

레이저 가공 기술의 최근 적용 현황

김 정 오, 이 제 훈,
서 정, 정 재 필*

한국기계연구원 레이저응용연구그룹
*서울시립대학교 신소재공학과

1. 서 론

첨단산업의 발달과 함께 산업전반에 걸쳐 부품의 극소화, 경량화 그리고 고집적화 추세가 확대되고 있으며 이에 부응하기 위하여 기존의 공정을 대체할 수 있는 신 공정 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근 다품종 소량생산, 신제품 개발주기의 단축 그리고 특수 전용부품의 주문제작이 증가함에 따라 유연성 있게 이에 대처할 수 있는 공정개발의 필요성이 증대되고 있다. 이에 부응하기 위해 나타난 공정이 레이저가공으로서 고속 고정밀도의 가공을 가능하게 하고, 전자회로기판에서의 전자부품의 고밀도 실장을 가능케 한다. 또한 신소재 및 복합재료의 가공이 가능하며, 환경 친화적이기 때문에 전기전자 분야에의 도입도 활발해지고 있다.

2 레이저 가공기술의 적용분야

2.1 동적 마킹(Dynamic marking)

동적 마킹은 콘베이어 벨트를 따라 움직이는 물체에 각인하는 방법이며, 잉크젯 또는 기계적인 각인방법이 주로 사용되었다. 그러나, 최근에는 잉크젯 시장의 25%를 레이저가 잠식하였으며, 앞으로 잠식 추세는 확대될 전망이다.

2.2 레이저 마이크로 솔더링

레이저 마이크로 솔더링⁽¹⁾은 레이저를 사용하여 그림 1와 같이 순차적으로 접합하는 공정을 대체하는 공정이다. 그림 2과 같이 레이저에 의해 납을 녹이므로 인접한 패드 사이가 동시에 녹지 않는다. 따라서, 패드사이에 브릿지가 일어날 가능성이 최소화되며 인접한 부품에 손실을 끼치지 않고 열을 가할 수 있기 때문에 초집적 패키징 디바이스에 이상적이며 재접합(Repair)이 용이한 방식이다.

레이저 종류에 따라 장단점이 있지만 CO₂, 엑시머, Nd:YAG, 다이오드 레이저를 사용하여 공정이 가능하며, 솔더 페이스트 도포, 부품 실장과 같은 다른 공정과 통합도 가능하다. 0.3mm 피치간격의 SMT(Surface Mount-ed Technology)에서도 적용 가능하다는 보고가 있으며, 공정 중에 접합부 상태를 모니터링 하면서 레이저 출력을 제어하는 방식도 개발되고 있다. 레이저 솔더링의 단점중 하나인 생산성이 낮은 측면을 보완하기 위해서 광섬유나 특별한 광학부품으로 빔을 다중분할하거나 레이저 공진기 양쪽에서 빔을 사용하는 방식으로 동시에 여러 접합부에서 공정을 진행하는 방안이 연구되고 있다.

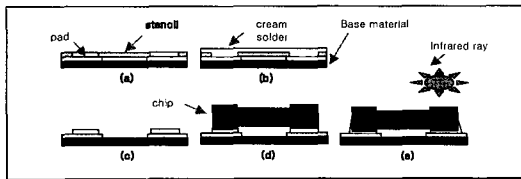


그림 1 SMT공정의 간략도

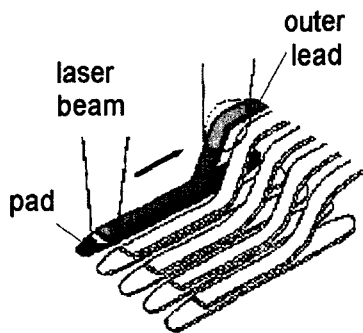


그림 2 레이저 마이크로 솔더링 공정과 시스템⁽²⁾

2.3 Micro machining

고밀도의 기판제작의 필요성이 대두되면서 기판 면적의 증가 없이 기판의 복잡성을 증가시키기 위해 레이저 미세 가공기술이 개발되고 있다.

마이크로 프로세서와 컨트롤 칩이 핀 수가 208핀 수를 넘음으로서 BGA와 플립 칩과 같은 정교한 기술은 플라스틱 캐리어를 micro via hole 레이저 드릴링함으로써 이들 IC들의 연결을 가능하게 하고 있다. 또한, MCM (Multi-Chip Modules)과 같은 기술은 복잡한 IC들을 높은 밀도로 연결하는 것이 필요하며, 레이저 미세가공 기술은 이를 서로 근접하여 위치시킬 수 있게 해준다. 하드디스크 드라이브 시장에서는 FPC (Flexible Printed Circuits)들이 가는 와이어를 대신해서 네 개의 핀 헤드와 드라이브 회로 사이의 전기적인 연결을 하는데 사용되고 있다. 이때 레이저는 연결 패드를 드릴링하고 FPC 자체를 절제하는데 사용된다. 그림 3은 마이크로 머시닝 기술을 이용한 가공물의 예를 보여주고 있다.

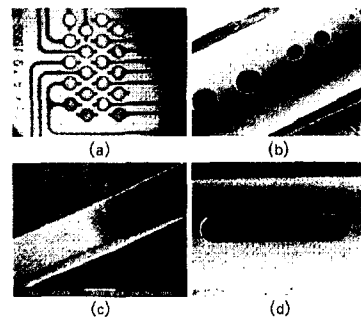


그림 3 레이저 마이크로머시닝(micromachining)에 의한 정밀가공⁽³⁾:

- (a) skiving of flexible circuits,
- (b) skived holes of medical device,
- (c) parylene removed from precious metal pin,
- (d) 450µm long slot in 25µm thick plastic

2.4 반도체 분야

엑시머(Excimer) 레이저를 이용하는 리소그라피는 90년대의 두드러진 시장중의 하나로 부각되고 있다. 이 UV도구는 0.18 μm 의 라인 폭을 제공하며 굴절과 반사를 이용하는 이미지 시스템을 이용하여 DRAM 생산에 이용되고 있다. 레이저는 리소그라피 도구, 에칭 또는 포토 마스크 위의 얇은 필름의 막을 복구하는데 사용되고 있다. 레이저빔을 웨이퍼 표면에 조사하면 원하지 않는 불순물들이 제거되게 되는데, 이 레이저 기술을 사용한 웨이퍼(wafer)의 건식 크리닝은 측면습식, 탄소 산화물, UV-OZONE등의 기술들과 경쟁하면서 점차 시장을 파고들고 있으며, 높은 초기 투자비용과 성능이 시장에서의 중요 논점이 되고 있다.

레이저빔을 이용한 실리콘의 표면과 용적(bulk) 머시닝은 MEMS의 가공에서 이용되고 있으며 모든 종류의 레이저는 일반적인 리소그라피 기술을 대체하여 직접적으로 실리콘을 가공할 수 있다. 그림 4과 같은 레이저 가공 중 마이크로웨이브 장치의 세라믹 머시닝과 스크라이빙(scribing)은 CO₂레이저가 탁월한 기능을 하고 있다. 또한 이 세라믹은 MCM활용을 위한 기관으로도 사용되므로 레이저 가공의 활용범위가 넓어지고 있다.

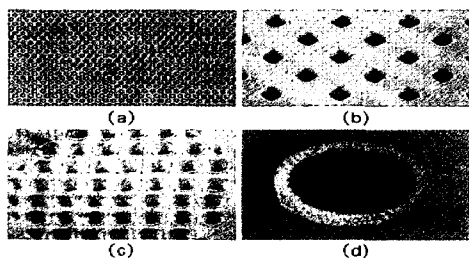


그림 4 레이저 마이크로 드릴링⁽³⁾
 (a) 25 μm dia. hole array in polyimide,
 (b) 100 μm ×100 μm square via array,
 (c) 25 μm dia. blind via drilled in ceramics,
 (d) 100 μm dia. flow orifice in Molybdenum

2.5 데이터 저장장치 분야

많은 마이크로 머시닝 전문가들에게 데이터 저장 시장은 매우 큰 의미를 띄고 있으며, 코어(core)기술과 같이 레이저 마이크로머시닝 어플리케이션은 매우 유동적인 공업에 보조를 맞추면서 나타나고 있다. 레이저들은 그림 5와 같이 헤드를 드라이브 회로에 연결하기 위해 작은 와이어를 벗기는데 사용되어진다. 또한 하드드라이브에서 헤드가 최적 미끄럼 높이에서 이송되도록 하는 에어 베어링을 레이저로 가공하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 고밀도 드라이브에서 필요한 표면 품질은 diode pumped solid state 레이저의 향상된 pulse-to-pulse 안정성, 높은 반복율 그리고 solid state 신뢰성을 요구하고 있으며 이러한 레이저에 대한 요구는 고밀도 플로피 드라이브와 다른 저장장치에서도 요구되고 있다.

VCR, DVC, DVD와 같은 디지털 테이프 장치의 등장은 레이저 기술이 레코드 헤드 생산에 기여할 것을 요구하고 있으며, 디지털 TV가 점차 개발되어져감에 따라 레이저 가공에의 새로운 기회를 제공하고 있다.



그림 5 레이저에 의한 와이어 스트리핑핑(stripping)⁽³⁾
 (a) 48 gauge stripped wire,
 (b) teflon stripped wire

2.6 레이저 인쇄 제판

레이저 인쇄제판은 기존의 필름 감광법의 필름제작공정을 대체하여 레이저 광원으로 직접 제판용 인쇄판을 제작하는 방법이다. 즉, 자외선 및 적외선 영역의 파장을 가진 레이저를 사용하여 인쇄판에 도포된 수지를 감광 혹은 Ablation 시켜 디자인된 무늬를 인쇄판에 식각하는 기술이다. 이러한 방법은 기존의 필름 감광법의 필름 제작공정이 필요하지 않을 뿐 아니라 μm 단위로 빔을 집속시켜 인쇄의 기본단위가 되는 Cell(그림 6)을 가공하므로써 고해상도의 출판물을 제작할 수 있다. 현재 레이저 인쇄 제판은 날염용 드럼 제작 및 그라비아 제판용 인쇄판 제작에 사용되고 있다. 특히 그라비아 인쇄 분야에서 이러한 기술의 적용은 기존의 수작업을 통해 이루어지는 인쇄판 제작공정의 재현성을 향상시켜 동일한 품질의 인쇄물을 연속적으로 제작할 수 있을 뿐 아니라 높은 해상도로 인해 시각을 중시하는 패션 잡지에서 널리 환영받고 있다.

레이저 인쇄 제판의 응용분야는 Embossing Roll 제작 및 PCB 기판 제작으로 그 영역이 확대되고 있다. 특히, Embossing Roll 제작에서의 응용은 기존의 제작방법이 구현할 수 없는 미세한 형태의 3차원 무늬를 가공할 수 있는 기술이 개발되어 고부가가치의 상품을 생산에 활용하고 있다. 또한, PCB제작 산업에서는 기존의 Screen Printing 기술이 구현할 수 없는 선폭의 패턴을 제작할 수 있는 장점으로 인해 현재는 시작품 제작에 활용되고 있지만 대량생산에의 적용을 위한 연구가 진행되고 있다.⁽⁴⁾

현재 날염제판, 그라비아 인쇄, Embossing Roll에 관련된 레이저 제판의 세부 기술은 이미 국내에서 개발된 상태로 상품화 준비중이나 제판에 사용되는 수지의 국산화가 이루어지지 않아 이에 대한 연구가 필요하다.

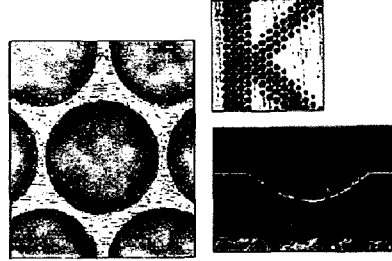
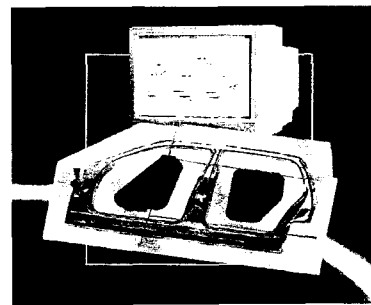


그림 6 Laser Engraved Cells⁽⁴⁾

2.7 자동차분야에의 레이저의 적용

자동차 산업은 선진국에서 레이저 가공 기술이 가장 활발하게 사용되고 있는 제조업 중의 한 분야이다. 자동차 산업에서는 각종 부품 및 차체에 레이저 절단, 레이저 용접 및 레이저 클래딩(Cladding)이 효과적으로 쓰이고 있다. 특히, 그림 7과 같이 레이저 용접된 테일러드 블랭크(Tailored Blank)⁽⁵⁾는 기존의 저항 점용접을 사용한 자동차의 설계 및 생산 방식의 경제적·기술적 한계를 극복하여 차체의 경량화 및 생산성 향상을 달성하기 위한 핵심기술로 대두되고 있다. 국내에서도 완성차 업체 3사를 중심으로 차체에 레이저 용접된 테일러드 블랭크를 활용하는 단계에 있고, Inner Door를 시작으로 하여 레이저 용접 응용 경량화 차체 개발에 매진하고 있다. 한편, 테일러드 블랭크를 적용한 자동차 범퍼빔 제작기술도 범퍼 전문 생산업체에서 개발되어 적용되고 있다. (그림 8 참조)



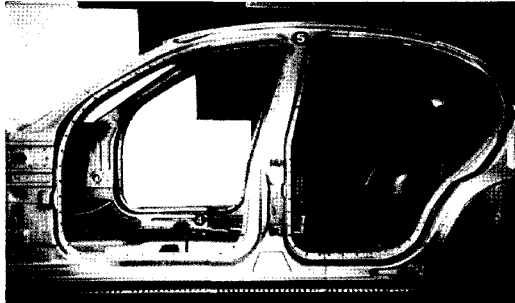
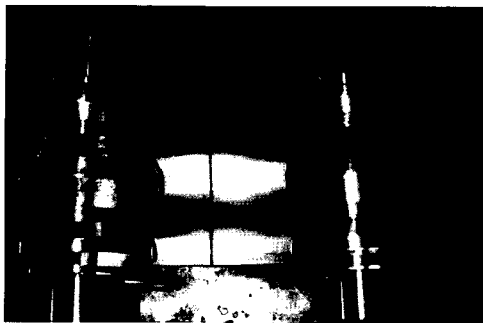


그림 7 테일러드 블랭크의 차체 적용⁽⁵⁾



(a)



(b)

그림 8 (a) 범퍼빔용 테일러드 블랭크의 레이저 용접
(b) 범퍼빔용 테일러드 블랭크의 성형

레이저 클래딩은 기지금속 표면에 내마모성, 내식성 및 내열성 등 필요한 성질을 부여하기 위하여 이종금속을 표면상에 첨가시킨 후 용융시켜 접합하는 것이다. 이러한 금속의 표면구역만을 개선하는 방법은 기지금속 자체의 기본적인 강인성을 유지하면서 외부의 가혹한 환경에 견딜 수 있는 표면층을 형성하는 것이다. 이 경우에 두 금속의 접촉계면에서는 용융 접합이 이루어지므로 첨가금속의 희석을 가능한 극소한으로 제한하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다. 이종금속을 기지금속에 첨가시키는 방법으로는 크게 기지금속표면에 금속 페이스트나 판재 형태를 부착시킨 후 레이저 빔을 조사하는 방법과 이종금속을 Powder 혹은 Wire 형태로 레이저 빔 조사면에 동시에 공급하는 방법이 있다. Powder 동시공급 방식은 위에 언급한 다른 방법에 비하여 이종금속의 공급량 조절이 가능하고 열 흡수율이 높은 이점이 있다. 레이저 클래딩 공정의 주요 독립변수로는 레이저 출력, 빔 크기, 시편의 이송속도, 에너지 흡수율, 첨가금속(Powder 형태) 공급량, 재질의 열, 물리적 성질, 클래딩층의 중첩도 그리고 보호가스의 종류등을 들 수 있다. 이러한 공정변수들이 클래딩층에 미치는 영향에 대해서는 다수의 연구논문이 발표되어 있다.

레이저 클래딩기술의 적용 분야로는 자동차 산업의 엔진 밸브, 알루미늄 부품, 발전설비분야의 Turbine Blade 그리고 기계부품등에 일부 실용화되고 있으며 방산, 항공우주산업등에 실용화가 기대되고 있다. 특히, 부품의 경량화 추세와 더불어 산업 전반에 걸쳐 알루미늄 합금의 사용이 확대되고 있는 상황에서 이들 부품의 표면 특성을 변화시키기 위하여 선별적으로 처리가 가능한 레이저 클래딩 기술의 필요성이 점차 증가하고 있다. 최근 선진국에서는 클래딩기술을 이용하여

단 시일 내에 복잡한 형태를 갖는 Molds나 Dies 등의 3 차원 형태의 부품을 제작하는 Laser Direct Casting Process 기술이 개발되어 응용단계에 있다.

그림 9은 자동차 엔진 실린더의 레이저 클래딩을 하고 있는 장면을 나타내고 있다.



그림 9 자동차 엔진 실린더의 cladding 장면

- (3) 윤경구 외, “레이저 응용 마이크로 머시닝 기술”, 기계와 재료(11권4호), 1999
- (4) 서정 외, “Laser를 이용한 Roll 각인 기술 개발”, 한국기계연구원 보고서, 1998
- (5) 서정 외, “이중두께강판의 CO₂레이저 용접 및 성형성”, 대한용접학회지(14권 1호), pp45-54, 1996

3. 결 론

최근 레이저 가공기술은 마킹, 솔더링, 미세가공, 반도체공정, 메모리장치 등으로 적용 영역이 확대되고 있다. 특히 레이저 제판, TWB(Tailored Welding Blank) 적용기술은 시스템 국산화 수준까지 도달하였으며, TWB 적용 자동차도 생산되고 있다. 최근에는 NT(Nano-Technology), BT(Bio-Technology) 분야의 연구가 확대되고 있으므로 이 분야와 연계된 레이저 가공기술 개발에 중점을 두어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 한유희 외, “레이저를 이용한 Micro-soldering기술개발”, 한국기계연구원 보고서, 1998
- (2) 한유희 외, “레이저가공기술의 현황과 전망”, 기계와 재료(11권1호), 1999