

하이브리드방식의 레이저를 이용한 폴리머융착

한 상 배 / 유로비전(주)

Hybrid laser welding of Polymers

A.Hofmann / Laserquipment AG Germany

개요

레이저를 이용한 폴리머의 융착기술은, 자동차산업에서의 다양한 적용분야에 힘입어 새로운 접합기술로 각광을 받고 있다. 현재까지는, 대부분 작고 간단한 형상의 제품을 융착하는 분야에 많이 적용되어 왔으며, 큰 사이즈의 제품을 대량으로 생산하는 공정에는 레이저융착이 가지는 다양한 장점에도 불구하고, 프로세스의 안정성, 사출후의 제품변형에 따른 겹의 관리, 작업속도등에 대한 이유로 본격적인 적용을 기피하고 있는 실정이다.

이러한 배경에 의하여 개발된 하이브리드방식(레이저빔+ 할로젠램프)의 폴리머융착 시스템은, 다이오드레이저에서 출력되는 800~980nm 의 레이저파장과 할로젠 램프에서 방사되는 적외선영역의 파장을 동시에 사용함으로써 프로세스의 안정성과 융착효율을 향상시켰다.

키-워드: 폴리머,플라스틱의 융착,용접,레이저,하이브리드

1 서론

초음파융착(Ultrasonic welding) 및 진동융착 시스템(Vibration welding)의 경우 모재를 용융시키기 위한 에너지원으로써 마찰열을 이용하며, 열판융착 시스템(HotPlate welding)은 폴리머에 열을 가하는 수단으로 열전도방식을 사용함으로써 일정정도의 기계적부하가 가해지게 된다. 한편, 레이저융착 시스템은 적외선파장의 레이저-빔을 열원으로 사용한다

위에서 언급한 각각의 융착 기법들은 나름대로의 장점과 단점을 가지고 있으며 또한 기술적,경제적 사항들이 종합적으로 고려되어 나름대로의 적용 가능한 분야가 분류되어 있다.

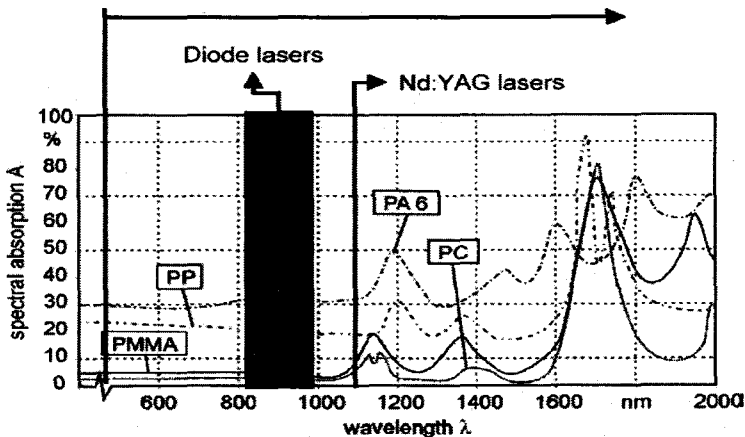
열판융착 시스템의 경우, 소재의 광범위한 영역에 열을 가함으로써 용접흔적(weld seam)이 비교적 뚜렷하게 발생하고 어느 정도의 제품변형을 피할 수는 없으나, 매우 간단하고 경제적으로 시스템을 구성하는 것이 가능하다는 장점이 있으며, 마찰을 이용하는 초음파융착 또는 진동융착 시스템 방식 또한 모재에 가해지는 기계적부하로 인하여 어느정도의 한계는 있지만 폴리머의 융착분야에 있어서는 가장 광범위하게 사용되고 있는 기술이다

기존 융착방식에 따른 기계적부하를 최소화하면서도 보푸라기가 발생하지않는 비접촉식 융착방식으로는, 적외선영역의 파장을 사용하는 레이저를 이용한 융착시스템이 새로운 대체기술로 평가받고 있다. 폴리머의 융착에 레이저를

적용하는 경우 제품의 디자인형상을 보다 유연하고 다양하게 구성할 수 있는 장점이 있으나, 적용하게 될 폴리머 소재가 레이저용착에 적합하도록 광학적인 특성을 만족하여야 하는 제약조건이 따른다. 현재까지, 레이저를 이용한 폴리머의 용착기술은 매우 빠른 속도로 발전하였으며 특히 다이오드레이저를 중심으로 한 빔-소스의 개발이 많은 기여를 하였다. 레이저를 이용한 폴리머의 용착기술이 보다 광범위하게 적용되어질수록 공정의 안정성과 높은 작업효율이 필연적으로 요구되어지고 있는데, 기존의 레이저용착 기술을 기반으로 하여 할로겐램프를 혼합하여 사용함으로써 기술적인 한계를 극복하고 있다.

2 레이저를 이용한 폴리머의 용착

아래 그림 1 에서와 같이 색상이 없는 폴리머의 경우 400nm ~ 1600nm 의 파장에서 비교적 높은 투과율을 보인다.



레이저를 이용하여 폴리머를 용착하기 위해서는, 그림 2와 같이 적외선파장의 레이저-빔을 투과하는 특성을 가지는 소재와 레이저-빔을 흡수하는 특성을 가지는 소재를 각각 사용하여야 한다

그림 1: 여러 종류의 폴리머 시편의 흡수율(3mm 두께)

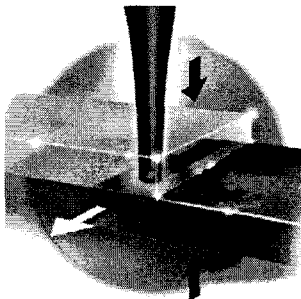


그림 2: 레이저용착을 위한 폴리머의 조합

위쪽 소재는 레이저-빔이 투과를 하게 되며, 아래 소재는 레이저-빔을 흡수하게 되는데, 아래부분의 소재가 레이저-빔을 효과적으로 흡수하기 위해서는, 흡수율을 향상시키기 위한 카본(carbon)과 같은 염료(dye) 또는 안료(pigments)를 첨가한다.

아래 소재가 레이저-빔에 의하여 용융되면서 발생된 열(heat)은, 겹쳐진 위쪽 소재에 전달되며, 이로 인하여 위쪽소재도 조금씩 용융되기 시작한다. 일정한 클램핑

압력이 소재의 위.아래로부터 동시에 가해지는 상태에서 경계면에서 두개의 소재가 동시에 용융되면 완전하게 밀착된 용착결과를 얻게 된다.

폴리머의 용착에 적용 가능한 파장의 레이저시스템은, 808nm~980nm 의 다이오드레이저 또는 1064nm 의 Nd:YAG 레이저를 사용할 수 있으며, 레이저-빔의 프로파일특성 및 초기투자비용,유지보수의 편리성,낮은 가동비등의 장점으로 다이오드레이저가 보편적으로 사용되어지고 있다.

폴리머의 용착에 사용되는 방법은 크게 4 가지로 나누어지는데, 2.5 차원 또는 3 차원형상의 제품에 레이저-빔이 단 한번 이동하면서 조사되는 순간에 국부적으로 폴리머가 용융되면서 접합이 실시되는 궤적이동방식(contour welding)과, 여러 개의 다이오드레이저를 동시에 사용하여 비교적 간단한 형상을 띤 제품에 동시다발적으로 레이저-빔을 조사하는 동시조사방식(simultaneous), 그리고 스캐너를 이용하여 레이저-빔을 매우 빠른 속도로 이동시킴으로써 거의 동시에 레이저를 조사하여 모재에서 비교적 균일한 온도분포를 얻을 수 있는 반-동시조사 형식의 스캔시스템 방식(Quasi simultaneous)을 개별 작업특성에 맞게 적용할 수 있다. 일반적으로 2 차원 평면형상 제품의 경우에는, 스캐너를 이용한 반-동시 조사방식(Quasi-simultaneous)을 많이 사용하는데, 스캐너를 이용하여 레이저-빔을 최대 4000mm /sec 의 매우 빠른 속도로 용접부위에 몇 회 반복적으로 조사함으로써 보다 균일하고 안정적인 용착 프로세스를 구현할 수 있다

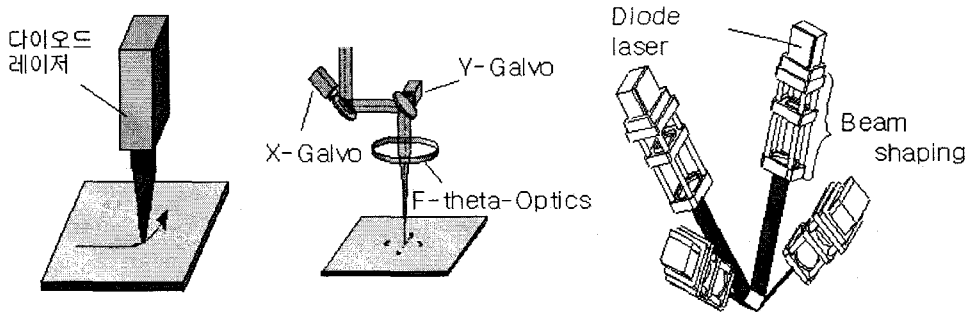


그림 3: 폴리머의 용착에 사용되는 프로세스

3 하이브리드 용착 시스템

하이브리드 용착 시스템은, 기존의 레이저를 이용한 용착방식이 가지는 장점과 할로젠 열을 이용한 용착방식의 장점을 혼합하면서도 단점을 보완한 시스템이라고 할 수 있는데, 다이오드레이저에서 조사되는 고밀도 레이저-빔과 할로젠램프에서 조사되는 비교적 광범위한 영역의 열원을 동시에 이용하도록 구성된다.

본 시스템은, 비교적 복잡하고 커다란 크기의 제품 및 3 차원형상의 용접을 효과적으로 작업하기 위하여 다양한 용착기술을 동시에 적용할 수 있도록 구성되었으며, Contour Welding 시스템을 구성하는데 적합한 구조를 가지고 있다.

3.1 시스템의 구성

하이브리드시스템은, 한 개의 동일한 초점부위에 레이저-빔(1 차 열원)과 할로젠램프(2 차 열원)를 동시에 조사될 수 있도록 구성되었으며, 할로젠 램프의

과장은 coherent 한 특성이 없으므로, 2 차 열원으로서의 충분한 효과를 얻기 위해서는 비교적 working distance 를 짧게 하는 것이 중요하다.

위 그림 5의 단면도에서 볼 수 있듯이, 1 차 열원인 레이저-빔은 수직방향에서 조사되며, 2 차 열원인 할로겐 램프는 경사진 방향으로 설치된 타원형의 반사갓내에 위치하여, 할로겐 램프의 빛이 보다 넓은 범위에 조사될 수 있도록 타원형의 구조를 취하고 있다. 할로겐 램프의 빔 직경은 약 14mm 정도가 된다.

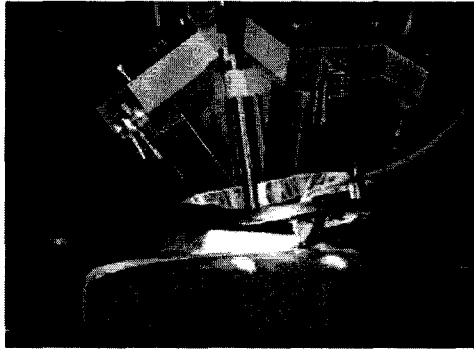


그림 4: 하이브리드 웰딩헤드 welding head

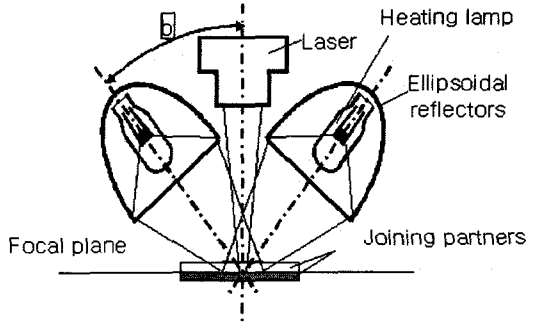


그림 5: 하이브리드시스템의 단면구조

3.2 할로겐 램프(2 차 열원)의 영향

폴리머의 용착강도는, 위쪽 소재(레이저-빔이 투과하는 특성을 가지는)의 용융 된 깊이가 많을수록 우수한 특성을 보이게 되는데, 하이브리드 시스템은 할로겐램프의 열원을 이용하여 위쪽소재의 광범위한 영역에 열을 폭 넓게 조사함으로써 좀 더 많은 양의 폴리머를 동일한 시간에 용융시킬 수 있도록 하였다. 순수하게 레이저만을 이용한 폴리머의 용착방식에 비하여, 하이브리드 방식의 용착시스템은 서로 다른 2 개의 열원(레이저+ 할로겐램프)을 동시에 사용함으로써 빔의 흡수율을 향상시킬 수 있다.

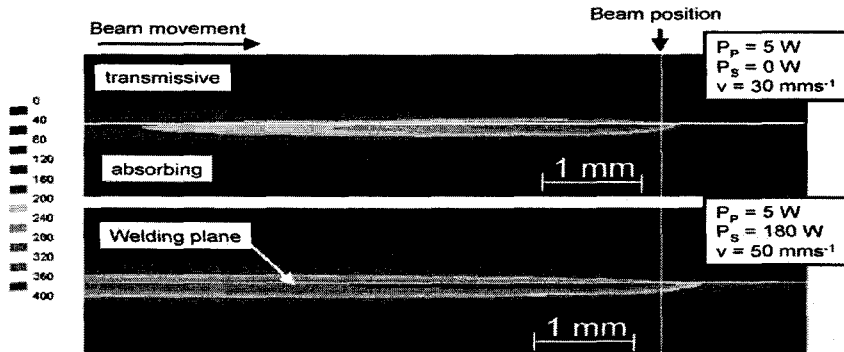


그림 6: 폴리카보네이트재질의 온도분포 비교분석
(위. 레이저. 아래. 레이저+ 할로겐)

위쪽의 그림은 순수 레이저만을 사용하였을때의 온도분포에 대한 자료로서, 레이저출력은 5W 를 사용하였고 초점직경은 1.2mm 그리고 작업속도는 30mm/sec 를

사용하였다 또한, 아래쪽의 그림은 하이브리드(레이저+할로겐램프) 시스템을 사용하였을때의 온도분포에 대한 자료로서, 레이저출력 5W 외에 할로겐램프의 출력 180W 동시에 사용하였고 할로겐조명의 직경은 약 14mm 그리고 작업속도는 50mm/sec 를 사용하였다. 기타의 모든 작업조건은 좌측의 것과 동일하게 설정하였다.

위의 그림 6.에 의하면,하이브리드 시스템의 경우 순수하게 레이저만을 사용하는 경우에 비하여 훨씬 균일한 온도분포도를 가지게되는 것을 볼 수 있다.

또한 클램핑 압력이 가해지고 있는 상태에서, 레이저-빔의 중심부 주변을 할로겐램프로 예열을 실시하고 있으므로 레이저-빔이 실질적으로 이 구간을 지나갈 때에는 열접촉효과(thermal contacts)로 인하여 두 소재간의 갭을 보다 효율적으로 극복할 수 있다.

5 결론

본 논문의 주된 내용은, 폴리머의 용착성능을 향상시키기 위하여 레이저-빔에 다색광의 파장을 방출하는 할로겐램프를 접목시킨 것이며,이의 결과로 순수 레이저만의 용착에 비하여 보다 많은 양의 폴리머 소재를 용융시킴으로써 우수한 인장강도 및 예열로 인한 갭-브리징(gap bridging)효과가 있었음을 알 수 있었다.

또한, 레이저용착 공법이 적용되어질 사출물의 표면 상태가 안 좋거나 불규칙 한 경우에도 순수 레이저만을 이용한 용착방식에 비하여 보다 안정적인 용착품질을 얻을 수 있었으며, 요구되는 레이저출력 중 어느 정도까지는 할로겐램프의 출력으로 대체가 가능함으로써 레이저의 가동환경을 향상시킬 수 있었다.

