

테일러드 블랭크 제조를 위한 용접기술

김기철 · 김재웅

Welding Technology for Tailored Blank Manufacturing

Ki Chol Kim and Jae Woong Kim

1. 서 언

테일러드 블랭크(Tailored Blank, 이하 TB) 기술은 최근 자동차 공업에서 가장 중요한 생산 기술의 하나로 인식되고 있다. 그러한 이유는 TB 기술을 적용함으로써 차체 경량화와 구조적 강성을 동시에 향상시킬 수 있다는 특징이 있기 때문이다. 따라서 ULSAB 프로젝트에서도 여러 가지 신기술 가운데 TB 및 그 용접 기술을 핵심 기술의 하나로 다루고 있는 것이다¹⁻¹³⁾.

TB는 소요 부품의 요구 특성과 용도에 따라 동종 또는 이종의 판재를 용접하여 하나의 판재로 만든 다음 블랭킹(blanking) 또는 드로잉(drawing)과 같은 성형 공정을 거쳐 차체의 부재로 사용된다. 따라서 박판 강재를 고속으로 용접을 하여야 하고 용접 후에는 원소재와 유사한 성형성이 유지되도록 하는 것이 필요하다¹⁴⁾. 기본적으로는 용접부에 결함이 없어야 하며 양호한 성형성을 보장하기 위하여 용접부 단면의 두께가 모재 두께에 거의 일치하는 값이어야 하고 용접선 방향으로 균일한 분포를 가져야 한다. 또 블랭크의 기계적 특성이 모재의 특성에 근접하여야 하며 조합될 판재들의 가공성이 유사하거나 용이하여 생산성에 악영향이 없어야 한다.

승용차의 차체 제조에는 비교적 두께가 얇은 강재들이 사용되기 때문에 TB 용접 기술 역시 박판 강재의 용접 기술로 분류할 수 있으며 이러한 종류의 소재에 적용 가능한 용접기술로는 저항 용접, 아크 용접, 고주파 유도 용접, 전자 빔 용접 및 레이저 용접 등이 있다. 그러나, 어떠한 용접 방법을 이용하더라도 TB 용접은 높은 생산성과 함께 고품위 용접이 필수 요소이므로 이러한 목적에 맞는 용접 방법의 적용이 필요하다. 현실적으로는 저항 용접법의 한 종류인 매쉬 심

(mesh seam) 용접법과 레이저 용접법이 TB 제조에서 가장 널리 사용되므로 여기에서도 이러한 용접법에 관하여 간략하게 기술하고자 한다.

2. 테일러드 블랭크의 용접 기술

2.1 매쉬 심용접법

2.1.1 개요

이 용접법은 두 개의 원판형 전극을 이용하여 용접을 행하는 저항 용접의 일종이므로 특별한 경우를 제외하면 일반적인 심용접법과 같다¹⁵⁻¹⁷⁾. 심용접에서는 높은 용접 전류와 피용접재의 내부 저항이 온도 상승을 일으키는 원동력이 되므로 용접부 형성은 인가하는 압력 및 그 분포와 전류밀도가 중요한 역할을 한다. 전극은 용접에 필요한 대전류와 큰 하중을 전달할 수 있어야 하며 용접 후에는 전극을 통하여 용융된 부분의 응고를 촉진할 수 있는 재료이어야 한다. 따라서, 심용접용 회전 전극은 높은 전기 전도도와 강도를 유지할 수 있는 재료인 동시에 열전도도 또한 양호하여야 한다.

그림 1은 통상의 심용접법과 매쉬 심용접법을 비교하여 설명한 것으로 이 두 용접법의 가장 큰 차이는 피용접재의 위치가 다소 다른 것을 쉽게 알 수 있다. 매쉬 심용접법을 이용하는 가장 큰 목적은 겹치기 용접 후 용접부의 두께를 모재 하나의 두께에 가깝게 하는 것과 용접부의 표면 특성을 향상시키는 것이다.

그림 2는 심용접에서 회전 전극과 피용접재가 접하는 위치에서 소정의 압력과 전류로 용접을 실시하는 과정의 한 순간을 용접부 형성과 함께 설명하기 위한 것이다. 이 그림에 의하면 용융 금속은 용접 진행 방향(왼쪽에서 오른쪽으로)에 대하여 전극과 전극의 중심을 연결한 직선(center line)보다 약간 뒤쪽에 형성되

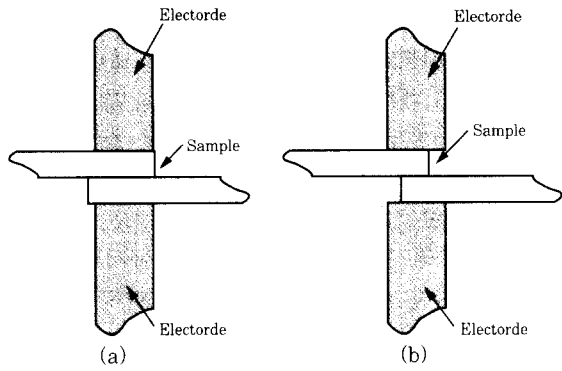


Fig. 1 Overlap seam (a) welding and mash seam (b) welding

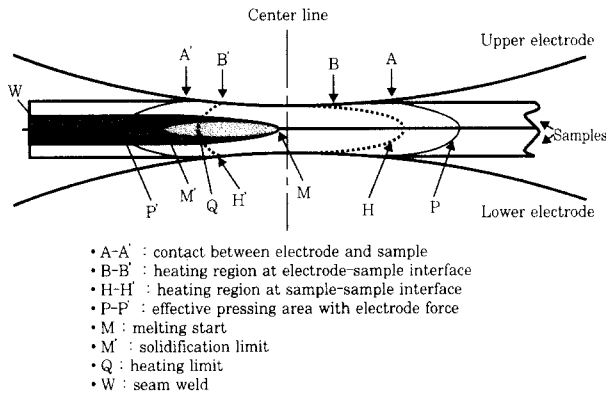


Fig. 2 Weld formation in the seam welding process

고 있으나 발열 구간(H-H')은 이 지점 보다 훨씬 멀리 까지 나아가 있음을 알 수 있다. 이러한 사실은 용접부 품질과 관련하여 매우 중요한 의미를 내포하고 있다. 즉, 심용접에서는 고속으로 용접이 진행되는 동안 회전 전극 접촉부의 후방에서 용융이 일어나게 되는데 이 부분에서는 곧바로 압력이 해방되는 구간(P-P')이기도 하므로 매우 짧은 시간 안에 응고가 이루어 지지 않으면(응고 한계 영역인 M' 위치에서 응고가 완료되지 않으면) 용접 균열 등 결함을 유발하게 된다.

2.1.2 용접 공정 요소와 그들의 영향

(1) 용접전류

심용접에 사용되는 전류의 파형은 넓은 의미의 펄스 파형이 가장 널리 사용되는데 이것은 다음과 같은 장점이 있기 때문이다. 우선 펄스형 전류를 사용하면 전력의 제어가 쉬워서 발열량의 조절이 용이하다. 그리고, 압력을 가한 상태에서 용접 전류를 순간적으로 끊을 수 있으므로 용융된 부분의 응고를 촉진하여 건전한 용접부를 얻기도 쉬워진다. 용접 전력을 순간적으로 끊는다는 것은 용접에 사용되는 에너지의 양을 억제하는 것과 같은 효과가 있고 이것은 결과적으로 입

열량을 제어하는 것이므로 용접 후의 열변형을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 전류의 지나친 상승을 억제하여 과열에 의한 스파터 발생을 줄일 수 있다.

저항 발열량(Q) 계산식($Q=i^2Rt$: 여기서 i는 전류)에서 알 수 있듯이 전류는 용접부 형성에서 가장 중요한 공정 변수이나 필요 이상의 전류를 사용하면 깊은 압흔의 형성, 표면 용융에 의한 결함, 용접시 아크의 발생 및 용접 균열을 일으킬 수 있으므로 심용접에서는 전류의 적절한 제어가 핵심이라고 할 수 있다. 용접부는 각각의 펄스 전류에 의하여 형성되고 주어진 용접속도 및 냉각 조건은 용접부의 크기와 중첩률 및 용입 정도를 결정한다.

(2) 용접압력

심용접에서 입열량은 전류를 제어함으로써 조절할 수 있으나 접촉 저항에 직접적인 영향을 미치는 용접압력도 중요도 높은 용접 공정 요소의 하나가 된다. 낮은 압력 조건에서는 전류의 미소한 변화에도 용접부 형성 조건이 크게 변할 수 있으므로 압력을 충분히 하여 넓은 전류범위에서 용접부를 형성시키는 것이 필요하다. 용접압력이 높으면 접촉저항은 당연히 낮아지지만 어떤 값까지는 압력이 증가할 때 용접부의 깊이와 크기가 증가하다가 그 보다 더 높은 조건에서는 용입량의 감소와 함께 급격하게 용접부를 넓힌다. 뿐만 아니라 지나치게 높은 압력은 용접부 표면에 압흔을 형성하고 접촉 저항을 낮추므로 그만큼 더 높은 전류를 사용해야 하는데 이 경우에는 전극 표면의 손상도 촉진하게 된다. 그러나, 압력이 너무 낮으면 접촉 저항이 높아져 전극-모재 혹은 모재-모재 사이에서 스파터와 아크를 일으킬 수 있다.

(3) 용접 속도

용접 속도를 증가시키면 용접에 필요한 입열량을 확보하기 위하여 용접 전류도 함께 증가시켜야 한다. 용접 속도는 재료의 종류와 두께, 표면 상태 및 용접부 요구 특성에 의하여 차이가 있으나 높은 전류를 사용할 때에도 과도한 용접 속도는 용접부의 접합 강도를 저하시킬 수 있다. 전류가 너무 높으면 전술한 바와 같이 전극-모재 사이에서 아크가 발생하기 쉽고 전극 표면이 불량해 질 확률 또한 높으므로 소정의 한계 속도 이하에서 용접이 이루어져야 한다. 적정 용접조건 범위에 미치는 용접 속도의 영향은 낮은 전류로 용접을 실시할 때 더 민감하게 나타나며 높은 전류를 사용할 경우에는 어느 정도 넓은 범위가 허용된다.

(4) 겹침량

매쉬 심용접에서 겹침량은 용접 전류 및 용접 압력과 같이 용접부 특성에 미치는 영향이 크므로 신중히 다

루어야 한다. 일반적으로 접침량은 충분하게 부여하여야 하지만 너무 많을 경우에는 접촉 면적을 넓히는 효과가 있으므로 발열 에너지의 밀도를 낮추게 되어 소정의 용융부를 얻기 위하여 그 만큼 높은 전류와 압력이 필요하다. 발열량이 부족하게 되면 냉접되는 부위의 비율이 커져 용접부에 불순물 잔류 확률이 높고 결과적으로 용접부의 기계적 성능을 저하시킨다. 접침량은 용접 형태에 따라 차이가 있으나 모재 두께의 1~1.5배가 적당한 것으로 알려져 있다.

2.2 레이저 용접

2.2.1 개요

앞에서 언급하였듯이 레이저 용접법은 매쉬 심용접법과 함께 TB 용접에서는 가장 중요도가 높은 용접 방법이다^{5,6)}. 레이저 용접은 매우 작은 점으로 집속된 레이저 광에서 변환되는 높은 밀도의 에너지를 사용하는 용접법이며 피용접재에 흡수된 레이저는 재료 표면을 급속하게 가열하여 고온의 금속 증기와 함께 이온과 전자의 혼합체(레이저 플라즈마)를 생성한다. Nd:YAG 레이저 용접에서와는 다르게 CO₂ 레이저 용접에서 플라즈마는 용접이 시작될 때 에너지의 흡수율을 높이는 효과가 있으나 점차 집속 에너지를 산란시키거나 플라즈마 자신이 레이저를 흡수하여 용접에 사용되는 에너지 이용 효율을 낮추는 작용이 있는 것으로 알려져 있다¹⁸⁻²⁰⁾.

레이저 에너지가 집속되어 높은 밀도를 가지면 용접부에서는 조그만 원통 모양의 키홀이 형성되고 그 키홀 내부에는 고온의 금속 증기가 존재하게 된다. 키홀의 깊이가 증가하면 레이저는 그 안에서 여러 번 연속적으로 반사되는데 이러한 현상을 다중반사라고 부른다. 다중반사가 이루어지면 용접에 활용되는 레이저 에너지 전달효과는 증가한다.

레이저 용접은 좁고 깊은 용접부를 얻을 수 있으며 용접 속도가 빠르기 때문에 생산성 또한 대단히 높다. 또 레이저 용접에서는 사용되는 에너지의 총량이 매우 낮아서 기본적으로 소입열 용접법이므로 소재의 열변형을 최소화할 수 있어서 용접 후처리 공정을 생략하거나 축소할 수 있다. 용접 금속학적으로는 열영향부의 취화 경감을 포함하여 용접부 근처에서 발생하는 조직의 조대화를 대폭 줄일 수 있다. 레이저 용접법을 적용하면 고속 용접과 용접 생산 공정의 융통성을 부여할 수 있어서 몇 개의 작업대를 하나의 레이저 발전기로 번갈아 가면서 용접을 실시하는 것도 가능하다.

레이저 용접은 이상과 같은 장점이 있으나 제한점 또한 간과할 수 없는 부분이 많다. 1mm미만의 빔 직경을 가진 레이저 용접의 경우 정밀한 접합부의 정렬을 요구한다. 접합부 정렬이 적절하지 않으면 집속 에너지의 많은 부분이 접합면 사이의 틈을 통해 손실되거나 접합부와는 상관없는 부분을 가열 및 용융시키는 경우가 발생하기도 한다. 따라서 정밀한 용접 장치를 사용하는 것이 용접 생산성을 높이는데 중요한 요소이다. 이것은 집속된 레이저 빔과 접합선의 정렬도를 좋게 할뿐만 아니라 초점 위치 등을 용이하면서도 재현성 있게 제어할 수 있다는 의미를 내포하고 있으나 정밀도가 올라갈수록 설비 투자를 위한 비용 또한 급격히 상승한다.

2.2.2 레이저 용접의 공정 변수

박판의 고속 용접법인 TB 용접에서는 용접 생산성이 가장 중요한 항목이지만 용접부 특성 또한 간과할 수 없는 부분이므로 품질 확보를 위한 요소들에 관하여도 용접성과 성형성 측면에서 충분한 고려가 이루어져야 한다. 그림 3은 레이저에 의한 TB 용접에서 용접품질에 영향을 미치는 인자를 나타낸 것으로 용접장치, 용접조건 및 모재의 3가지 그룹으로 나눌 수 있다.

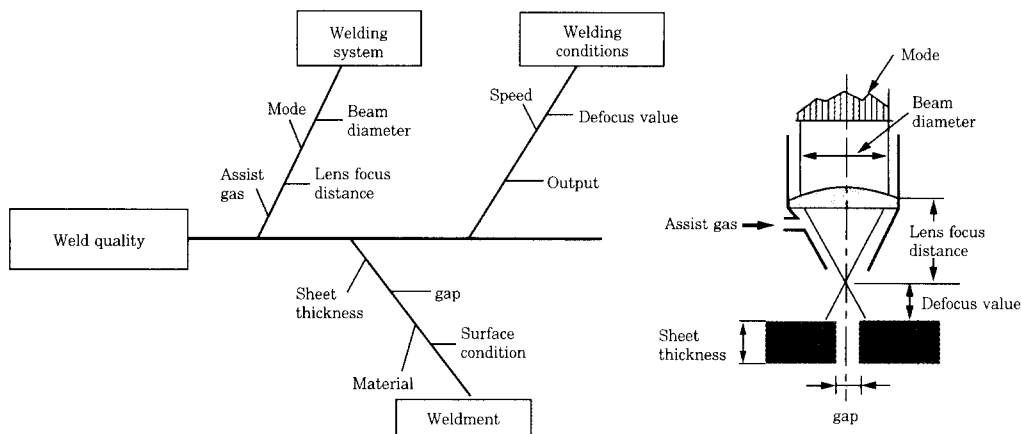


Fig. 3 Factors affecting characteristics of weld quality

(1) 레이저 출력과 출력광의 품질

레이저 출력은 용입 깊이의 한계를 규정하는데 가장 중요한 요소로서 소정의 출력을 낼 수 없는 장치를 사용하면 다른 조건이 모두 최적의 상태라고 하더라도 일정 깊이 이상의 용접부를 얻을 수 없다. 또 레이저 발생 장치로부터 얻은 빛의 품질 즉, TEM 모드, 발산각 및 파장 등은 용접 성능을 규정하는 M^2 값과 관계가 깊으며 이러한 특성들은 각각 또는 종합적으로 용접부 형성과 용접 생산성에 영향을 미친다.

(2) 용접속도

레이저 출력과 함께 용접 속도는 용접되는 위치가 받는 용접 입열량과 밀접한 관계가 있으며 bead-on-plate 용접에서는 일정한 출력 조건에서 용접 속도를 증가시키면 용입 깊이가 감소하므로 설계치에 적합한 용접 속도를 선택하여야 한다. 그러나 TB 용접과 같이 박판의 맞대기 용접에서 용입 깊이의 증가 및 감소라는 개념보다는 완전 용입을 이루는 가장 빠른 용접 속도가 더 중요하게 다루어져야 한다. 이러한 완전 용입 조건에서 용접 속도가 올라가면 용접부의 폭과 열영향부의 폭이 함께 좁아지며 용융부의 상하 대칭 정도가 낮아져 용접 후 그 단면을 조사하여 보면 용접부가 V-자 모양을 형성하기 쉽다. 또 그림 4에서와 같이 접지기 용접에서는 용접 속도가 소정의 값 이상으로 증가하게 되면 용접부 강도도 급격히 떨어진다.

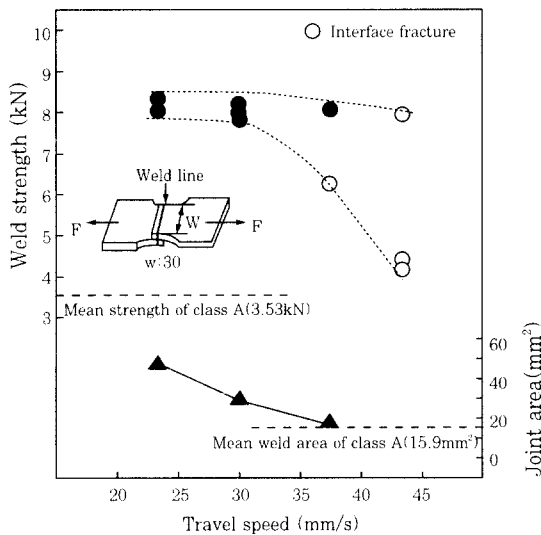


Fig. 4 Effect of travel speed on the weld strength

(3) 초점위치

초점위치는 용접의 진행 방향에 대한 재료 표면에서의 초점위치(초점 어긋남)와 용접할 재료의 표면을 기준으로 두께 방향에 대한 초점위치로 나누어 생각할 수 있다. 초점이 어긋난 것은 용접선의 정렬과 관련이

있어서 용접 실시 전에 집중된 레이저 빔이 접합하고자 하는 위치에 정확히 오도록 제어하는 것으로 조건 설정은 완료된다. 재료 표면을 기준으로 하는 초점 위치는 피용접재의 두께 방향으로 어떤 특정한 위치에 에너지의 집중점을 두게 하는 가상의 점으로서 용융에 필요한 에너지 효율 및 용접부 형성에도 매우 예민한 관계가 있는 중요한 변수의 하나이다.

구경 대비 초점거리의 비가 큰(높은 F수를 갖는) 광학계를 사용할 경우에는 빔의 수렴각과 발산각이 다같이 커지기 때문에 더욱 세심한 주의를 기울여야 용접 비드의 폭에 비하여 용입 깊이가 깊은 용접부를 얻을 수 있다. 최근에는 발전기에서 얻어지는 레이저 빔의 품질이 매우 향상되었고 그 결과 F수가 극히 낮은 광학계를 이용할 수 있게되어 두께 방향의 초점 위치에 대한 예민도도 점차 작아지고 있다.

(4) 접합부 간극

TB 용접에서 가장 많이 사용되는 접합부 형태는 맞대기일 것이다. 맞대기 간극이 소정의 값을 초과하면 용접부가 잘 이루어지지 않기 때문에 가능한 한 밀착시킨다는 관점에서 간극을 최소화할 필요가 있다. 자료에 의하면 용융부의 두께가 소재 두께의 80% 미만 이 되지 않는 조건을 적정 용접 범위로 간주하기도 하며 이러한 조건을 얻기 위한 가장 중요한 용접 조건이 접합부 간극일 것이다. 그림 5는 접합부 간극과 용접부 강도와와의 관계를 표시한 것으로 접합부 간극이 모재 두께의 20%를 넘으면 용접부 강도의 급격한 하락을 확인할 수 있다¹¹⁾. 또, 그림 6은 접합부 간극과 용접 후 용접 금속의 두께와의 관계를 조사한 것으로 접합부 간극이 증가하면 용접 금속의 두께가 감소하여 궁극적으로는 용접부의 강도에 영향을 미치게 된다²¹⁾.

(5) 보호가스

적절한 보호가스의 선택과 취입량은 용접에서 고온

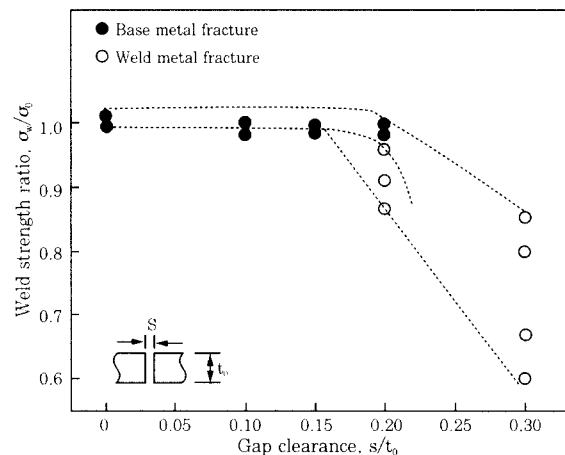


Fig. 5 Effect of gap clearance on the weld strength ratio

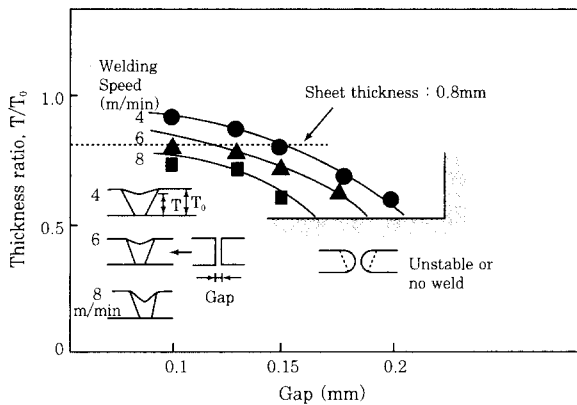


Fig. 6 Relationship between gap of butt weld and thickness ratio

의 용융 금속을 산화로부터 보호하는 차단막 역할을 하여 용접부에 산화물형의 비금속 개재물과 기공의 형성을 막아준다. CO₂ 레이저 용접에서는 이러한 목적 이외에 용접에서 필연적으로 형성되는 플라즈마를 제거하여 레이저 에너지의 이용 효율을 높임으로서 동일한 출력의 레이저 장치를 사용하더라도 더 깊은 용접부를 얻고자 별도의 보조가스를 사용하기도 한다.

2.2.3 TB 용접부의 품질

(1) 성형성과 용접공정 변수

표 1은 TB 용접에서 육안으로 관찰이 가능한 결함과 그렇지 않은 결함들을 정리한 것이다²²⁾. 이러한 결함들은 TB의 성형성에 영향을 미치는 중요한 인자이기 때문에 용접 과정에서 가능한 한 결함 발생을 최소화하여야 한다. 따라서 용접 후 블랭크의 성형에 나쁜 영향을 미치는 결함을 줄이고 적정 범위 내에서 제품의 품질이 유지되도록 하기 위한 용접 공정의 관리가 필수 조건의 하나가 된다^{23,24)}. 이를 위하여는 각종 모니터링, 용접선 추적 등 용접 조건의 안정화 및 용접 품질관리 기법 등을 이용하여 결함의 최소화와 품질기준 설정도 필요하다²⁵⁻²⁷⁾.

Table 1 Possible weld defects in tailored blanks

Visible defects	Mismatch
	Concavity
	Convexity
	Lack of penetration
	Lack of fusion
Non-visible defects	Excess hardness
	Pinholes
	Internal porosity
	Lack of ductility

판재의 성형성을 측정하고 평가하기 위한 시험법에는 여러가지가 있으나 대표적인 방법으로 통상의 인장시험, 평면변형을 인장시험(plane strain stretching test), 홀 인장시험(hole expansion test), 수압 팽창시험(liquid bulge test) 및 에리ksen시험(Erichsen test) 등이 있다^{14,28)}. 이와 같은 시험법을 통하여 성형에 적합한 용접품질의 범위를 판단하고 이를 기초로 용접공정 변수를 조절하여 최적의 용접 조건을 찾아야 한다.

용접된 판재의 성형성에 영향을 미치는 인자로서 용접공정 변수에 의해 관리될 수 있는 대표적인 요소는 비드의 두께비(T/T₀; T=용접부 두께, T₀=모재 두께)와 용접부의 경도를 들 수 있으며 이들의 영향은 다음과 같다.

1) T/T₀: 모재에 대한 비드의 두께를 비율로 나타낸 것으로 이 값이 작으면 용접부의 강도 저하는 물론 성형시 파단이 일어나기 쉽다. 그림 7은 수압 팽창시험에 의한 T/T₀와 한계 변형률과의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 T/T₀가 0.7~0.8을 경계점으로 하여 그 이하에서는 한계변형률이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있는데 이것으로 보아 실제 제품의 품질 관리에 적용할 때는 T/T₀를 0.8 이상이 되도록 하는 것이 필요하다.

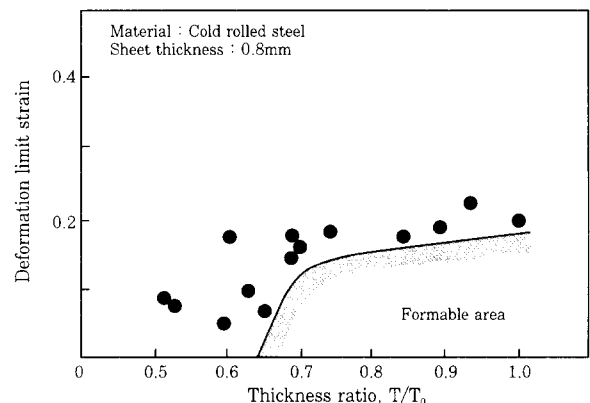


Fig. 7 Relationship between thickness ratio and deformation limit strain

2) 용접부의 경도: 일반적으로 용접된 판재의 성형성은 용접부의 경도와 모재의 경도에 의하여 평가가 가능하다. 이것은 제품의 성형성이 모재와 용접부 모두의 연성에 의하여 영향을 받기 때문이다. 레이저 맞대기 용접에서 용접부 단면의 경도 분포 예는 그림 8에 보였는데 이 결과는 용접부 경도가 모재 경도 보다 훨씬 높은 경우를 나타내고 있다. 또 그림 9는 용접부 경도와 한계 변형률과의 관계를 나타낸 것으로 용접부 경도가 증가할수록 한계 변형률은 감소함으로써 성형

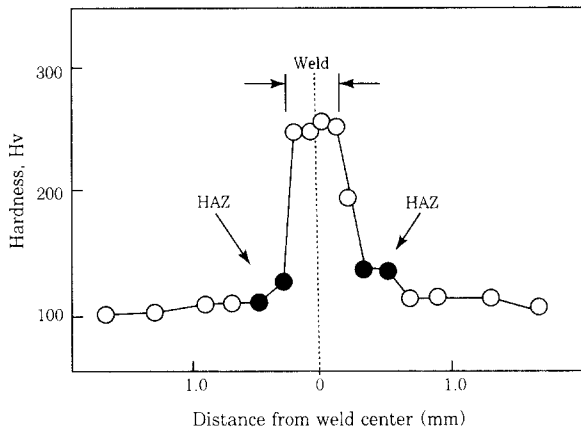


Fig. 8 Hardness distribution of laser butt weld

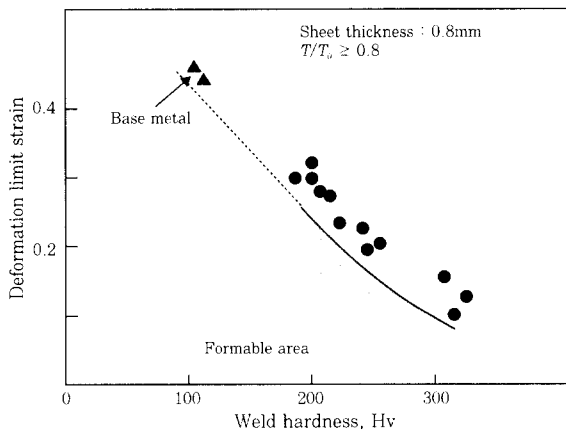


Fig. 9 Relationship between hardness and deformation limit strain

성에 나쁜 영향을 미치는 것을 알 수 있다²⁹⁾.

(2) TB 용접부의 품질관리

레이저에 의한 TB 용접에서 대부분의 용접 공정변수들은 용접부의 결함 발생 또는 용접된 판재의 성형성에 영향을 미친다. 따라서 용접 공정과 용접부 품질에 대한 항목으로서 표 2 및 아래 사항들을 관리하여야 한다²²⁾.

1) 소재 형상 정밀도: 그림 6의 결과를 예로하여 조합될 소재의 품질관리 범위를 살펴보면 용접속도 4m/min일 때 $T/T_0=0.8$ 이상을 얻기 위하여는 접합부 간극도 0.15mm 이하가 되어야 한다. 한 쪽 소재의 접합부 진직도를 산술적으로 계산하면 0.075mm이지만 실제로는 다른 환경 요인을 고려하여야 하기 때문에 0.05mm 이내로 좀 더 정밀하게 관리되어야 한다.

2) 용접부 형상: 그림 10은 육안 관찰 결함들을 모니터링하기 위한 실용화 장치의 대표적 예를 보인 것이다. 또 표 3에는 TB 용접부의 외관 검사에서 측정되는 요소들의 일반적인 품질 기준을 나타내었다. 그 밖

Table 2 Monitoring possibilities for tailored blanks

Welding parameter monitoring	Laser power
	Laser beam quality
	Travel speed
	Focal point position
	Clamping forces
	Gas shielding
	Cooling
Real-time weld process monitoring	Operator attention
	Seam tracking
	Gap measurement
	Acoustic level & spectrum
	Plasma level & spectrum
	Weld surface temperature
	Splatter light level
	Plasma voltage
Neural networks	
Post-weld quality monitoring	Visual inspection
	Video-computer analysis
	Manual profilometry
	Structured light profilometry
	Radiography
	Limited dome height test
	Metallography
	Olsen cup test

Table 3 Typical basic specifications for tailored blank welding

Parameters	Limit condition
Penetration	Full
Mismatch	< 10% of thin part
Concavity	< 10% of thin part
Convexity	< 10% of thin part
Cup test	Break outside of HAZ
Porosity	None
Pinholes	None

에도 용접 비드 형상을 감시하기 위해 플라즈마 플룸이나 용융로부터의 방사광선 등을 측정하는 시스템들이 개발되고 있다.

3) 육안 관찰이 불가능한 결함의 저감 방안: 용접부의 과도한 경도 상승, 내부 기공, 핀홀 등은 용융 금속의 응고 특성과 관계가 깊은 결함들이다. 용접부의 경도 상승과 취화 조직 형성을 감소시키기 위하여는 냉각속

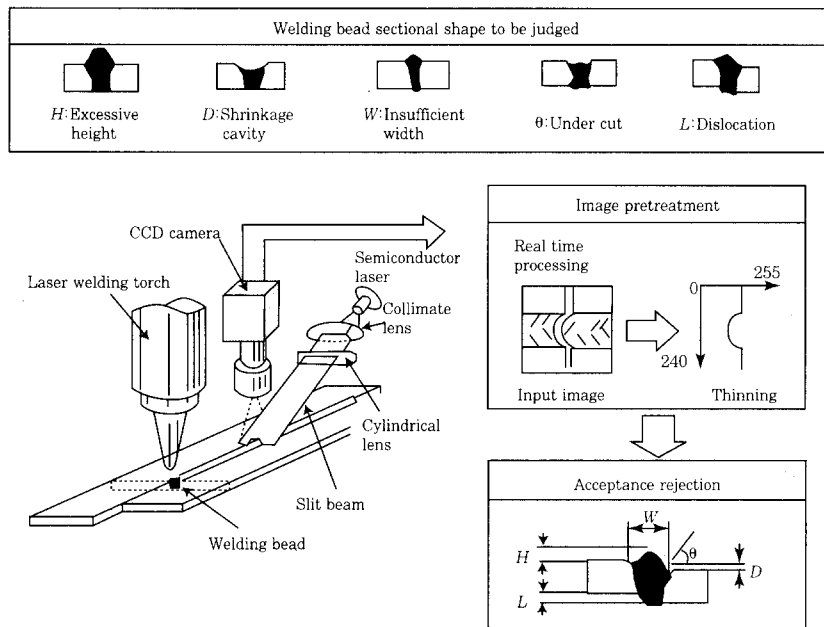


Fig. 10 Outline of bead shape inspection unit

도의 조절이 요구되는데 기존의 용접 공정에서는 모재를 예열시킴으로써 냉각속도를 낮추지만 박판의 TB 용접에서는 그러한 방법을 쓸 수 없다. 그러나 레이저 용접에서는 에너지의 분할이 가능하기 때문에 분할된 빔을 이용하면 용접부의 형상 제어와 냉각 속도의 저하를 달성할 수 있다³⁰⁻³²⁾.

3. 결 언

우리나라 자동차 산업의 여건은 세계 최고 수준을 목표로 하여 가까운 장래에 모든 차종에 TB 기술을 적용하게 될 전망이다. 초경량 차체 개발과 관련하여 TB 제조에서 용접 기술은 가장 중요한 기술의 하나라고 판단된다. TB의 용접에는 현실적으로는 매쉬 심용접법과 레이저 용접법이 양대 산맥을 이루고 있으나 생산성, 자동화의 용이성 및 용접 품질에서 레이저 용접법을 좀 더 중요하게 다루고 있는 것이 사실이다. 그것은 레이저 용접이 높은 밀도로 집속된 빛을 이용하는 기술이므로 여타의 전기 에너지를 쓰는 용접 기술에 비하여 유용성이 더 높음에 기인하는 결과이다.

부품의 안전도와 생산성에 관한 요구는 TB에 대하여도 높은 신뢰도와 함께 공급 속도를 요구하게 되었는데 이러한 수요 측면에서의 환경은 용접 속도의 향상과 품질을 동시에 만족시켜야 한다. 높은 품질의 TB를 안정적으로 공급하려면 용접 뿐만 아니라 소재 가공에서 용접 및 성형 공정에 이르기까지 모든 제조 과정이 정밀하게 감시되고 제어되어야 하는 등 풀어야 할

기술적 어려움도 많아지게 되지만 꾸준한 노력으로 당면하고 있는 현장의 실정에 맞는 용접 기술의 개발과 적용이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. H. Matsui: State of the Art and Subjects of Reducing Automobile Weight, 6th International Welding Symposium of JWS (1996), 287
2. J. M. Martin, V. Hoenen K. M. Ostyn: Stamping of Tailor Made Blanks, IBEC 94 (1994), 52
3. J. K. Baysore: Laser Blank Welding, IBEC 94 (1994), 60
4. B. Y. Yang, M. F. Shi, H. Sadrnia, F. Lin: Structural Performance of Tailor Welded Sheet Steels, SAE Technical Paper Series 95036 (1995)
5. Porsche Engineering Service: Technical Report for ULSAB Technical Committee and Consortium Meeting, June (1996)
6. W. Prange: Tailored Blanks-Production Procedures and the Behavior of the Welded Parts, ULSAB Seminar (1997)
7. 이경돈: Tailored Blank에서 절단이 용접 품질에 미치는 영향, 자동차산업과 용접기술 Workshop, 대한용접학회 (1998), 46
8. 김기철, 강문진, 이목영: 테일러드 블랭크 제조를 위한 용접기술, 자동차산업과 용접기술 Workshop, 대한용접학회 (1998), 36
9. 서 정, 한유희: 자동차 산업에서의 레이저 용접, 대한용접학회지, 12-2 (1994), 49
10. 김기철: Laser Tailored Blank 용접기술, 용접공학학회대학,

- 대한용접학회 (1997), 19
11. 김기철, 이기호, 이목영: 테일러드블랭크용 박판강재의 레이저 용접성(I), 대한용접학회지 16-1 (1998), 77
 12. 김기철, 이기호, 이목영: 테일러드블랭크용 박판강재의 레이저 용접성(II), 대한용접학회지 16-2 (1998), 143
 13. 이희석, 배동호: 박판의 CO₂ 레이저빔 용접과 소재접합일체성 형에 관한 연구, 대한용접학회지, 15-2 (1997), 122
 14. F. Natsumi, K. Ikemoto, H. Sugiura, T. Tanagisawa, K. M. Azuma: Laser Welding Technology for Joining Different Sheet Metals for One-Piece Stamping, JSAE Review, 12-3 (1991), 58
 15. ASM Handbook Committee: Metals Handbook, 8th Ed., Vol. 6, ASM (1971), 433
 16. R. L. O'Brien: Welding Handbook, 8th Ed., Vol. 2, AWS (1991), 552
 17. 대한용접학회: 용접·접합편람 (1998), 587
 18. I. Miyamoto, H. Maruo: Spatial and Temporal Characteristics of Laser Induced Plasma in CO₂ Laser Welding, LAMP-92 (1992), 311
 19. K. C. Kim, E. P. Yoon: Observation of Laser Induced Plasma during Welding of Steel Plate, Proc. Int. Conf., JOM-7 (1995), 307
 20. C. Dawes: Laser welding -A Practical Guide, Abington Publishing (1992), 117
 21. K. C. Kim, E. P. Yoon: Effects of Joint Gap/offset on Mechanical Properties of Laser Butt Welded Low Carbon Steel, Proc. Int. Conf., JOM-5 (1991), 278
 22. S. L. Ream: Weld Quality Monitoring for Tailor Welded Blanks, Automotive Laser Applications Workshop, Novi Michigan USA (1996)
 23. 서 정, 한유희, 윤충섭, 방세윤: 아연도금 강판의 CW CO₂ 레이저 용접 및 성형성, 대한용접학회지, 13-1 (1995), 577
 24. 서 정, 한유희, 김정오, 이영신: 이중두께 강판의 CO₂ 레이저 용접 및 성형성, 대한용접학회지,
 25. 신정식, 김재웅, 나석주, 최칠룡: 겹치기 이음에서 용접선 시각 추적 시스템에 관한 연구, 대한용접학회지, 9-2 (1991), 20
 26. 박용환, 김재웅: 레이저 변위 센서를 이용한 용접선 검출에서 신호처리에 관한 연구, 대한용접학회지, 13-4 (1995), 65
 27. 유병희, 김재웅: 박판 맞대기 용접에서 전자기식 센서를 이용한 용접선 자동추적 시스템에 관한 연구, 대한용접학회지, 15-1 (1997), 81
 28. J. K. Baysore, M. S. Williamson, Y. Adonyi, J. L. Milian: Laser Beam Welding and Formability of Tailored Blanks, Welding Jour., 74-10 (1995), 345s
 29. M. Yoshida, Y. Yamasaki, K. Shinji, M. Ono: Formability of Laser-Welded Steel Sheets, NKK Technical Review, No.72 (1995), 25
 30. 김재웅: 이중 빔 레이저 용접에서 열유동 해석에 관한 연구, 대한용접학회지, 15-4, (1997), 99
 31. E. Kannatey-Asibu: Thermal Aspect of the Split-Beam Laser Welding Concept, Trans. of ASME, Jour. Eng. Materials and Technology, Vol.113 (1991), 215
 32. C. M. Banas: Twin-Spot Lasers Weld Stainless Tubing, MAN (1992), 14



- 김기철(金伎徹)
- 1948년생
- 포항산업과학 연구원 설비·용접연구팀
- 고에너지 밀도 용접, 용접현상 해석 및 system 개발
- e-mail : kicholk@rist.re.kr



- 김재웅(金載雄)
- 1959년생
- 영남대학교
- 용접공정의 자동화 및 용접구조물 해석
- e-mail : jaekim@yeungnam.ac.kr