

# Nd:YAG 레이저빔을 이용한 아연도금강판(SECC)과 쾌삭강봉(SUM24L)의 용접에 관한 연구

## The study of welding between Zn-coated plate and free cutting carbon steel rod by Nd:YAG laser beam

연세대학교 재료공학부 노영태, 김도훈

### 1. 서론

본 연구는 프린터 판(plate)과 봉(shaft)의 레이저 용접을 생산 현장에 적용시키기 위한 기초 연구로서 아연도금 강판(SECC)과 쾌삭강봉(SUM24L)의 맞대기 용접을 실시하였다. 프린터 판(plate)에 사용되는 아연도금강판은 성형성을 위하여, 봉(shaft)에 사용되는 쾌삭강봉인 경우에는 강도를 위하여 이중재질을 선택하였다. 공정의 최적화를 위하여 레이저 용접 주사 조건을 잡기 위해서는 여러 가지의 변수를 복합적으로 고려해야 한다. 여러 실험 변수를 효과적으로 조절하면서 신뢰성과 재현성 있는 결과를 얻기 위하여 실험계획법을 사용하였다. 그리고 쾌삭강봉(SUM24L)인 경우에는 부식방지를 위해 니켈도금처리를 한시편과 도금처리를 하지 않는 시편에 대하여 각각 용접을 실시하여 니켈도금의 영향과 아연도금 영향을 고찰하였다. 용접부의 기계적인 특성 평가와 금속학적인 측면에서 용접부의 상을 예측하였다.

### 2. 실험방법

시편은 아연도금강판(SECC)과 강봉(SUM24L)과 그리고 니켈도금된 강봉(SUM24L)에 대하여 각각 용접을 실시하였다. 용접부의 기계적인 특성 평가를 위해 비틀림 시험, 연속압입시험법을 이용한 인장 시험, 미소경도 시험을 실시하였으며, 용접부의 미세조직검사와 상분석을 위해 광학현미경, SEM, XRD, TEM분석등을 실시하였으며, 니켈과 아연도금을 영향을 고찰하기 위해 EDS분석을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

레이저 용접시 조절가능한 변수들은 매우 많다. 이러한 변수들중 예비실험을 통하여 특성치인 비틀림강도와 용융깊이에 가장 큰 영향을 주는 변수를 다음과 같이 설정하였다. 변수로는 레이저 출력, 주사속도, 펄스폭, 주파수였다. 이러한 4가지 변수들로 Design matrix를 작성하고, FD(factorial design)법을 사용하여 최적의 용접 주사조건과 특성치에 가장 큰 영향을 미치는 인자를 구할 수 있었다. 용접부의 인장, 경도 시험결과 니켈도금된 강봉과 도금되지않는 강봉의 용접의 경우 차이를 나타내지 않았고, 비틀림 경도값과 용융깊이에서는 니켈도금된 강봉의 용접의 경우 값이 약간 저하되었다. 용접부의 EDS 분석결과 용접부에서 니켈과 아연의 성분은 나타나지 않았다.

#### 4. 결론

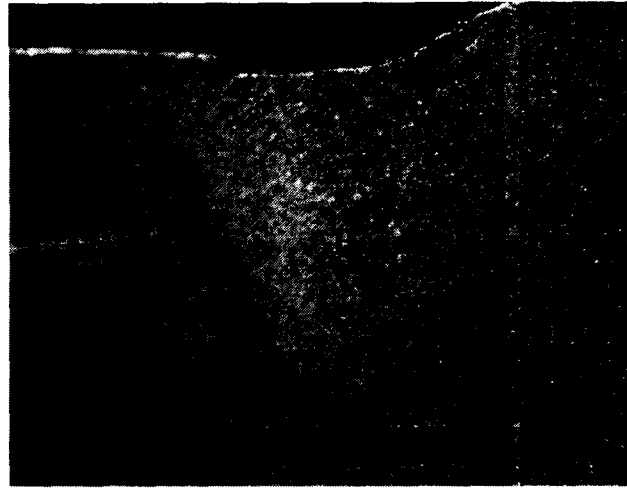
FD(factorial design)법을 이용하여 최적의 용접 주사 조건을 구하였다. 특성치에 가장 유의한 인자로는 펄스폭, 레이저 출력, 주파수, 스피드 순이었고, 최적의 주사 조건은 레이저 출력 580W, 펄스폭 13ms, 주사속도 5mm/sec, 주파수 30Hz였다. 용접부에서 아연도금의 영향과 니켈도금의 영향을 고찰한 결과 최적의 주사조건에서 용접을 수행했을 때 아연과 니켈의 영향은 관찰되지 않았다. 아연도금강판(SECC)과 강봉(SUM24L) 그리고 니켈도금강봉(SUM24L)에 대하여 용접을 실시한 결과 경도, 인장강도값에서는 차이가 없었고, 용융깊이와 비틀림강도값에서는 니켈도금강봉의 용접에서 값이 약간 저하되었다. 이는 니켈표면의 반사도가 상대적으로 커 입열량의 저하로 인한 결과라고 사료된다. 경도와 인장실험결과 모재, HAZ, bead순으로 값이 상승했고, 이는 레이저 용접시 빠른 냉각속도로 인하여 용접부 조직이 미세화되었고, Bead 부위는 일부의 마르텐사이트조직이 형성되어 있는 것으로 생각된다.

#### 5. 참고문헌

1. Montgomery: Design and Analysis of Experiments, p290-340, (1996)
2. 김도훈: "레이저 가공학", 경문사, 256-279, (1990)
3. Heyden, J., Nilsson, K. and Magnusson, C., "Laser Welding of Zinc Coated Steel", The Industrial Laser Annual Handbook, pp 161~167, (1990)
4. E. Biro, D. C. Weckman, N. Zhou: The Effects of Au and Ni plating on Pulsed Laser Welding of Thin Sheets in the lap-joint Configuration", ICALEO, pp 116~125, (2000)
5. J. Wilson, J. F. B. Hawkes: "Laser Principles and Applications", (1987)
6. C. Dsws, CEng: "Laser Welding", Ablington Publishing, pp 16~30
7. Walter W. Duley: "Laser Welding", A wiley-Interscience Publication, pp 21~23(1999)

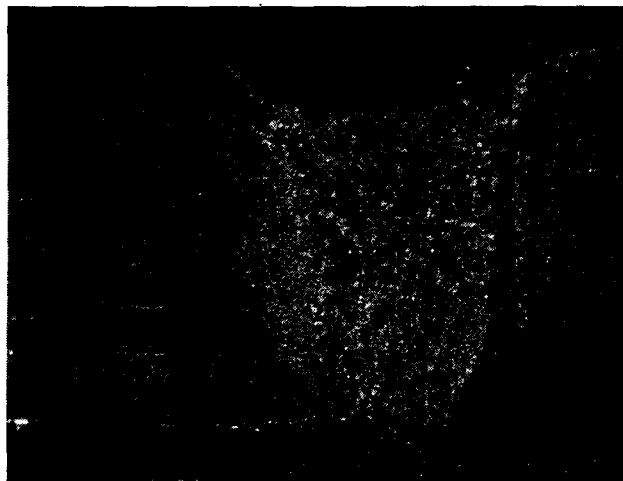
Table 1. Design points in  $2^4$  factorial design

| run | variables in coded units |       |       |       | variables in original units |     |    |    | response   |       |
|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------|-----|----|----|------------|-------|
|     | $x_1$                    | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | P                           | S   | W  | F  | twist test | depth |
| 1   | -1                       | -1    | -1    | -1    | 550                         | 2.5 | 10 | 30 | 320        | 1.42  |
| 2   | +1                       | -1    | -1    | -1    | 580                         | 2.5 | 10 | 30 | 360        | 1.45  |
| 3   | -1                       | +1    | -1    | -1    | 550                         | 5   | 10 | 30 | 350        | 1.41  |
| 4   | +1                       | +1    | -1    | -1    | 580                         | 5   | 10 | 30 | 410        | 1.52  |
| 5   | -1                       | -1    | +1    | -1    | 550                         | 2.5 | 13 | 30 | 400        | 1.56  |
| 6   | +1                       | -1    | +1    | -1    | 580                         | 2.5 | 13 | 30 | 450        | 1.59  |
| 7   | -1                       | +1    | +1    | -1    | 550                         | 5   | 13 | 30 | 410        | 1.55  |
| 8   | +1                       | +1    | +1    | -1    | 580                         | 5   | 13 | 30 | 460        | 1.62  |
| 9   | -1                       | -1    | -1    | +1    | 550                         | 2.5 | 10 | 40 | 300        | 1.36  |
| 10  | +1                       | -1    | -1    | +1    | 580                         | 2.5 | 10 | 40 | 350        | 1.42  |
| 11  | -1                       | +1    | -1    | +1    | 550                         | 5   | 10 | 40 | 330        | 1.39  |
| 12  | +1                       | +1    | -1    | +1    | 580                         | 5   | 10 | 40 | 390        | 1.45  |
| 13  | -1                       | -1    | +1    | +1    | 550                         | 2.5 | 13 | 40 | 400        | 1.53  |
| 14  | +1                       | -1    | +1    | +1    | 580                         | 2.5 | 13 | 40 | 430        | 1.56  |
| 15  | -1                       | +1    | +1    | +1    | 550                         | 5   | 13 | 40 | 400        | 1.50  |
| 16  | +1                       | +1    | +1    | +1    | 580                         | 5   | 13 | 40 | 450        | 1.58  |



(a)

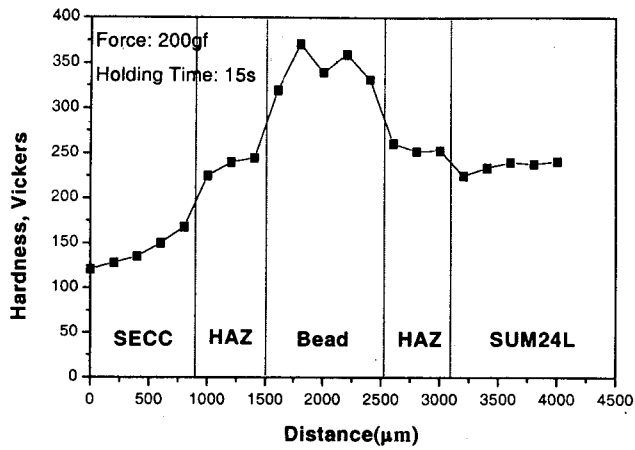
200μm



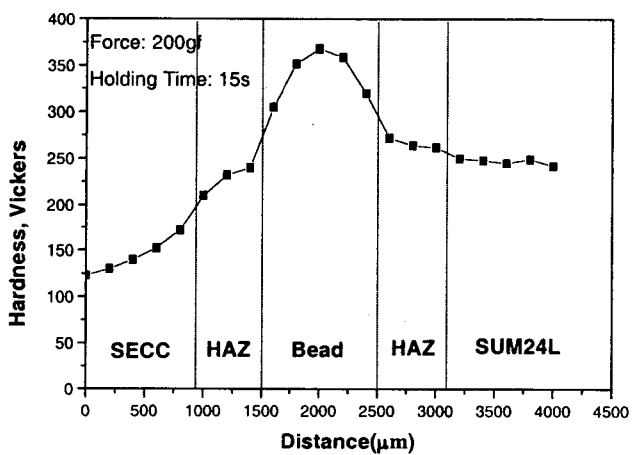
(b)

200μm

Fig. 1 Cross Section of weld bead on the optimum condition  
(a) weld bead of SECC - SUM24L (Ni coated)  
(b) weld bead of SECC - SUM24L (Ni uncoated)



(a)

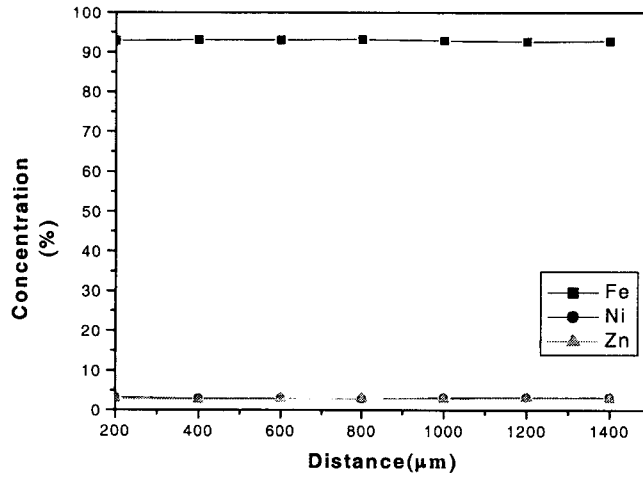


(b)

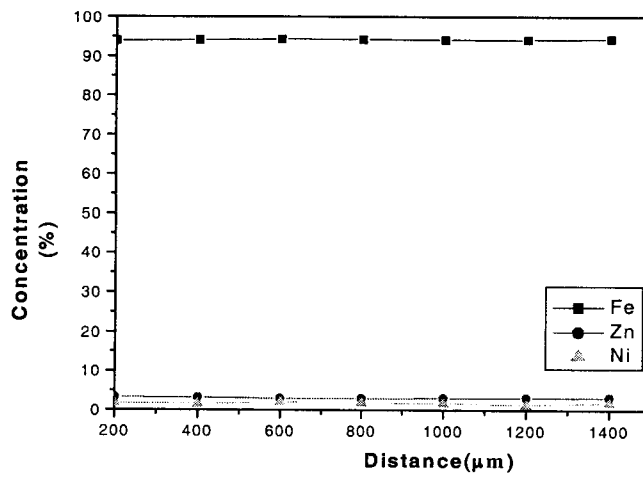
Fig. 2 Microhardness profile traversing the weld

(a) SECC / SUM24L (Ni uncoated)

(b) SECC / SZUM24L (Ni coated)



(a)



(b)

Fig. 3 EDS profile

(a) in direction of weld bead from surface (Ni coated)

(b) in direction of weld bead from surface (Ni uncoated)