

플라스틱 금형용 크롬-몰리브덴강의 GTAW 육성용접특성 Characteristics of GTAW weld overlay on Cr-Mo steel

권준모*, 서만석**, 김덕환**, 박경채*

* 경북대학교 공과대학 금속공학과

** 현대자동차

1. 서 론

플라스틱 금형용 재료는 설비, 기계부품의 마찰, 충격에 의하여 마모나 마멸이 발생하여 손실을 초래하게 된다. 육성 용접은 상기의 손실을 감소시키기 위해 재료의 표면에 내마모, 내충격에 우수한 재료를 균일하게 용착시킴으로써 재료의 표면 성질을 연장시키고 보호하는 가공법 중에 하나이다. 이렇듯 금형의 보수에 용접을 이용하면 재료 절감, 작업효율 증진, 제품의 고품질화, 금형 사용수명 연장 등의 경제적, 산업적 측면에서 바람직한 효과를 기대할 수 있다.

그런데 이러한 금형의 보수에 용접을 사용할 경우, 용접부의 경도 값이 높은 관계로 균열이 쉽게 발생될 수 있어 파괴에 치명적인 원인이 되고, 불균일한 온도 분포로 인해 결함 발생의 원인이 되는 잔류응력을 가지는 단점도 지니고 있다.

본 연구에서는 플라스틱 금형의 용접성 향상을 위해서 용접 시 예열처리, 후열처리 등의 열처리와 진동 응력 완화처리를 실시한 후, 이들 각 처리가 용접성에 미치는 영향에 대해 조사하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 모재 및 용접 재료

본 연구에 사용된 모재는 플라스틱 금형용 HP4M으로, 그 화학조성을 표 1-1에 나타내었고, 사용된 용접봉은 현장에서 사용되고 있는 상용 제품으로 화학조성은 표 1-2와 같다.

Table 1-1. Chemical compositions of base metals(wt.%).

| | C | Si | Mn | P | S | Alloy element | | | |
|------|-------|------|------|---|---|---------------|------|---|---------|
| | | | | | | Cr | Mo | V | other |
| HP4M | 0.32 | 0.2 | 0.6 | - | - | 1.6 | 0.4 | - | Ni: |
| | -0.38 | -0.4 | -1.4 | | | -2.0 | -0.6 | | 0.4-0.5 |

Table 1-2. Chemical compositions of filler metals(wt.%).

| | | C | Si | Mn | Cr | Mo | Ni | others |
|------|--------------|------|------|------|------|-----|------|---------------------|
| GTAW | Gritherm T-5 | 0.19 | 1 | 0.6 | 1.2 | 0.5 | - | |
| | TS-12G | 0.08 | 0.35 | 1.51 | 30.3 | - | 8.64 | P:0.011 /S:0.001 |

2.2 용접 방법 및 용접 조건

본 연구에서 플라스틱 금형의 용접에는 아르곤 가스 분위기의 GTAW를 이용하였다. 열처리에는 화염 토치를 이용하였고, 진동 응력 완화 처리는 용접 후 Bonal technologies 사의 META-LAX series 2700-CC를 사용하여 실시하였다.

용접 조건이 용접성에 미치는 영향을 조사하기 위해 전류, 예열처리, 후열처리, 냉각속도, 진동 응력완화 처리, 모재의 경사각 등에 변화를 주면서 실험하였다.

2.3 용접부 특성평가

저온균열의 발생여부를 알아보기 위한 Lehigh 구속시험용 U형 시험편을 그림 1-1(a)와 같이 제작하였고, 다층 용접 시 발생하는 결함과 충격 시험을 위해 J형 시험편을 그림 1-1(b)와 같이 제작하였다. 표면균열은 육안으로 조사하였고, 루트 균열은 광학현미경을 이용하여 조사하였다.

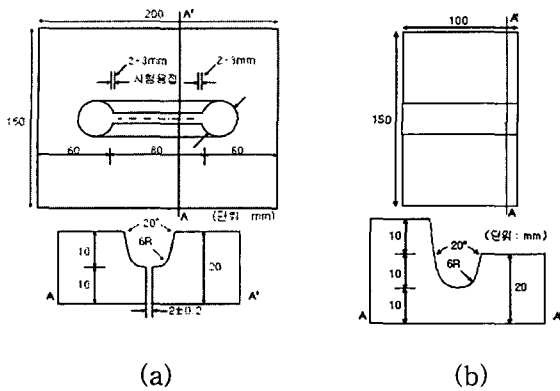


Fig. 1-1 Shape of U-groove cracking test and J-type specimens.

용접부 미세조직은 광학현미경을 이용하여 관찰하였고, 경도는 micro-Vickers를 사용하여 측정하였다.

잔류응력을 측정하기 위하여 XRD를 사용하였고, 충격 시험을 위해 V형 노치의 시편을 제작하여 Charpy impact test를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 균열

U형 용접균열 시험 결과 예열처리를 실시하지 않은 조건에서 100%의 표면 균열율과 48.7%의 단면 루트균열율을 나타내었다. 또 U형 단층용접의 경우 용접봉 GRITHEMT-5를 사용했을 때 용융부에 수축균열이 발생하였으나 TS-12G를 사용했을 경우는 수축균열이 발생하지 않았다.

3.2 경도

진동 완화처리에 의한 경도의 변화는 거의 나타나지 않았으며, 시편의 고정이 제대로 되지 않은 채로 소성변형이 어려운 용접 후에 진동 완화처리를 실시한 경우는 오히려 경도분포가 나빠졌다.

예열처리, 후열처리를 실시함에 따라 용접금속, 열영향부의 경도값이 감소하였다. 또 용접 전류가 높은 경우 입열량의 증가로 인해 용융부에 비해 열영향부에서 높은 경도 값을 나타내었다.

3.3 미세조직

본드부에서 용접 금속 중심 방향으로 수직상 응고가 보였다. 후열처리를 실시한 경우 조대한 조직이 나타났다. 예열처리를 하지 않은 조건에서 전체적으로 마르텐사이트 조직이 나타났고, 예열처리를 실시한 조건에서는 일부 베이나이트

를 포함한 마르텐사이트 조직이 나타났다. 후열처리를 실시한 경우 페라이트와 베이나이트로 구성된 조직이 나타났다. 진동 응력 완화처리에 따른 조직적 변화는 나타나지 않았다.

3.4 잔류응력

U형 균열 시험편의 절단면의 잔류응력을 측정한 결과 열영향부는 큰 압축응력을 가지고 있었지만 항복응력보다는 낮은 값이었다. 후열처리를 실시한 경우 열영향부의 잔류응력이 가장 낮게 나타났고, 균열이 발생한 경우 잔류응력이 낮아졌다.

3.5 충격 흡수 에너지

J형 시험편을 이용하여 용착부와 열영향부의 충격 흡수 에너지를 측정하였다. 모재의 평균 충격 흡수 에너지는 96 J/0.8cm²이었다. 용착부의 충격 흡수 에너지는 모재와 비슷한 값을 나타내었고, 열영향부의 충격 흡수 에너지는 모재보다 상당히 낮은 값을 나타내었다.

3.6 결함

J형 시험편에 다층 용접을 실시한 경우 층과 층 사이의 용입 불량에 의한 결함이 나타났다. 전체 조건에서 거의 비슷하게 기공 및 슬랙이 존재했지만, 모재에 경사를 주어 용접을 실시한 경우 기공 및 슬랙이 매우 적게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서 플라스틱 금형의 용접성 향상을 위해 용접 시 예열처리, 후열처리 등의 열처리와 진동 응력 완화처리 등을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용접균열 시험 결과 300℃ 이상에서 예열처리를 실시하게 되면 용착성이 좋아지고, 냉각속도가 느려져서 균열이 발생되지 않는다고 사료된다.
- 2) 경도 시험 결과 예열처리, 후열처리를 실시함에 따라 용접금속, 열영향부의 경도값은 감소하였다. 재료의 냉각속도를 느리게 하고, 응력을 완화시켜주기 때문이다.
- 3) 용접 후의 진동 응력 완화처리는 용접부에 별다른 영향을 끼치지 못했다. 응고가 완전히 끝난 용접 후에 실시되었기 때문이며, 재료의 고유 공명 주파수의 설정 잘못이나 진동의 전달이 제

대로 이루어지지 못한 영향도 있을 것으로 판단된다.

4) 잔류응력은 구속응력이 존재하면 매우 크게 나타난다. 그러나 본 연구에서 재료는 연성으로 별 영향이 없음을 확인할 수 있었다. 잔류응력의 크기가 재료의 항복점 이상이 되면 재료의 균열이 발생하는데 표면 균열 및 응고 수축 균열 등은 재료가 약한 부위에 생기므로 연성저하 용접 균열로 취급된다.

5) 용접 중의 경사각은 결정립의 성장을 조장하는 결과를 나타내고 있으므로 균일성으로 인해 기공 및 슬랙이 용융부 내에 생성되어 좋은 결과를 나타낸다.

참고문헌

1. H. Suzuki : Root cracking and maximum hardness in high strength steel welds, IIW, VI (1983)
2. 康仁燦 : 現代 熔接工學, 圖書出版 究冕社, (1995)
3. 大韓熔接學會 熔接便覽編纂委員會 : 熔接?接合 便覽, 大韓熔接學會, (1998)
4. 李暎浩 譯 : 鋼의 熔接性(Weldability of steels), 大光文化社, (1991)
5. K. Masubuchi : Analysis of welded structures, Pergamon Press, (1980)
6. H. Homma et al. : High temperature cracking and hot tensile properties in weldments, Transactions ISIJ, 24 (1984)
7. 金容奭의 共譯 : 材料科學과 工學, 第三版, 喜重堂, (1995)
8. 崔在烈 : 金屬熱處理, 文運堂, (1967)
9. 韓鳳熙 : X線回折의 基礎, 東明社, (1983)
10. 日本溶接學會 : 溶接?接合 便覽, (1996)
11. R. D. Stout et al. : Welding Journal, 25-9, (1946)
12. 김창균의 公저 : 최신 금형재료, 기전연구소, (2001)
13. 김세환 의 公저 : 금형일반, 대광서림, (1995)