는 장비는 옵셋인쇄(평판인쇄)에 있어 컴퓨터 데이터를 직접 PS판에 레이저로 노광을 주어 제판이라는 공정을 자동으로 수행하는 출

력장비이다. CTP는 필름제작에 따른 시간, 노력, 비용을 절감하며 제판에 사용되는 필름 및 현상용 액체들의 사용을 배제함으로써 공해발생 요인을 제거할 수 있다. CTP는 독일 하이텔 베르크/클레오, 아그파, 헬 등 7~8개 제품이 있으며, 한국에서는 (주)알티즌에서 국산화하여 판매하고 있다.

CTP는 감광판 또는 감열판을 드럼에 붙여 레이저 노광하여 인쇄판을 만들며, 제판된 인쇄판을 인쇄기 판통에 걸어 인쇄를 하게 되며 평판 옵셋인쇄용으로 한정되어 있다. 그러나, 그라비아 인쇄(오목판)에서는 금속 실린더(또는 롤)를 프렉소 인쇄(볼록판)의 경우에는 고무롤(볼록판)

을 직접 제판하고, 이 인쇄물을 인쇄기에 걸어 사용하게 된다(프렉소 고무판과 같이 유연성이 있는 인쇄판의 경우 드럼에 감아서 부착한 상태로 제판할 수도 있다).

그라비아 또는 프렉소 인쇄용 실린더(롤)의 레이저 제판(CTR : Computer To printing Roll)기술에서는 롤 표면에 도포한 광경화성 또는 광분해성 폴리머에 레이저빔을 조사하여 폴리머와 레이저빔의 광화학적 반응으로 무늬 이미지를 만든 후 에칭하여 각인하는 간접적인 방법과, 롤 표면에 레이저를 조사하여 롤 재료와 레이저빔간의 열적 반응으로 무늬가 각인되는 레이저 직접 각인(Laser Direct Engraving) 방법이 있다.

레이저 간접 각인 방법은 자외선(UV, Ultra-Violet) 레이저와 광경화성 폴리머(photoresist)를 사용하는 방법과 적외선(IR, Infrared) 레이저와 광분해성 폴리머를 사용하는 방법으로 구분될 수 있다. 두 방법은 사용되는 레이저와 폴리머의 차이로 인해 네가티브 패턴 형성 또는 포지티브 패턴 형성이라는 점에서 차이가 있을 뿐 원리는 동일하다. 전자의 방법은 그림 5과 같이 레이저 빔이 조사된 부위의 폴리머는 광경화가 되어 남게 되고 조사가 되지 않은 부분은 현상시 제거된다. 이 방법에서는 기존의 인쇄물 사진제판업체에서 사용하는 광경화성 폴리머를 사용할 수 있다는 장점이 있으며, 그림 6과 같이 일본 Think사 제품이 있다. 이 장비는 (주)용덕산업에서 보유하고 있으며 그라비아 인쇄를 제판에만 사용된다. 후자의 방법을 Laser Ablation이라고도 하는데 빔이 조사된 부위의 폴리머가 분해되어 제거되는 원리를 이용한 것으로 일명 black polymer인 광분해성 폴리머가 도포된 롤을 사용한다. 그림 7와 같이 Schepers-Ohio사의 Digilas 시스템이 이에 속하며, 그라비아와 프렉소 인쇄를 모두 사용할 수 있다. 이 장비는 한일레이저조각에서 수입하

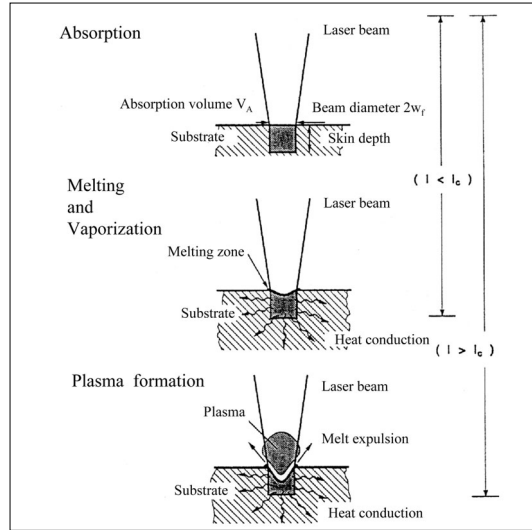


그림 8. 레이저 직접 각인 원리



그림 9. Laserstar(Daetwyler사)

여 사용하고 있다.

그림 8와 같이 레이저 직접 각인 방법에서는 집속된 열원에 의해 기화(Vaporization), 용융 또는 화학분해(Chemical Degradation)가 일어나므로 집속렌즈의 보호 및 용융방울 등을 불어내기 위해 보조가스 또는 활성가스가 함께 사용된다. 예를 들어, 플라스틱 유리를 각인할 때는 기화와 용융이 발생하므로 공기 또는 불활성 가스제트가 필요하다. 나무와 폴리머의 각인에서는 화학적 산화 또는 분해가 일어나 잔류 카본(Carbon)이 퇴적되므로 공기로 불어 내어야 한다. 유리나 대리석 또는 세라믹의 각인

에서는 열응력에 의한 손상이 일어날 수 있다. 스테인레스 강, 구리와 같은 금속각인의 경우는 비금속에 비해 가공이 어려우므로 에너지 밀도를 높이고 발열반응(Exothermic Reaction)을 일으키기 위하여 수 kW급 고출력의 레이저 빔과 산소와 같은 반응가스가 필요하게 된다. 따라서, 현재 인쇄를 각인에 사용되는 시스템은 그림 9의 Daetwyler사의 Laserstar가 있으며, 일반적으로 그라비아 인쇄를 코팅에 사용되는 구리 대신 저융점의 zinc가 코팅된 실린더를 사용하고 있다.

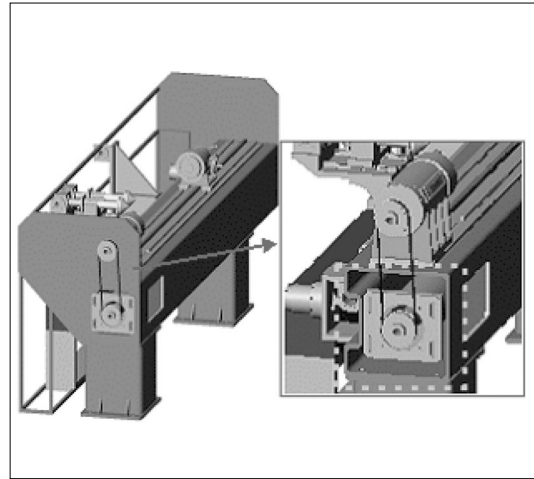


그림 11. 회전구동부

### 3. 한국기계연구원의 기술개발 현황

#### 3.1 기계 구동부 3차원 설계

2차원 CAD 도면을 그림 10와 같이 3차원 CAD S/W(SolidWork)을 활용하여 시스템의 다양한 변화를 검토하였으며, 조립 분해 시뮬레이션을 통해 설계상의 오류를 줄일 수 있었다. 기계 구동부는 인쇄를 회전구동부와 레이저 빔 집속헤드 이송부로 구성된다. 그림 11의 롤 회전구동부는 부하를 줄이기 위해 감속기와 Servo-Motor로 구성되며, 감속기는 벨트를 사용하였다. Servo-Motor와 회전구동부를 연결하는 벨트의 슬립영향을 극복하고 1회전의 정

확한 시간을 측정하기 위해 회전구동부측에 별도의 엔코더를 설치하였다. 레이저 빔 헤드 직선이동부는 2m이상의 거리를 이동하며, 특히 1회전당 10 $\mu$ m이송정밀도를 가지도록 하였다. 특히, LM이 부착되는 부분에 강성을 주기 위해 그림 11의 점선부와 같이 고강성 단면구조를 가지도록 하였으며, 고강성부에 LM을 설치하여 진동을 방지하였다. 레이저 빔 초점거리 조정부 는 레이저 빔이 인쇄를 표면에 집속되도록 하기 위한 구동부로 Ball screw & LM 방식을 채용하고 있다.

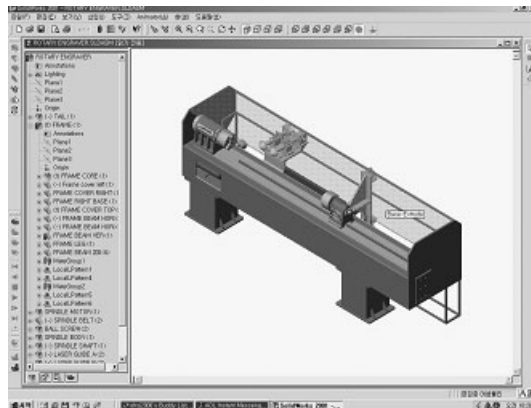


그림 10. SolidWorks를 이용한 3차원 설계 예

#### 3.2 인쇄를 레이저 제판 시스템 구성 및 평가

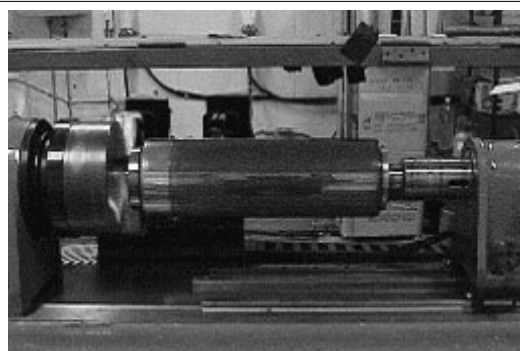
확보된 공정 및 장치 설계기술의 평가를 위해 선행연구로 확보하고 있는 직물나염용 레이저 각인 장비(Rotary Engraving System)를 부분적으로 수정·교체·보완하여 활용하였다. 구성된 인쇄를 레이저 제판 시스템은 그림 12과 같으며, 시스템 운영 개략도는 그림 13과 같다.

시스템은 자외선(UV) 및 적외선(IR) 레이저, 레이저 빔의 on/off 제어를 위한 AO modulator, 레이저 빔 전송을 위한 광학계, 고

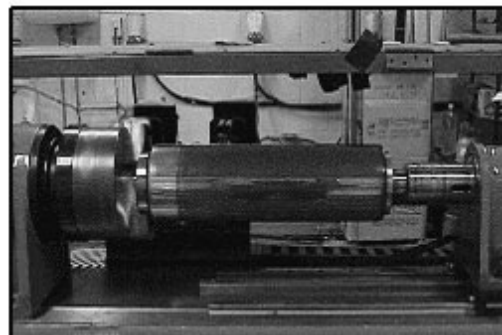
분해능의 로타리 엔코더, 제어용 PC, 구동모터 및 드라이버 등으로 구성된다. 시스템에서는 광경화성 폴리머를 경화시키는 공정(예: 그라비아 공정)의 경우, Ar-ion 레이저를 사용하였으며, 플렉소 고무롤을 직접 제거(Ablation)하는 공정(예: 플렉소 공정)에서는 Nd:YAG 레이저를 사용할 수 있다.

그라비아 인쇄용 롤에는 화상의 계조를 나타

내기 위해 오목형이 망점(halftone dot)이 형성되어 있으며, 망점들이 잉크를 전이하여 화상을 피인쇄물에 재현하게 된다. 망점 데이터는 그림 원고로부터 망점 변환 소프트웨어를 통하여 생성되며, 이 데이터 신호와 레이저 빔을 on/off 제어하는 A/O 모듈레이터가 동기됨으로써 레이저 빔 조사에 의한 직접 패터닝 작업이 이루어진다. 원고로부터 연속계조의 망점을 만드는 망



(a) 그라비아 인쇄롤



(b) 플렉소 인쇄롤

그림 12. 인쇄롤 제판 장면

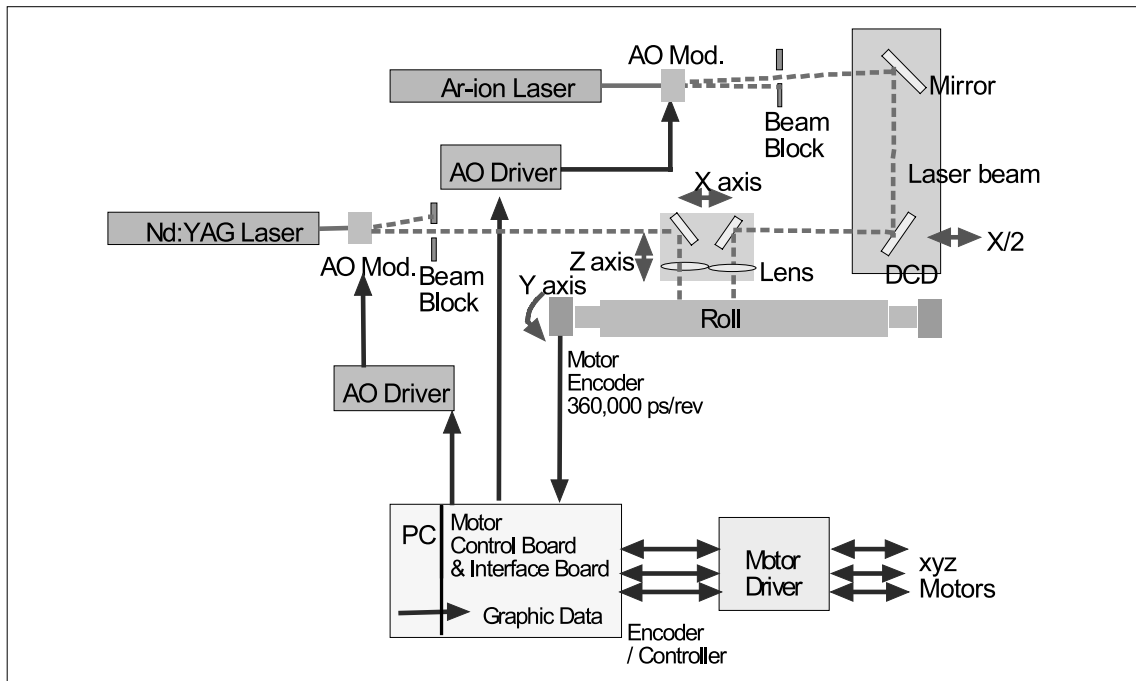


그림 13. 시스템 운영 개략도

점변환 소프트웨어들은 adobe photoshop을 비롯하여 다수가 있으나, 이들은 대부분 평판 오프셋 인쇄용 망점화 프로세싱에 적합하고, 그라비아 제판용으로 사용하기 위해서는 프로그램의 수정이 필요하다. 또한, 그 출력상태가 그라비아 인쇄 매커니즘에서 원하는 기능을 충족해 주기 어렵다. 한편, 대부분의 망점화를 위한 상업용 인쇄 소프트웨어들은 패키지로 판매되고 있으며, 그 원시프로그램들이 비공개로 되어 있기 때문에 망점 변환 소프트웨어를 개발하여 사용하였다. 그림 14는 망점변환 소프트웨어를 보여주고 있으며, 망점 변환된 데이터를 패터닝 시스템으로 보내면서 작업이 되도록 하는 제어부와 인터페이스되어 하나의 운영소프트웨어로 구성되어 PC에서 작업이 가능하다.

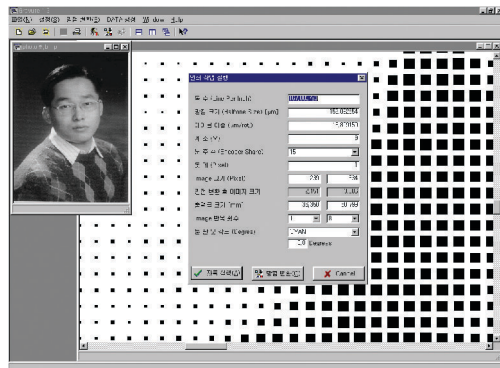


그림 14. 망점 변환 S/W

컬러 그라비아 인쇄방식으로 인쇄물을 만들기 위해서는 기본적으로 CMYK 즉, Cyan(푸른색,  $-15^\circ$ ), Magenta(붉은색,  $15^\circ$ ), Yellow(노란색,  $0^\circ$ ), black(검정색,  $45^\circ$ )의 4판이 분판되어 잉크가 전이되어야 하며, 모아레 현상을 방지하기 위해 일정각도를 가지고 있다. 망점 패터닝 실험을 통해 레이저 광경화 및 현상한 후의 CMYK(Cyan, Magenta, Yellow, black)의 망점형상의 예가 그림 15에 나타나 있다.

일반적으로 오탁판 인쇄방식인 그라비아는

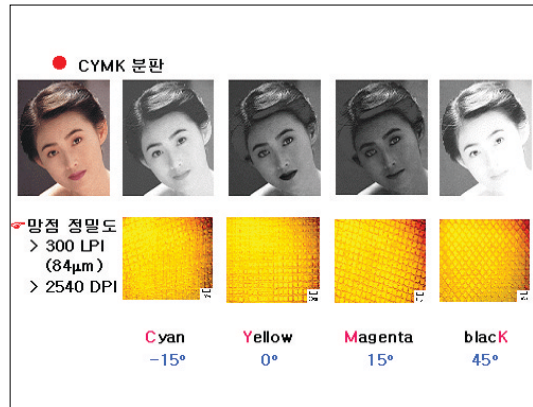


그림 15. 레이저 제판된 그라비아 인쇄물과 CMYK 분판된 망점 패턴

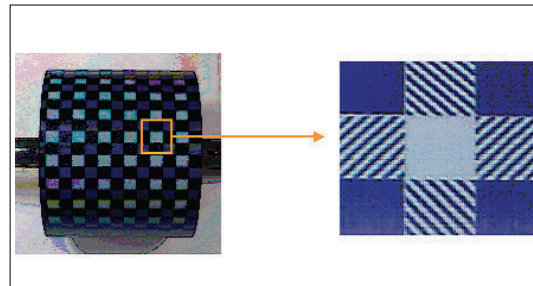


그림 16. 플렉스 고무롤의 광경화 미세 패터닝

잉크의 포켓 즉, 망점이 마름모 또는 정사각형인 것이 잉크를 긁어내기(doctoring)하는데 가장 바람직하다. 따라서, 실시간 직접 패터닝 실험을 한 결과, CMYK 분판에 따른 설계목표인 >200LPI 수준의 망점 구현이 가능함을 알 수 있다.

그림 16은 레이저 빔 출력 500mW, 회전속도 300rpm의 경우 플렉스 고무롤의 광경화 미세 패터닝 결과를 보여주고 있다. 에칭공정을 통하면 경화되지 않은 부분의 고무가 에칭이 되어 각인이 된다. 한편 고무롤 또는 수지를 사용한 플렉스 인쇄도 선진국에서는 골판지 인쇄 수준에서 벗어나 식품포장재 인쇄로 그 영역을 확대하고 있으며, 또한 그라비아 인쇄와 같이 계조를 나타내기 위해 halftone dot를 그림 17과 같이 갖도록 하고 있다. 따라서, 본 연구의 망점 형성기술은 플렉스 제판에도 효과적으로 적



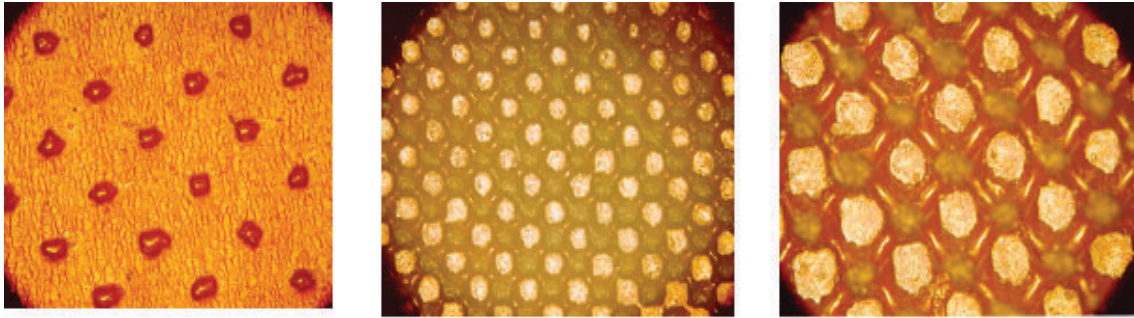


그림 17. 망점 형상(Flexo)

용될 수 있다고 할 수 있다.

그림 18은 Nd:YAG 레이저로 직접 각인된 플렉소 고무롤을 보여주고 있다. 레이저 직접 ablation 실험을 위하여 Lee Laser사의 718TQ cw 60W급 Nd:YAG 레이저(=1.06 $\mu$ m)를 사용하였으며, 레이저 빔 on/off 제어를 위한 AO 모듈레이터는 Neos사 제품으로 rising time은 230ns이다. 레이저의 출력이 60W급 Nd:YAG 레이저이기 때문에 직접 각인이 가능한 조건에서는 롤의 회전속도를 10rpm 이상으로 높이기 어려웠다. 따라서 레이저로 직접 각인하는 속도는 출력이 높은 레이저가 있으면 가능한 것으로 판단되므로 이를 위한 기초연구로 A/O-Q Switch를 사용하여 레이저 빔을 펄스화하면 침투출력을 높일 수 있기 때문에 가공

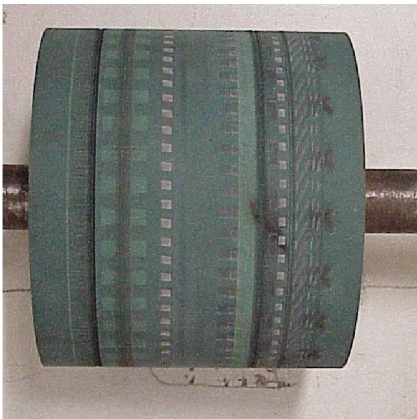


그림 18. 레이저 직접각인된 고무롤 표면

속도를 향상시키고자 하였다. 플렉소 고무롤 가공에서의 주요 공정 변수로는 레이저 펄스출력, 펄스 반복율 그리고 가스압이 있으며 라인을 충첩하기 위한 라인간의 피치가 주요한 변수로 작용하고 있다.

### 3.3 CTP(Computer To printing Plate) 방식으로의 적용

인쇄를 뿐만 아니라 플렉소 인쇄판, 광도판, 도광판 등 평판 미세 패턴닝의 요구가 확대됨에 따라 확보된 CTR 기술을 CTP 방식의 레이저 제판시스템으로 적용하고자 하였다. 데이터 처리 방식은 CTR 방식을 그대로 사용할 수 있음을 알 수 있다. 레이저 직접 조사 및 제거 기술을 이용하여 평판 미세 패턴 제작을 위한 레이저 제판 시스템의 설계를 하였다.

그림 19는 CTP 방식의 레이저 제판시스템의 개략도를 보여주고 있다. CTR 방식과 같이 레이저 외부에서 빔을 on/off 하기 위해 AO 모듈레이터를 사용한다. 이 장치는 레이저 내부에 장착되는 mechanical shutter의 on/off 제어 시간이 길어 빔 제어가 용이하지 않을 때 보완하는 기능을 가진다. 특히, 펄스 빔 보다는 연속빔 모드에서 테이블 구동과 연계하여 패턴닝을 할 때 사용된다. 또한, 외부 동기 신호에 의한 Interlock으로도 사용할 수 있다. CTR 방식과 같이 레이저 빔 집속헤드의 이동에 따른 초

점크기의 변화를 제거하기 위해 DCD 장치를 채용하고 있다.

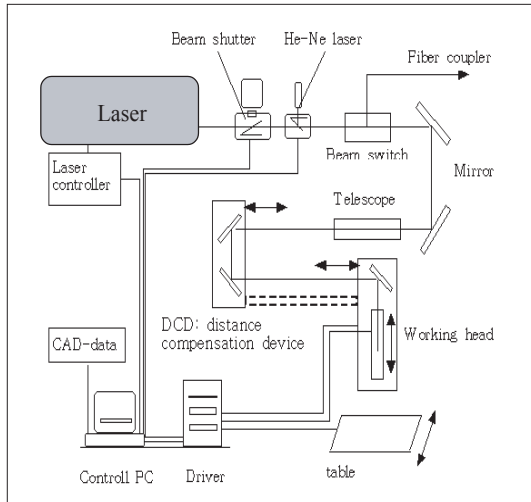


그림 19. CTP 방식의 레이저 제판시스템의 개략도

#### 4. 고찰

CTR 핵심기술들은 광학용 진단장비, 지리정보시스템, 표면정밀가공, 조폐산업, 반도체 회로 및 패턴 각인 등 타산업으로의 응용이 가능하며 기술적 파급효과가 클 것으로 예상된다. 또한, 외국산 장비의 수입 대체 효과로 국내 인

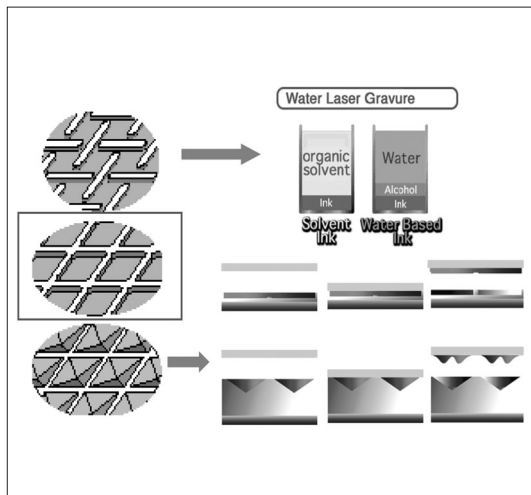


그림 20. 망점 형성(Gravure)

쇄장비 시장을 방어하고 수출 경쟁력 확보로 무역수지의 개선이 가능하다.

특히, 인쇄제조원가의 40%를 차지하던 필름을 과감히 배제함으로써 원가 절감 및 품질혁신을 실현하여 인쇄경쟁력을 확보할 수 있으며, 국내업체에서 저가의 국산시스템이 개발되면 구입하고자 하는 의지가 강하므로 레이저 제판시스템이 국산화되면 제판기술이 선진국 수준까지 향상되어 고정밀·고부가 가치의 인쇄물의 생산이 가능하게 될 것이다. 제판분야에서 첨단 장비를 통한 공정개선과 작업자동화를 실현하여 고급인력을 업계에 유치하고 근무인력을 재교육 재배치함으로써 산업전반에 시너지 효과를 발생시킬 수 있다.

특히, 포장인쇄방법중 연포장 및 필름인쇄에 주종인 그라비아 인쇄는 일정한 인쇄물의 대량생산과 인쇄품질의 미려화, 다양한 인쇄재료의 적응성 등 장점에도 불구하고 유성잉크(용제:톨루엔)를 사용하기 때문에 환경성 문제가 큰 제약조건으로 대두되고 있으며, 특히, 식품포장지의 경우 기존의 v형 망점단면 형상의 경우에는 그림 20에서와 같이 톨루엔의 잔취로 사용이 규제될 것으로 예상된다.(□ : 레이저 제판 현재수준) 따라서, 수성잉크에 적합한 망점 형성기술이 필요할 것이다. 또한, 수성잉크의 건조특성이 유성잉크에 비해 매우 낮아 기존 인쇄기에서 사용하는 속도인 150-200 m/min으로 인쇄가 어려워 생산원가에 큰 영향을 미치게 되므로 수성잉크의 고속 건조 기술의 개발이 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] Chan Y. C., et. al, "Development and Application of Laser Writing Lithography System for Maskless Patterning," Optical Engineering, Vd.

- 37, No. 9, pp.2521-2530, 1998.
- [2] Schaper C. D. et. al., "Application of Control and Signal Processing to the Microlithography Process," Proceeding of the 1999 IEEE 25th Annual Conference of The IEEE Industrial Electronics Society, Vol. 1 V.1, 1999.
- [3] Ayraas P., Jabbour G. E., Honkanen S. and Peyghambarian N., "Self-aligned Photoresist Patterning for Integrated Optics," Optical Engineering, Vol. 39, No. 2, pp. 575-576, 2000.
- [4] Baumann B. and Bargon J., "Conducting polymer pattern via Laser Processing," Applied Surface Science 106 pp.287-292, 1996.
- [5] Witzgall G., Vrijen R. and Yablonovitch E., "Single-shot Two-photon exposure of Commercial Photoresist for the production of Three-dimensional Structures," Optics Letters, Vol. 23, No. 22, pp.1745-1747, 1998.
- [6] Saint Christophe E., Fremont H. N'kaoua G. and Danto Y., Application of the Theoretical Model for Line Width Control in Photoresists Sensitized by a Laser Beam," Electronics Letters, Vol. 33, No. 12, pp. 1049-1051, 1997.
- [7] Arnone C., "The Laser-plotter : A Versatile Lithographic Tool for Integrated Optics and Microelectronics," Microelectronic Engineering, Vol. 17, pp.483-486, 1992.
- [8] von Gutfeld R. J., Gelchinski M. H. and Romankiw L. T., "Maskless Laser Patterning for Gold Plating of Microelectronic Materials," J. Electrochem. Soc., Vol. 130, No. 9, pp.1840-1844, 1983.
- [9] Hirayuki O., "Photoresist for PDP," Electronic Parts and Materials, Vol. 37, No. 2, pp.45-48, 1998.
- [10] Ahn B. Y., "Printing Engineering," Sejinsa, Korea, 1997.
- [11] Shin J. S., "Gravure Printing & Flexible Packaging," Insoegaesa, Korea, 1989.
- [12] Xiao H. H., "Laser Technology Application in Gravure Printing," Proc. SPIE Vol. 2118, pp.209-212, 1994.
- [13] "Gravure Process and Technology," Gravure Association of America, 1991.
- [14] Suh J., Bae S. H. and Han Y. H., "Gravure 1.2," S/W Registration No. 99-01-12-6264 (Korea), 1999.
- [15] Delabastita P. A., "Screening techniques, moire in four color printing." Proc. TAGA, pp.44-65, 1992.
- [16] Ihrig S and Ihrig Emil, "Preparing digital image for print," McGraw-Hill book Co., Singapore, 1996.
- [17] 한국기계연구원, 정밀인쇄용 레이저 제판시스템 설계기술개발, 1차년도 보고서 (UCN088-830·M), 2001. 2.
- [18] 한국기계연구원, 정밀인쇄용 레이저 제판시스템 설계기술개발, 2차년도 보고서 (UCN100-897·M), 2002. 1.