

차체 사이드 패널 조립을 위한 디지털 레이저용접 셀 구현

박홍석[#], 최흥원^{*}, 감무진^{**}

Implementation of Digital Laser Welding Cell for Car Side Panel Assembly

Hong Seok Park[#], Hung Won Choi^{*} and Mu Jin Kang^{**}

ABSTRACT

Because of the turbulent markets and the increasing demand on product quality, the application of new technology to practice is increasingly important. In case of automotive industries, they take interest in laser welding to solve these problems because laser welding has many advantages such as good accessibility, welding quality, fast welding speed and so on. To apply this technology to welding of car body, the data of laser welding are collected through lots of the experiment according to the material, geometry and layer number of welding points. Based on the experiment results and the information of product, i.e. the car side panel, the clustering of stitches for laser welding was carried out and the optimal equipments are selected through the comparison between the requirements of welding and the potential of equipments. Using these results, laser welding cell for the car side panel are configured with the concept of the digital manufacturing, which ensures maximum planning security with visualization and simulation. Finally, the optimal laser welding cell is chosen by the evaluation of alternative cells with assessment criteria.

Key Words : Laser Welding System(레이저용접 시스템), Facility Planning(공장계획), Digital Manufacturing(디지털 제조), OLP(Off-Line Programming)

1. 서론

오늘날 심화되는 국제 경쟁력은 제조업체들로 하여금 제품개발기간의 단축, 제조비용의 절감은 물론 품질향상을 위해 새로운 제조기술의 개발을 요구하고 있다. 국내의 대표적인 제조 산업중의 하나인 자동차산업의 경우에는 고안전성과 연비절감이라는 두 가지 큰 요구사항을 접하고 있다. 설계

의 측면에서 이들을 고려하여 본다면 고안전성은 차체강도의 향상을 의미하고, 연비절감은 차체 경량화 문제로 다루어질 수 있다. 차체는 패널로 구성되어 있으므로 강도의 개선은 단지 패널자체의 강도를 결정하는 소재의 문제로 다루어질 수 있다. 하지만 차체는 많은 수의 패널들의 조립으로 구성되어지므로 패널간의 조립강도 또한 중요한 문제로 다루어진다. 일반적으로 패널간의 조립

접수일: 2004년 10월 29일; 게재승인일: 2005년 2월 18일

[#] 교신저자: 울산대학교 기계자동차공학부

E-mail phosk@ulsan.ac.kr Tel. (052) 259-2294

^{*} 울산대학교 기계자동차공학부 대학원

^{**} 성균관대학교 기계공학부

은 용접을 통해서 이루어지고 있으므로 용접강도는 차체강도 문제에 있어서 중요한 영향요소로 취급되어진다. 또한, 자동차업체에서는 차체 경량화를 위한 노력의 일환으로 패널간의 용접을 위한 결합부의 면적을 최소화할 수 있는 TWB(Tailor Welded Blank)나 하이드로 포밍(Hydro Forming)과 같은 기술을 이용하여 차체를 제작하고자 노력하고 있다. 이와 동시에 기존의 강판 위주의 차체 패널들을 알루미늄이나 마그네슘 등의 새로운 소재로 대체함으로써 전반적인 차체 경량화를 꾀하고 있다.^{1,2}

하지만 기존에 사용되어오던 스폿용접으로는 새로운 소재와 기술을 이용한 차체조립을 수행할 수가 없다. 이러한 문제들을 극복하기 위해서 차체의 용접시 신기술인 레이저용접으로 기존의 스폿용접을 대체하고자 연구를 진행하고 있다. 레이저용접은 우수한 접근성, 빠른 용접속도 및 우수한 용접 품질을 가지고 있어서 자동차 제조업체에서는 레이저용접 기술개발 및 적용이 시도되고 있다. 이미 유럽이나 북중미의 자동차업체에서는 레이저를 이용한 차체 용접을 수행함으로써 차체 조립라인의 셀 수를 줄이는 동시에 차체의 강도의 향상 및 차체의 경량화를 꾀하고 있다.

독일의 Benz 에서는 루프와 리어 웬더를 결합시키기 위해서 우선 레이저를 이용하여 절단을 하고,

절단 부분을 레이저를 이용하여 용접하는 방법을 사용하였다. 스웨덴의 Volvo 에서는 이미 1988 년에 6kW CO₂ 레이저 시스템을 갖추었고 1991 년에는 Volvo 850 계열의 생산에 레이저용접을 적용하였다. BMW 와 Volkswagen 에서는 루프와 리어 웬더의 용접부를 2 겹 구조화함으로써 비교적 낮은 파워를 제공하지만 공정의 유연성을 크게 증가시킬 수 있는 Nd:YAG 레이저를 도입하였고, AUDI 에서는 Seam tracking system 을 이용하여 레이저용접 적용을 위한 특수 지그 없이 용접을 수행하였다.^{3,4,5,6} 국내의 자동차산업의 경우에는 레이저용접이 활성화되어 있지 않아서 겨우 차체의 일부에 대해서만 레이저용접을 적용하고 있는 실정이다. 하지만 레이저용접의 필요성을 인식하고 점차 차체 전체로의 확장을 위해서 실험과 연구를 계속 진행하고 있다.

이러한 노력의 일환으로 본 논문에서는 기존의 스폿용접으로 수행되어지던 차체 사이드 패널 조립 셀의 일부를 레이저용접 셀로 전환하고자 하였다. Fig. 1 은 레이저용접 셀을 구현하기 위한 절차이다. 또한, 새로운 생산기술인 레이저를 도입하는데 있어서 공정계획이나 시스템 구성에 소요되는 시간과 경제적 위험을 줄이고자 셀의 구성 및 평가단계에서는 디지털 제조기술을 이용하고자 하였다.

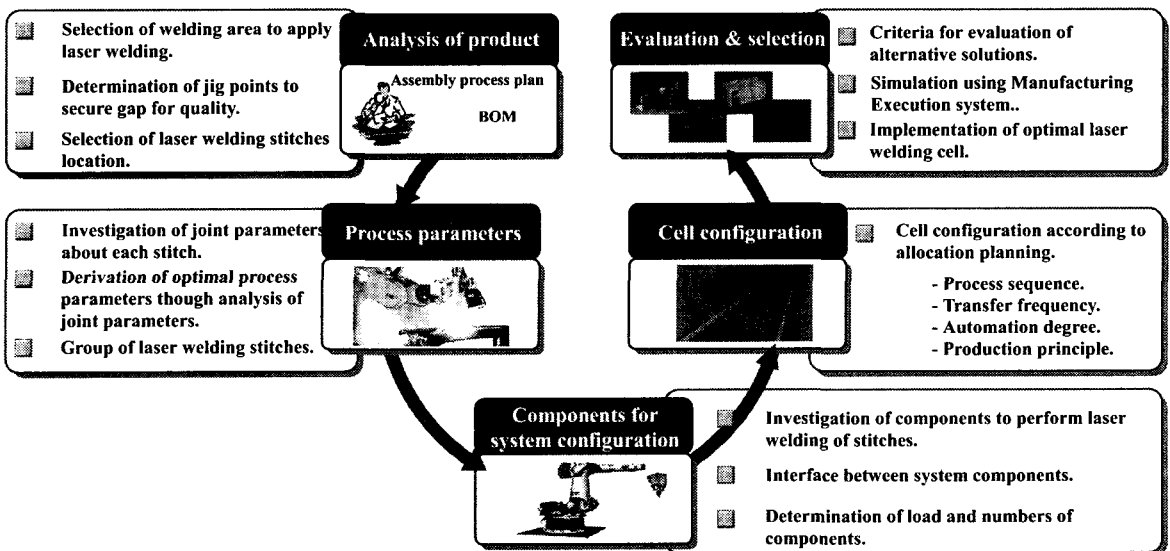


Fig. 1 Systematical procedure for planning laser welding cell

2. 레이저용접 특성

2.1 레이저용접의 장점

현재 대부분의 자동차 조립업체들은 스폿용접을 이용하여 차체(BIW; Body In White)를 조립하고 있다. 스폿건의 전극을 통해 흐르는 전류에 의해서 발생하는 저항 열을 이용하는 스폿용접은 전류의 통전을 위해서 패널의 양방향으로 접근이 가능해야 한다. 이러한 이유로 대부분의 스폿건들은 부피가 크고 무거우며 경우에 따라서는 용접작업을 수행하기 위해서 잦은 방향전환을 필요로 하게 된다. 이는 시스템의 유연성과 공구의 접근성을 크게 떨어뜨림으로서 결과적으로는 용접을 수행하는 전체 시스템의 셀 수를 증가시키게 된다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서 제안된 레이저용접의 경우에는 용접헤드에서 빔을 쏘아주는 방식을 택하고 있으므로 용접헤드가 패널의 한 방향으로만 접근이 가능하더라도 충분히 용접공정을 수행할 수 있다. 이는 스폿용접을 수행할 때에 비하여 제품설계의 측면에서도 유연성이 크게 증가될 뿐만 아니라 공정계획시 공구의 접근성과 유연성이 향상되어 용접에 소요되는 시간을 크게 줄일 수 있다. 이밖에도 레이저용접은 스폿용접보다 적은 차체 변형, 미려한 외관을 가질 뿐만 아니라 용접강도의 향상을 기대할 수 있다. 또한, 보강재의 삭제, 부품 수의 감소, 용접을 위한 패널의 접침부 최소화 등의 잇점을 가지므로 레이저용접은 스폿용접에 비해 상당한 차체의 경량화를 이룰 수 있다.

2.2 레이저용접 프로세스와 영향 인자들

레이저용접을 수행하는 방법은 크게 열전도용접(Heat conduction welding)과 키홀용접(Keyhole welding)으로 나눌 수 있다.⁴ 열전도용접은 용접헤드로부터 조사된 레이저빔이 가진 열에너지에 의해 모재를 용접하는 방법으로 빠른 용접속력을 가지나 충분한 열에너지를 공급받지 못하기 때문에 용접부의 깊이가 깊지 못한 단점을 가지고 있다. 또 다른 방법인 키홀용접은 모재에 열에너지를 충분히 공급함으로써 모재에 키홀을 발생시키고 이를 이용하여 용접을 수행하는 방식이다. 생성된 키홀내에서는 빔이 난반사를 일으키게 되므로 용접의 깊이가 깊어진다. 대부분의 자동차 차체 조립은 패널간의 용접이므로 용접의 신뢰성

확보 및 모재의 용융증기의 배출을 용이하게 하기 위해서 패널을 관통하는 키홀용접 방식을 사용한다. 또한 용접의 품질과 신뢰성 확보 등과 관련하여 필요에 따라서는 플라즈마 가스제거를 위한 보호 가스나 filler wire 와 같은 보조 재료를 사용하기도 한다.

이러한 레이저용접을 효과적으로 수행하기 위해서는 용접에 영향을 미치는 영향요소들을 충분히 고려한 다음에 공정계획을 수립하여야 한다. 우선 레이저용접은 패널간의 갭이 용접 품질을 결정하는 중요한 요인이 되므로 적절한 갭을 유지하기 위해서 지그를 사용하게 된다. 자동차에 주로 사용되는 아연도금 강판의 경우는 레이저 용접시 모재인 강의 용융점(1320° C)보다 아연도금 층의 기화점(910° C)이 낮은 관계로 패널사이의 기화된 아연가스의 배출구가 없을 경우 용접부 내부로 증기가 침투하여 용접불량의 원인이 될 수 있다. 그러므로 아연도금강판의 경우는 레이저용접을 적용하기 위해서는 패널간의 갭이 0mm < gap ≤ 0.2mm 를 만족해야 한다. 또한 패널이 4 겹 이상인 경우에는 용접 신뢰도에 문제가 발생하고, 표면의 반사도가 높은 경우에도 모재에 입열량이 줄어들어 용접 불량이 발생한다.

레이저용접은 규칙적인 점 형상을 가지는 스폿용접과는 달리 다양한 길이의 용접선을 가지는 용접이다. 일반적인 용접 실험이나 기존의 연구 자료들은 이런 각 용접선을 대상으로 수행되어졌는데 이를 스티치(stitch)라고 한다. 스티치를 대상으로 수행된 실험과 기존의 연구 자료^{4,5} 들을 바탕으로 획득한 레이저 용접에 영향을 미치는 인자들을 fig. 2 에 나타내었다.

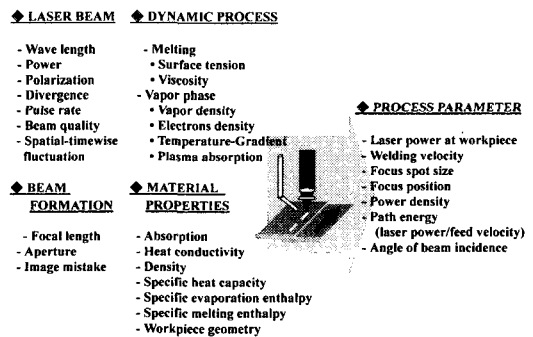


Fig. 2 Important influential variables of laser welding process.

공정계획단계에서 이와 같이 다양한 용접 영향요소들을 모두 고려하는 것은 불가능하다. 본 논문에서는 fig. 2 에 제시한 영향인자들을 바탕으로 용접 품질을 확보하기 위한 각 스티치의 최적 프로세스 영향인자를 결정하고자 하였다. 그 결과로 빔의 입사각, 레이저의 파워, 용접속도, 용입깊이와 용접선의 경로를 효과적인 레이저용접을 수행하기 위한 프로세스 영향인자(process variables)들로 선정하였다.

프로세스 영향인자들은 스티치가 놓여진 위치나 형상 및 재질 등의 조건에 의해서 결정된다. 이러한 조건들을 조인트 영향인자(joint variables)라 하였고, 스티치를 조인트 영향인자의 측면에서 분석하여 프로세스 영향인자들을 결정하고자 하였다. 조인트 영향인자는 다시 접합부의 형상에 따른 기하학적인 영향인자(geometrical variables)와 용접이 행해지는 접합부의 재질 등의 기술적인 영향인자(technical variables)로 나누었다. 기하학적인 영향인자는 용접부의 형상, 용접부의 위치, 법선방향으로의 곡률, 접선방향으로의 곡률과 스티치의 경로에 대한 정보를 포함하고 있다. 또한, 기술적인 영향인자는 재질, 두께, 패널의 겹수, 패널사이의 갭, 표면의 상태와 표면의 코팅상태로 구성된다.

이렇게 파악된 조인트 영향인자와 프로세스 영향인자사이의 상관관계를 파악하기 위해서 fig. 3 과 같은 매트릭스를 이용하였다. 이를 조인트 영향인자의 각 특성에 따라 용접 수행을 위한 프로세스 영향인자를 선정하는데 응용하도록 하였다.

		Joint Variables											
		Geometrical Variables					Technical Variables						
Process Variables	Angle of beam incidence	⊙	⊙										
	Laser power							⊙	⊙			⊙	⊙
	Welding speed							⊙	⊙			⊙	⊙
	Welding depth							⊙	⊙	⊙			
	Teaching points			⊙	⊙	⊙							

Fig. 3 Relationship of process variables and jointing variables.

3. 레이저용접 셀의 구성 방안

3.1 Product 분석을 통한 스티치의 그룹화

본 논문에서 레이저용접을 적용하고자하는 차체 사이드 패널 제조공정은 사이드 인너 패널과 사이드 아웃 패널의 조립을 수행하는 공정이다. 기존의 공정에서는 두 패널들의 결합을 위해서는 패널의 외부와 내부에 걸쳐 거의 250 여 점의 스폿용접을 수행하여 왔다. 이를 레이저용접으로 전환하기 위해서는 대상물의 정확한 분석을 통하여 레이저용접 적용가능성과 요구사항을 파악하여야 한다. 레이저용접 공정의 기본단위인 용접 스티치를 생성하기 위해서는 무엇보다도 용접의 품질을 확보할 수 있는 갭 조건을 충족해야한다. 이 기능은 위치고정을 위해 설치한 지그에 의해 수행된다. 또한, 용접을 시작하는 초기 단계에서 차체의 형상을 잡아주기 위해서 수행되는 용접점인 키 용접점과 레이저용접 적용이 용이치 못한 용접점들에 대해서는 기존에 적용되던 스폿용접을 그대로 적용하고자 하였다. 일반적으로 레이저용접이 용이하지 못한 점들이란 오늘날 산업에서 적용되는 레이저기술로써는 요구되는 제품의 신뢰도를 확보하기 어려운 경우를 의미한다. 차체 구조에서 가장 흔히 발견되는 4 겹 이상의 패널을 동시에 용접하는 용접점들은 현재 자동차 조립업체에서 주로 사용하는 Nd:YAG 레이저를 사용할 경우 그 신뢰도를 보장 받을 수 없다. 이러한 관점으로 지그 포인트들을 결정하였다. 갭의 확보를 위해서 주로 코너부분에 많은 지그 포인트가 요구된다. 이들 중 일부는 지그의 수를 줄이는 의미에서 스폿용접점으로 대체하였다. Fig. 4 는 실제 사이드 패널 내부를 대상으로 갭 측정 실험을 통해 정해 지그 포인트를 나타낸 것이다.

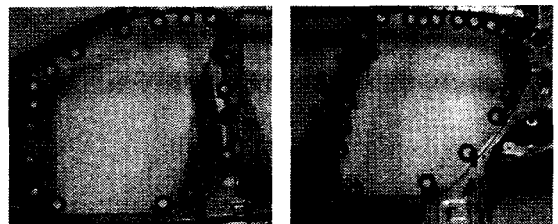


Fig. 4 Jig points of side panel.

좌측의 프런트 쪽은 패널의 요철이 심하지 않은 관계로 비교적 일정한 간격으로 지그 포인트를 생성하였다. 하지만 우측 리어쪽의 경우에는 일부 구간에 4 겹 구조나 심한 요철을 포함하는 패널의 조합으로 인하여 지그 포인트가 촘촘하게 위치함을 알 수 있다. 이는 현재의 차체가 스폿용접 지향적으로 설계되어 있으므로 레이저용접이 용이하지 못한 부분이 있기 때문이다. 이러한 문제는 사이드 패널을 조립하는 공정을 레이저용접만으로 수행하는 것이 어렵다는 것을 의미한다. 또한 레이저용접만을 적용하려고 하는 경우에는 기존의 스폿용접에 비하여 불필요하게 지그의 수가 늘어나게 된다. 레이저용접이 용이하지 못한 부분들과 지그 포인트 일부에 대해서는 기존의 스폿용접을 유지함으로써 이러한 문제들을 해결하고자 하였다. 이를 통하여 겹 확보를 위해 과도하게 많이 사용되었던 지그의 수를 줄여 설치시간의 절감으로 조립시간의 단축을 기하였다. 지그 포인트들과 스폿용접 포인트들을 결정한 후, 이들 사이에서 레이저 용접 스티치들을 결정하였다.

스티치는 로봇 티칭의 용이성을 고려하여 직선의 형상을 가지도록 하였다. 스티치의 길이는 참고문헌^{4,5,6} 과 강도 확보를 위한 실험 결과들을 바탕으로 20mm~30mm 내외로 하였고 스티치간의 간격도 강도와 열응력을 고려하여 20mm 내외로 하였다. 지그와 stitch 사이의 간격은 용접시 조사되는 레이저빔에 의한 지그의 열변형을 고려하여 10mm 이상의 간격을 두었다. 이러한 점을 고려하여 사이드 패널 내부에 스티치를 생성하였고, 그 결과 전체 92 개의 용접해야할 스티치를 생성하였다(fig. 5).

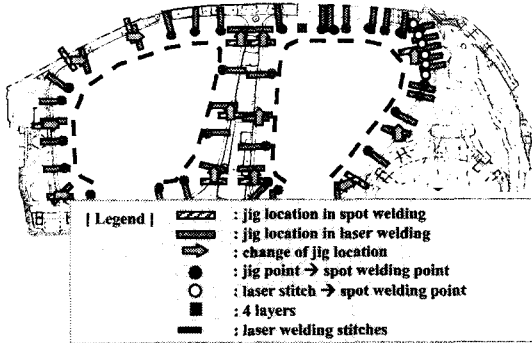


Fig. 5 Determination of jig points, spot welding points and laser welding stitches

3.2 프로세스 파라미터의 도출

생성된 스티치들을 대상으로 최적의 레이저용접을 수행하여 품질을 확보하기 위해서는 프로세스 파라미터(process parameters)를 선정하여야 한다. 프로세스 파라미터들은 2 장에서 설명한 것과 같이 각각의 스티치가 놓인 조인트 영향요소들의 분석을 통해서 이루어졌다. 조인트 영향요소들은 BOM, 조립순서도등과 같은 문서와 3D 모델링 파일의 분석 및 차체를 대상으로 수행한 측정실험을 통해 조사하였다. Fig. 6은 No. 1 스티치를 대상으로 획득한 조인트 파라미터들이다.

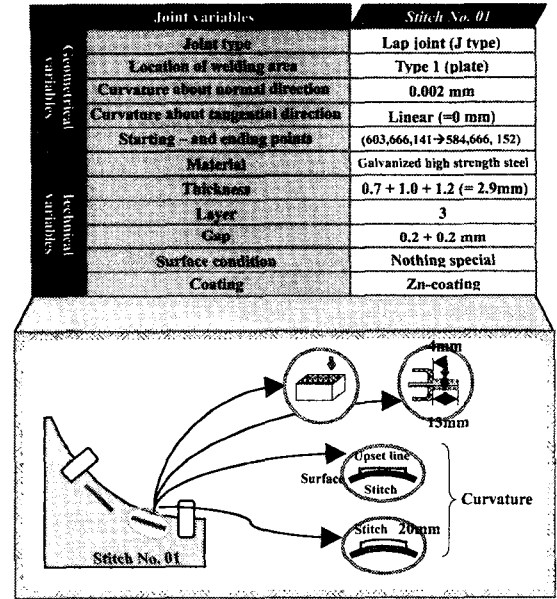


Fig. 6 Joint parameters of welding stitches

이렇게 92 개의 용접 스티치를 모두 조사한 후 동일한 조인트 파라미터를 가지는 스티치들을 그룹화하였고, 그 결과 6 개의 그룹이 생성되었다. 다양한 용접 실험을 통해 획득한 자료에 의해 그룹화된 스티치들의 용접을 위한 최적의 파라미터가 선정된다. Fig. 6에서 획득된 No. 1 스티치가 속한 그룹 1의 경우에는 4kW의 Nd:YAG 레이저를 이용하여 수직방향(-z)으로 0.04m/sec의 속도로 용접할 때 최적의 상태로 용접이 수행된다. 조인트 파라미터 측면에서 6 개의 그룹을 대상으로 프로세스 파라미터를 조사한 결과, 이는 다시 3 개의 그룹으로 합쳐졌다(fig. 7).

Joint variables		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
		Joint	J	J	J	J	J
Essential variables	Type	Type 1	Type 1	Type 1	Type 1	Type 1	Type 1
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Linier	Linier	Linier	Linier	Linier	Linier	Linier
Essential variables	Equation	a+b+c	a+b+d	a+b+c	a+f+g	a+f	a+c
	Value	2.7	2.9	2.5	2.4	1.4	1.5
	Min	3	3	3	3	2	2
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Unit	N	N	N	N	N	N
	Material	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn
No. of solutions		62	10	2	3	11	5

Process variables		Group A	Group B	Group C
Angle of torch	-Z	-Z	-Z	-Z
Laser power	4 kW	4 kW	4 kW	4 kW
Traveling speed	0.04m/s	0.04m/s	0.05m/s	0.09m/s
No. of solutions		72	5	16

Fig. 7 Process parameters of laser welding stitches

3.3 셀 구성요소의 결정

생성된 스티치 그룹의 용접을 수행하는 셀을 구성하기 위해서는 도출된 프로세스 파라미터를 효과적으로 수행할 수 있는 최적의 구성요소들을 결정해야 한다. 레이저용접 셀을 구성하는 장치 중의 하나인 광학 헤드는 레이저 빔을 용접부에 모아주는 역할을 하는 장치이다. 광학장치는 사용하는 레이저의 종류, 초점거리, 보호 가스나 보조 용가재 투입장치의 유무 등에 따라서 다양한 제품이 제공되고 있다. 이들 중에서 최적의 광학장치를 선정하기 위해서 판매사에서 제공하는 카탈로그를 이용하여 광학장치들의 능력을 파악하였다. 용접측면에서 광학장치들의 요구사항들을 도출하여, 이들을 가장 효과적으로 충족시키는 장치를 선정하였다. 또한 선정된 구성요소들은 서로간에 기계적, 정보적, 에너지적으로 인터페이스를 이루어야만 한다. 이러한 사항들을 고려하여 요구사항과 각 장치의 능력을 비교하여 최적의 광학헤드를 결정하였다.⁷

4. 디지털 레이저 용접 셀

오랫동안 제조업체들은 부품이나 시스템의 정적 및 동적 거동의 모델링이나 분석을 위해서 신제품 개발의 설계단계에서 CAx 기술들을 사용하여 왔다. 이와 동시에 MES(Manufacturing Execution System)을 이용하여 실시간의 현장 데이터를 파악함으로써 제조시스템의 부하와 기능불량을 대응하

고자 하였다. 더 나아가 디지털 제조기술은 제조 자원, 제조 환경과 제품을 포함하는 실제 제조시스템의 거동과 물리적이고 논리적인 컴퓨터 모델을 통하여 신속하고 효율적인 제조시스템의 구현을 가능하게 한다. 이러한 모델을 기반으로 하여 디지털제조기술은 제조 프로세스 전반에 걸쳐 에러를 점검하고 의사 결정을 지원한다.^{8,9}

디지털 셀 구현은 선택된 구성요소와 프로세스의 모델링으로부터 시작된다(Fig. 8). 구성요소들은 3D CAD 툴을 이용하여 객체지향적으로 모델링 된다. 각각 다른 툴을 이용하여 모델링된 차체패널, 핸들링 장치, 이송장치, 지그 및 로봇들은 디지털 셀을 구성하고 시뮬레이션을 수행하기 위해서 Delmia 사의 IGRIP^{10,11}의 가상환경에서 사용되었다. 다양한 치수를 가지는 레이저 용접을 위한 부스, 광파이버, 레이저 발전기 등과 같은 보조 장치들은 현장에서 획득한 정보를 기반으로 하여 CATIA V5를 이용하여 모델링하여 사용하였다. 이렇게 3D로 모델링된 구성요소들은 라이브러리에 저장함으로써 새로운 셀을 구성하고자 할때 검색하여 불러 사용하고자 하였다.

구성요소들의 모델링이 끝난 후에 각 구성요소들의 정적 및 동적 관계와 셀의 기능을 정의하기 위한 프로세스 모델링을 수행하였다. 셀의 기능을 모델링하기 위해서 IDEF0 (Integration Definition 0)를 사용하였다. 용접 프로세스의 실현을 위해서 주로 지그, 이송장치, 로봇 등과 같은 구성요소들의 키네메틱 메카니즘과 셀 운영을 위한 컨트롤 메커니즘도 IDEF0를 이용하여 모델링하였다. UML(Unified Modeling Language)¹²의 Class diagram과 Sequence diagram은 구성요소들간의 관계를 표현하기 위해서 사용하였다. Class diagram은 구성요소들간의 정적인 관계를 표현하기 위해서 사용하였다. 레이저 용접 셀은 크게 두 개의 프로세스로 구성되어 있는데 그 중 하나가 용접 대상물을 고정하는 프로세스이고 나머지 하나가 레이저 용접을 수행하는 프로세스이다. 두 가지 프로세스를 대상으로 셀 구성을 위한 구성요소들간의 인터페이스와 관계를 파악하였다. 일반적으로 시간의 흐름에 따라 구성요소들의 이벤트가 실현된다. 구성요소들간의 메시지 전달을 표현하는 Sequence diagram은 구성요소들간의 동적인 관계를 묘사하는데 사용하였다. Sequence diagram 상에서 동적 프로세스들은 IGRIP으로부터 제공되는 GSL(Graphic

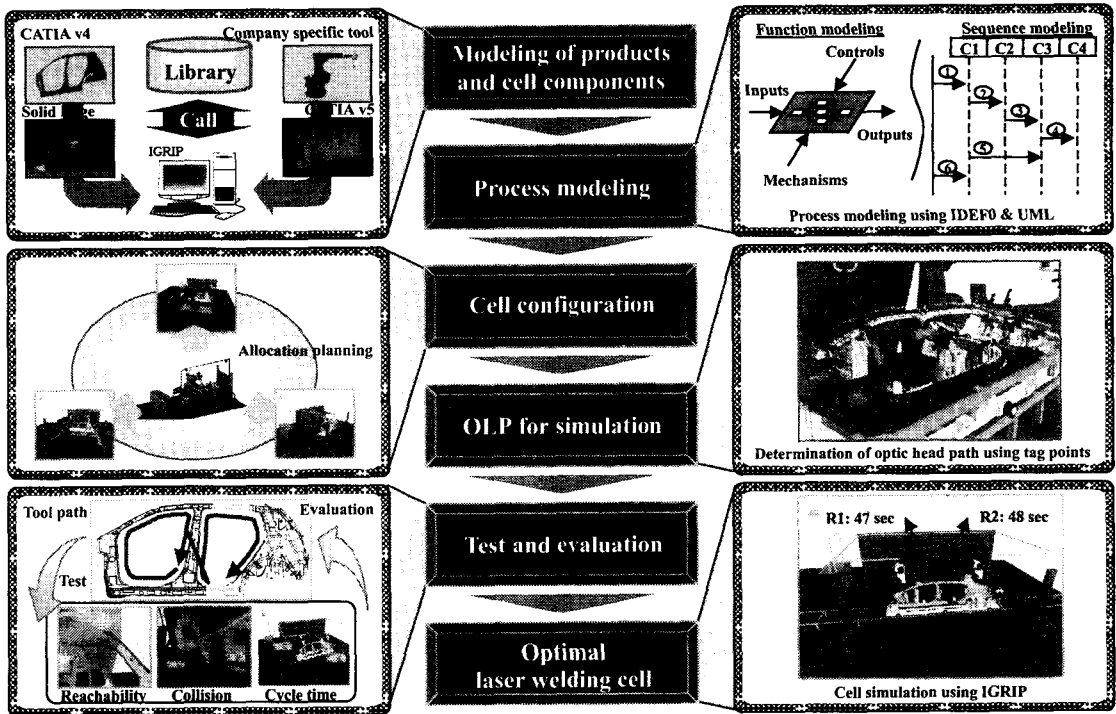


Fig. 8 Procedure for digital laser welding cell

Simulation Language)에 의해 구성요소들의 움직임을 표현하게 된다.

구성요소들과 프로세스의 모델링이 수행되면 생산 조직, 형태, 자동화 정도, 허용되는 공간과 투자비용과 같은 셀 구성을 위한 제약조건을 충족시키는 구성요소들의 최적 배치계획을 수행하게 된다. 자동차 조립은 전통적인 전용라인 구조의 제조시스템으로 구성되므로 사이클 타임이나 물류 흐름을 위한 이송시간의 최소화 문제가 중요하게 다루어진다. 레이저용접을 위한 셀은 전후 연관되는 셀들과의 관계와 품질을 확보를 위해 제안된 용접 프로세스를 수행하기 위한 틀이나 지그 등과 같은 구성요소들의 적절한 배치를 통해 구성하였다. 배치계획을 수행한 결과로써 세 가지 타입의 셀 레이아웃이 제안되었으며, 이들의 실현 가능성을 증명하기 위해서 OLP(Off-Line Programming)를 수행하였다. 셀과 구성요소들의 치수와 같은 기하학적인 정보와 용접 프로세스나 물류(material) 핸들링 같은 기술적인 정보가 OLP 를 위해 요구된다. 로봇의 경우에는 모든 스티치들에 대한 용접

헤드의 도달 가능성, 지그 등과 같은 구성요소들과의 충돌 여부, 품질확보를 위한 용접 파라미터, 용접선 추적을 위한 센서의 이용 가능성 등을 조사하였다. 이를 바탕으로 구성요소 시뮬레이션을 위한 프로그램을 생성하였다. 제안된 세 가지의 셀 구성 방안들은 생성된 프로그램을 이용한 사이드 패널 레이저 용접 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 기술적인 측면의 평가는 생산량과 관련된 사이클 타임, 이동거리의 최소화, 자동화 정도, 유연성, 가능한 면적과 제조환경 변화에 신속하게 적응하기 위한 시스템 모듈화의 가능성 등의 관점에서 수행하였다. 시스템의 조직적인 측면과 경제적인 측면에서는 확장 가능성, 컨드롤 로직, 셀 간의 인터페이스와 투자 및 운영비용이 평가를 위한 항목으로 선정되었다.

평가 결과, 각 로봇의 로드 밸런싱에서(두 대의 로봇은 각각 47초와 48초의 사이클 타임을 가졌음) 높은 점수를 기록한 두 대의 로봇을 평행하게 배열한 구조를 가지는 셀을 최적의 셀로 선정하였다.

5. 결론

제조비용 절감과 품질의 향상을 위하여 자동차 제조업체에서는 기존의 스폿용접 중심의 차체(BIW)용접 셀을 레이저를 이용하는 용접 셀로 전환하고자 노력하고 있다. 효과적인 레이저용접 기술 적용을 위하여 용접 원리와 영향인자들에 대해 레이저용접 프로세스 분석을 기반으로 조사하였다. 또한, 용접부의 형상과 재질에 따라 레이저용접을 수행하기 위한 프로세스 영향인자와 용접성을 결정하였다. 그 결과, 동일한 프로세스 파라미터를 가지는 레이저용접 스티치들을 그룹화하였으며, 각각의 그룹을 용접하기 위한 최적의 장비들을 선정하였다.

선택한 장비들을 이용하여 사이드 패널을 레이저 용접하기 위한 셀을 디지털 제조기술을 이용하여 구성하였다. 이러한 목적을 수행하기 위한 체계적인 절차를 제안하였고, 생산과 기술적인 상태를 고려하여 다양한 레이저용접 셀을 제안하였다. 기술적인 측면과 조직적인 측면의 평가요소들을 이용하여 대체 해들을 평가하였고, 이를 통하여 최적의 레이저용접 셀을 선정하였다.

본 논문에서 수행한 이러한 연구를 바탕으로 향후에는 레이저 용접의 적용분야를 더욱 확대하여, 차체 전체를 대상으로 하는 레이저 용접 시스템을 구성하고자 한다.

후 기

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성·지원 사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- Jung, C. H., Lee, H. B., Jang, I. S., Kwon, T. Y., "Laser Welding Application for Side Panel in Car Body Manufacturing," Proceeding of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO 2002), 2002.
- Shu, J., Lee, J. H., Kim, J. S., Kim, J. O., Kang, S. H., Lee, M. Y., Jung, B. H., "Production of Laser Welded Tube for Automobile Bumper Beam from 60kgf/mm² Grade Steel Sheet," Journal of Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 136-144, 2004.
- Lee, K. S., "Laser Applications in the Automobile Manufacturing Process," Journal of Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 19, No. 1, pp. 47-60, 1997.
- Emmelmann, C., "Introduction to Industrial Laser Materials Processing," Rofinsinar, 2000.
- Dawes, C., "Laser Welding," Woodhead Publishing Ltd., 1992.
- William, M., "Laser Material Processing," 2nd Edition, Springer-Verlag London Limited, 2001.
- Park, H. S., Choi, H. W., "Development of digital laser welding cell," Lico-Pro project final report, 2004.
- Noh, S. D., Lee, K. I., Park, Y. J., Shin, S. H., Chung, K. H., "Using Virtual Manufacturing Technologies for Continuous Verification of Products, Processes and Resources in the Manufacturing Preparation of Automotive Companies," The 35th CIRP-International Seminar on Manufacturing Systems, pp.245-252, 2002.
- Freedman, "An overview of Fully Integrated Digital Manufacturing Technology," Proceeding of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 281-285, 1999.
- Woern, H., Frey, D., Keitel, J., "Digital Factory – Planning and Running Enterprises of the Future," 26th Annual Conference of the IEEE, Vol. 2, pp. 1286-1291, 2000.
- Anelle, J., "The Digital Factory Dedicate," Automotive Manufacturing Solution, Vol. 12, 2001.
- Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., "The Unified Modeling Language User Guide," Addison-Wesley, 1999.