

레이저 양면 용접 시스템을 이용한 분말 소결품과 저탄소강의 용접 특성

A Study for welding characteristics of both-sided laser welding between steel sheet and sintered metal

이화다이아몬드공업(주) 기술연구소 이창현, 장준호, 김연철
연세대학교 금속공학과 김도훈

I. 서론

Diamond는 지구상에 현존하는 물질 중 가장 경도가 높은 소재로 1950년대 초에 미국의 GE사에서 인조 합성에 성공한 이래 기존의 알루미늄, 실리콘카바이드 등의 연마제를 대체하여 석재, 건설용 및 산업용 재료의 가공 분야에 있어서, 우수한 난삭재의 가공 특성 및 높은 생산성 등의 장점으로 적용 범위가 급속히 확대되고 있는 추세이다.

이러한 Diamond saw blade의 제조 공정에 있어서 Diamond 분말이 함유된 금속 분말의 소결체인 Segment tip을 원형의 강판에 접합하는 방법으로 은납에 의한 접합 방식을 사용하였으나, 1990년을 전후하여 높은 접합 강도와 우수한 내열 특성 및 뛰어난 생산성 등의 장점으로 인하여 고밀도 열원인 kW급의 CO₂ 레이저가 기존의 은납에 의한 접합 방식을 대체해 나가고 있다. 따라서 국내에서 kW급의 CO₂ 레이저 용접의 적용 분야로는 자동차 산업과 함께 Diamond 공구 산업 분야가 중요한 위치를 차지하고 있다. 레이저를 이용한 용접 방식은 높은 용접 속도로 우수한 용접부의 특성을 획득할 수 있는 일반적인 장점에도 불구하고 Diamond saw blade의 레이저 용접에 있어서는 저탄소강과 금속 분말의 소결체인 이종 재료의 용접 특성에 따라 용접 속도가 제한된다. 또한 수천 RPM에서 고속으로 회전을 하면서 경질의 재료를 절단하는 위험한 작업에 있어서 불안전한 용접부로 인하여 Segment tip이 탈락될 경우 인명의 안전에 치명적인 문제점을 내포하고 있다.

따라서 본 연구는 고가의 열원인 레이저를 이용한 Diamond saw blade의 용접 공정에 있어서, 용접 조건 및 용접 방식에 따른 용접부의 특성에 대한 연구를 통하여 이종 재료의 용접에 보다 효율적이고 안전성이 높은 용접 조건 및 방식을 제시하고자 하였다.

II. 실험 방법

본 실험에 사용된 Diamond saw blade의 개략도를 그림1에 나타내었다. 실험에 사용된 레이저는 출력 3kW의 CO₂ 레이저로 TEM₀₀ mode, Spot size 200 μ m, Depth of field 3mm, Focal length 125mm이다. 먼저, 이종 재료의 용접 특성을 평가하기 위해 주요 공정 변수인 출력과 속도를 변화시키면서 재료별로 용입깊이 및 폭 등을 측정하였으며 또한, 입열량에 따른 기공발생량과의 상관관계를 도출하기 위해 Overfill된 면적을 측정하였다. 용접 방식에 따른 재료적, 물리적 특성치의 시험, 평가는 유럽 안전 규격에 따라 그림2와 같이 굽힘 강도의 시험과 미소 경도를 측정하였다. 실험에서는 Diamond가 함유되지 않은 코발트 분말을 소결한 Blank tip을 사용하였으며, 원형의 강판으로 된 Shank는 레이저 용접에 가장 보편적으로 사용되는 탄소 함량 0.36%의 SCM3종을 사용하였다. 실험에 사용된 규격은 9" (tip 2.6t, shank 1.8t) 제품에 대

하여 세 가지 방식으로 맞대기 용접을 실시하였으며, 용접방식은 다음과 같다.

1. 양면 순차적 용접 방식 : 피용접물에 중첩부가 형성되도록 앞과 뒤에서 두 번에 용접.
2. 한면 관통 용접 방식 : 한 방향에서 피용접물의 용접부 전체를 관통하도록 한 번에 용접.
3. 양면 동시 용접 방식 : 분할렌즈를 이용하여 피용접물의 앞과 뒷면에서 각각 레이저빔의 출력을 50:50으로 분할하여 양쪽 방향에서 동시에 용접.

III. 결과 및 고찰

1. 용접 조건에 따른 이종 재질별 용접 특성 비교

각 재료별 용접 조건에 따른 용접 특성을 비교하기 위하여 코발트의 소결 Tip과 저탄소강인 Shank에 대하여 레이저의 출력별로 용접 속도를 변화시켜 용입깊이를 구하였고, 그 결과를 그림 3과 4에 나타내었다. 용접 조건에 따른 용입깊이의 상관관계에 있어서 소결 Tip의 경우는 용접 속도에 영향을 많이 받고 Shank의 경우는 레이저의 출력에 영향을 더 많이 받는 것을 알 수 있었다. 따라서 전체적인 용접 속도는 소결 Tip에 의해 영향을 받는 것을 확인하였다.

2. 입열량에 따른 기공과 Overfill부의 단면적의 상관관계

입열량에 따른 기공의 발생량과 Overfill부의 단면적과의 관계를 각각 그림 5와 6에 나타내었다. 소결 Tip의 경우 입열량의 증가에 따라 기공의 단면적이 증가하였으며, 이는 Overfill부의 단면적의 증가와 비례하였다. 기공의 함유량이 낮은 건전한 용접부를 얻기 위해서는 용접에 필요한 최소한의 입열량으로 용접하는 것이 유리함을 확인하였다.

3. 용접 방식별 용접 조건의 설정

위의 1과 2의 예비 실험을 통하여 용접에 필요한 용입깊이와 건전한 용접부를 획득하기 위한 적절한 총 입열량은 약 80 KJ/m으로 나타났으며, 양면 순차 용접 방식과 동시 용접 방식은 출력 1.5 kW에서 속도 2.0 m/min의 용접 조건으로, 한 면에서의 관통 용접 방식은 출력 2kW에서 속도 1.5 m/min으로 용접 조건을 선정하였다.

4. 용접 방식에 따른 재료적 물리적 특성 비교

용접 방식에 따른 굽힘 강도의 비교 결과를 그림 7에서 나타내었다. 규격의 허용치는 모두 초과하였고 양면 동시 용접 방식이 앞, 뒷면에 있어서 용접 강도의 차이가 가장 작게 나타났으며, 이는 용접 방식의 특성상 피용접물의 양쪽에서 대칭적으로 동시에 용접부가 형성되면서 잔류응력 및 용접후 변형이 가장 작은 것에 기인된 것으로 예상된다. 용융부를 중심으로 용접 방식에 따른 미소경도값을 그림 8에서 보여 주고 있다. 용융부에서는 용융된 조성의 편차가 커서 경도 값이 불 균일하였고, 열영향부에서의 경도는 양면 동시 용접의 경우가 다른 용접 방식보다 약간 높았으며, 이는 용융부의 중심에서 입열량이 가장 크고 냉각 속도가 높아서 마르텐사이트조직이 치밀하게 형성된 결과라 판단되며 한편, 한 면에서 입열량이 가장 높은 한 면 관통 용접을 한 경우가 열영향부의 폭이 약간 크게 나타났다.

IV. 결론

본 연구에서 이종 재질의 용접에 보다 효율적이고 안전성이 높은 용접 방식을 제시하기 위하여 양면 순차와 한면 관통 및 양면 동시 용접 방식에 대하여 각각 일정한 입열량으로 용접을 실시한 결과 양면 동시 용접 방식이 가장 적합한 결과를 얻었다. 이는 레이저 출력을 양쪽으로 분산하여 주사함으로써 비교적 낮은 입열량에서 용접이 가능하여 열변형이 최소화 되고 Tip의 용접에 따른 기포 발생을 작게 하면서 건전한 용접부를 형성하기 때문이다.

V. 참고문헌

1. 김도훈, "레이저 가공학", 1992, 경문사
2. J.W. Park and C.H. Lee, "CO₂ Laser Weldability Between Sintered Co, Co+Ni alloy and Carbon Steel" Journal of Korean Society of Laser Processing, Volume.3, Number.2, Oct, 2000, p.13~24.
3. M.Pastor, H. Zhao, and T. DebRoy, "Continuous wave-ND:yttrium-aluminum-garnet laser welding of AM60B magnesium alloy", Journal of Laser Applications Volume.12, Number.3, June, 2000, p.91~100
4. To Hoon Kim, "Porosity Formation in Laser-beam Materials Processing", Journal of materials science letters, 1991, pp.400~402
5. T.H. Kim, J.S. Lee, K.H. Whang, "Calculation of CO₂ laser beam absorptance as a function of temperature for steels by the numerical method", Journal of materials science, 1995, pp.784~792
6. V V Borisova, S M Kut'ev and S F Moryashev "Laser welding diamond bearing segments to steel holders", Paton Welding Journal, 1993, 5(1), p.56~58

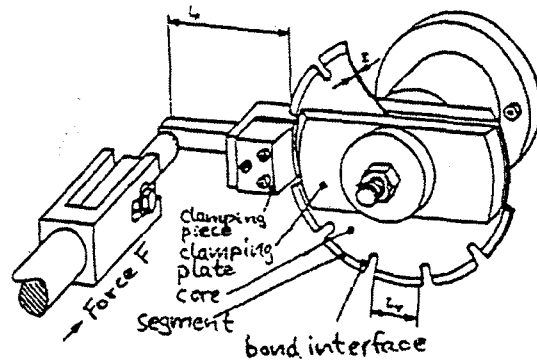


Fig 1. Schematic drawing of saw blade Fig 2. Schematic diagram for bending test

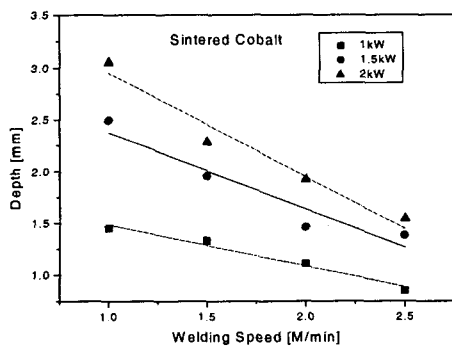


Fig 3. Comparison of depth vs. welding speed for varying power levels in sintered cobalt.

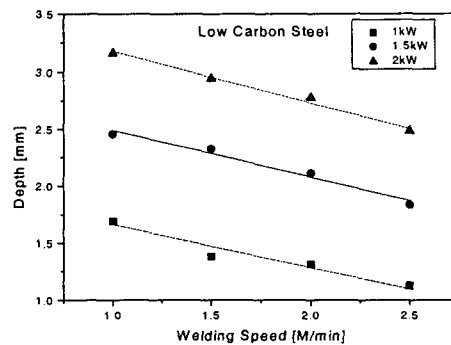


Fig 4. Comparison of depth vs. welding speed for varying power levels in low carbon steel.

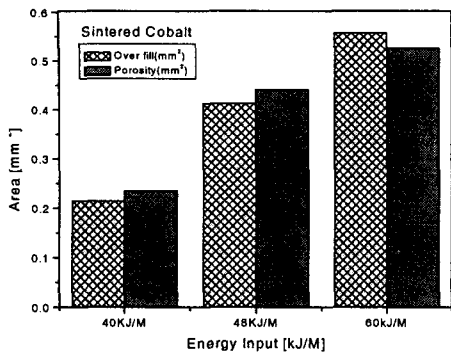


Fig 5. Comparison of the area of overfill and porosity at various of energy inputs in sintered cobalt.

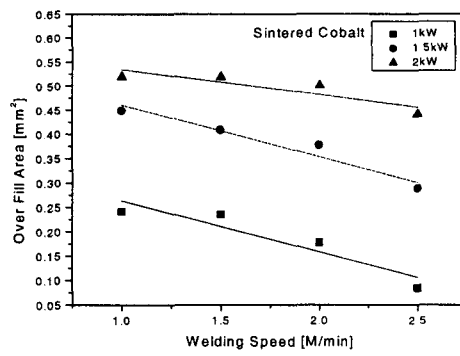


Fig 6. Comparison of the area of overfill vs. welding speed for varying power levels in sintered cobalt.

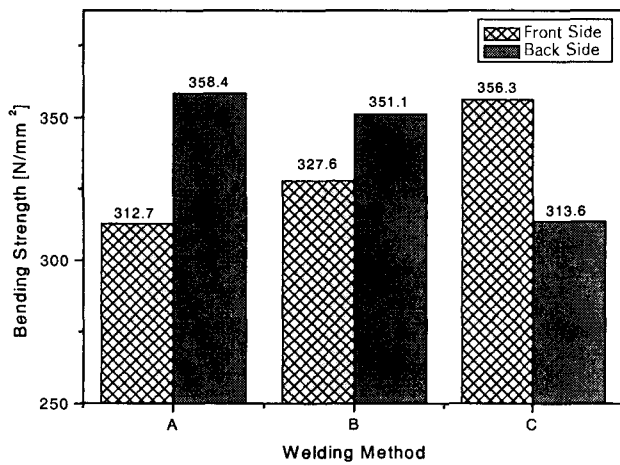


Fig 7. Comparison of bending strength of both sides in saw blade at different welding methods

- A. Both-sided laser welding at twice.
- B. Both-sided laser welding at once.
- C. One-sided laser welding for once.

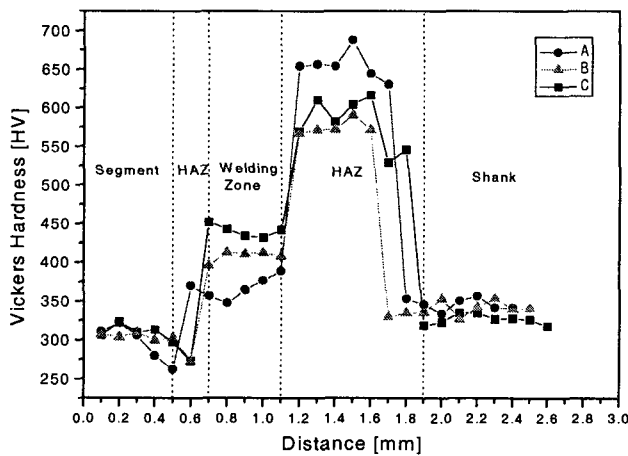


Fig 8. Microhardness profile across the welding zone of segment tip and shank

- A. Both-sided laser welding at once.
- B. Both-sided laser welding at twice
- C. One-sided laser welding for once.