

대면적 FPCB 절단을 위한 레이저 가공 시스템 설계

Laser Processing System Design for FPCB cutting of a Large Area

*윤광호, #이재훈, 김경환

*K. H. Yoon, #J. H. Lee(jaholee@kimm.re.kr), K. H. Kim
한국기계연구원

Key words : Laser, scanner, on-the-fly, FPCB cutting

1. 서론

최근 레이저 응용기술이 더욱 발전하여 태양전지, 디스플레이, 전자부품, 자동차 산업에 폭넓게 적용되고 있다. 예로 비아홀 천공(Via-hole drilling)⁽¹⁾, FPCB 절단⁽²⁾, 레이저 표면 패터닝⁽³⁾ 등이 있다. 최근 레이저 미세가공의 경향은 초정밀 형상 정밀도를 요구하면서 또한 대면적의 고속가공을 원하는 추세이다. 스캐너 광학계를 이용하여 대면적을 가공할 수 있는 방법으로 긴 focal length를 가진 object lens를 이용하여 한번에 스캐닝가공할 수 있다. 그러나, 500x500 mm의 스캔 영역을 가공하려면 약 1000mm의 focal length를 가진 object lens가 필요하며, 렌즈자체의 왜곡과 스캐너의 thermal drift에 의한 오차가 focal length에 비례하여 커진다. 결국 기구조립과 스캐너의 thermal drift의 관리같은 하드웨어적인 요소가 최종 정밀도를 결정하게 되며, 500x500mm 이상 가공영역의 long-focal 스캐닝 가공으로 현실적으로 불가능하다. 이는 레이저 초정밀 가공 한계에 이르게 된다. 이를 극복하기 위한 방법으로 리니어 스테이지와 스캐너의 연동을 통한 하이브리드 타입의 가공 방법이 개발되고 있다. 시초는 스캔영역 안에서만 가공하는 방법이었고, 그 다음은 “Step & Scanning” 방법으로 스테이지가 정지하는 동안 스캐너가 가공하며, 가공 후 스테이지가 다시 이송을 하게 되어 Step 이송 방식을 하게 된다. 이 방법은 연속 가공 방식이 아니라 피가공물의 이음매 등의 품질 발생가능성이 있으며 가공속도가 느리다. 그림 1은 레이저 가공방법을 비교하였다. 반면, 현재 논문에서 제안하는 방식은 “Scanner-stage on-the-fly”방식으로써, 스캐너와 스테이지를 동기화 하여 연속 가공이 가능하다. 제안하는 방법을 적용할 시 가공품질의

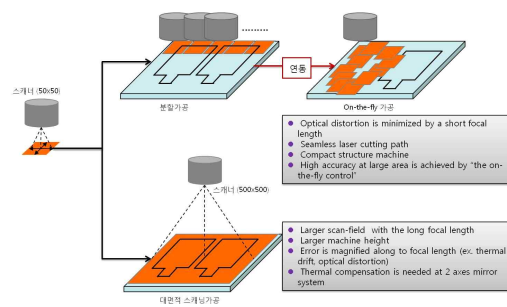


Fig. 1 Laser fabrication comparison

향상 및 가공 속도가 증대 될 것이라고 기대된다.

2. 소프트웨어

최적 경로생성은 레이저 연동 레이저를 구동하기 위해서 스테이지의 경로를 계산하여 스캐너-스테이지 모두 최적의 가공 경로를 갖게 되어 궁극적으로 최적의 가공 품질 및 속도를 보장하게 된다. 이때 스테이지의 경로는 주축으로써 가공도면을 단순화한 경로가 되며 미세한 가공 부위는 스캐너

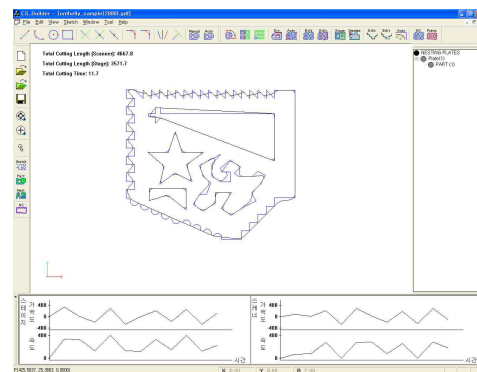


Fig.2 Optimal path simulation

가 주로 담당하게 된다. 최적경로생성 알고리즘을 위해서는 그림 2과 같이 가공도면에서 스테이지의 경로를 생성하게 되는데, 스테이지의 가공경로를 최소화하면서 가공속을 최소화하는 방향으로 최적화 하는 알고리즘을 채택한다. 이때 스캐너의 가공영역이 가공도면을 포함할 수 있는 구속조건으로 가지고 있다. 또한, 가공 품질의 향상을 위해서 정속의 가공속도를 유지함으로써 가공시편에 단위시간당 레이저 에너지 조사량을 일정하게 하는 것이 핵심기술이다.

3. 하드웨어

실제 스캐너가 작업할 수 있는 영역은 하기의 그림과 같은 50x50 mm 영역에 2^{20} 분해능으로 가능하다. 그러나, 대면적 FPCB에 작업을 위해서는 넓은 영역의 스캐너가 필요하게 된다. 스캐너의 작업영역은 스캐너 앞단에 장착되어 있는 초점렌즈의 초점거리에 연관이 있으며 초점거리가 클수록 작업영역은 증대되나, 분해능의 제한되어 있으므로 정밀한 가공이 불가능하다. 개발한 방법은 스캐너 제어보드에서 2^{20} 으로 전체 좌표를 표현하며, 이론적으로 x축, y축의 좌표 값의 범위는 (0,0)을 좌표의 중점으로 하여 양의 방향으로 +524287음의 방향으로 -524288까지 표현할 수 있다. 이 스캐너 제어보드에 MOTF 제어보드를 결합하면 넓은 범위를 가공할 수 있는 지령이 가능하여진다. MarkAbs_1, JumpAbs_1 명령은 long(32bits) 범위를 지령할 수 있는 명령어이다. 실제가공 가능한 범위는 2^{20} 이며, long 값의 virtual scan field 를 2^{20} 값의 범위에서 가공하기 위해서는 스테이지 엔코더 신호를 입력받아 다음과 같은 virtual scan field 를 actual scan field 로 좌표 변환이 필요하다.

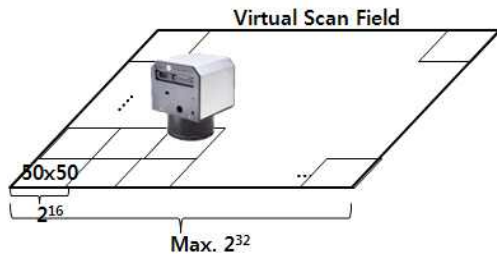


Fig.2 Virtual scan field concept for a large area scan

Table 1 On-the-fly board spec.

component	spec
Scanner Board DSP	TMS320C6727, floating point, 350MHz (고성능 DSP)
Scanner Board FPGA	XC3S400
MOTF 레이저 통신방식	32 Bit Parallel (고속신호전송)
MOTF 모듈 FPGA	XC95144
MOTF interface	별도의 보드, 커넥터로 직접 scanner board 부착
Actual Field	2^{20}
내부 DSP Firmware 및 DLL	32 bit
Data 출력시간	5 μ s

표 1은 스캐너와 스테이지를 연동하기 위한 on-the-fly 보드의 스펙이다.

4. 결론

우리는 FPCB 절단을 위한 레이저 가공 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 레이저의 focal length 늘이지 않으므로 정밀도를 유지하면서 대면적의 가공이 가능하다. 레이저 가공의 생산속도와 가공 품질의 향상이 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천 과제에 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Goldenberg, A. A. and Bezerghi, A., 1985, " Preview Approach to Force Control of Robot Manipulators", Mechanism and Machine Theory, Vol. 20, No. 5, pp. 449~464.
2. White, F. M., 1974, Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill, New York, pp. 163~189.
3. Zhang C., Salama I. A., Quick N. R., and Kar A., "Modeling of microvia drilling with Nd:YAG laser," J. Physics D: Appl. Phys, Vol. 39, pp. 3910-3918, 2006
4. Shin D., Lee J., Sohn H., Noh J., and Paik B., "A FPCB cutting process using a pico-second laser," JLMN, Vol. 5., No. 1, pp. 48-52, 2010