

스테인레스강 용접열영향부의 LASER 탈예민화
(LASER desensitization of stainless steel weld HAZ)

이창희*, 김기철, 장래웅
산업과학기술연구소, 용접연구센터

1. 서론

스테인레스강 용접열영향부의 예민화 현상은 용접시 부적당한 공정변수 (전류, 용접속도 등) 및 예민화에 민감한 재료를 사용하므로써 일어나는데, 낮은 냉각속도에 따른 Cr탄화물이 약 500-800°C 온도구간에서 결정입계에 석출하므로써 발생하는 현상이다. 예민화 온도구간에서 C에비해 상대적으로 Cr의 확산속도가 상당히 늦기때문에 탄화물석출에 필요한 대부분의 Cr이 탄화물 주위에서 공급되므로써 결정립계 주위의 Cr 함량이 bulk matrix에비해 저조한 Cr결핍층 (depleted zone)이 형성되어 이지역에서는 부식방지에 필요한 부동태피막 (passivation film)형성이 저조하여 입계부식 및 입계응력부식균열등을 유발시킨다.

이러한 예민화 현상을 방지시키는 방법에는 a) 저탄소강 (304L, 316L)사용, b) Nb, Ti 등으로 안정화처리된 stabilized grade (347, 321)강 사용, c) 용체화처리 (solution annealing)의 방법이있다. 이중 a) 및 b)의 방법은 기본강종 자체를 바꾸어야하므로 304 혹은 316강을 사용해야할경우 부적당한 방법이다. 그러므로, 이들중 가장 많이사용되는 방법은 용체화처리이다.

그러나, 고온에서의 용체화처리는 열변형등 여러 부작용을 유발시키고, 국부적인 예민화현상을 제거시키기위해 전구조물의 열처리는 비경제적이다. 그러므로, 구조물 자체적으로 빠르게 담금질 (self quenching)할수있는 고밀도열원에의한 국부적인 용체화처리가 상당한 merit가 있으리라 사료된다.

그러므로, 본 paper에서는 LASER를 이용한 국부적인 탈예민화처리 가능여부파악, LASER 표면개질 기본 concepts이해 및 예민화 현상의 기본mechanism 파악을 목적으로 하였다.

2. 실험 방법

- a) material: 0.05% C AISI 304
- b) sensitization treatment: GTAW, 0 - 24hours at 650°C
- c) Laser desensitization: 1-3KW, 100 - 2800mm/min
- d) corrosion test: EPR method

3. 결과 및 고찰

스테인레스강의 예민화현상은 Fig.1 에서보여주는 바와같이 결정립계를따라 석출한 $Cr_{23}C_6$ 에 의한 Cr결핍층형성이며 650°C 에서 3시간까지 열처리하는동안 탄화물의 밀도가 증가할수록 결핍층의 넓이도 증가한다. 하지만 3시간이상 열처리하는경우 새로운 탄화물의 형성은 없이 탄화물들이 응집하여 크기가증가한다. 그러나 더이상의 결핍층 크기증가는없다. $Cr_{23}C_6$ 과 오스테나이트는 Fig.2 에서 보여주는바와같이 cubic-cubic 관계를 가지고있으며 탄화물의 lattice parameter는 오스테나이트의 3배 가되는것을 알수가있다.

LASER 탈예민화는 모재의 예민화정도 (즉, 열처리시간에 따른 고갈층의 크기)에는 상관없이 주어진 beam power하에서 주사속도가 임계속도 이하가되면 항상이루어진다 (Fig.3). 그러므로, 임계속도는 주어진 표면온도 에서 Cr의확산거리가 결핍층의 크기 보다 크게하는속도이며, 탈예민화는 고갈층healing 이 모재로부터의 Cr확산에 의한것 이라기보다 탄화물자체의 dissolution 및 확산에 의한것이라고 사료된다

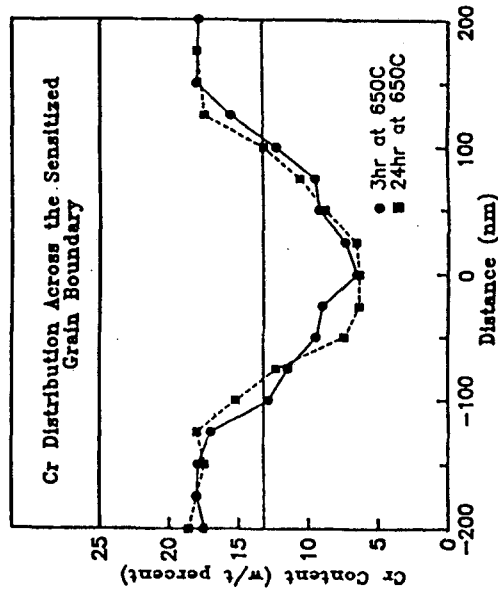
Carbides and Cr depleted zone along grain boundary



bright field



dark field



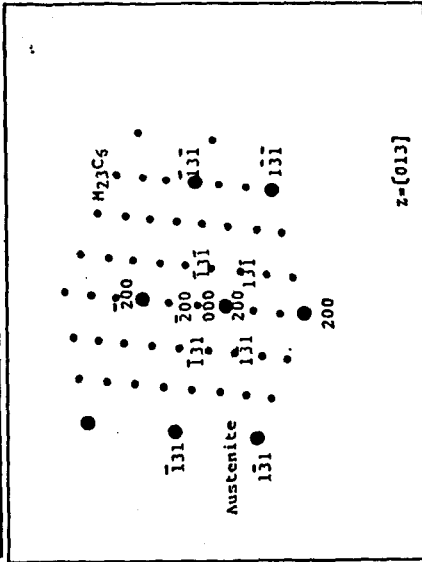
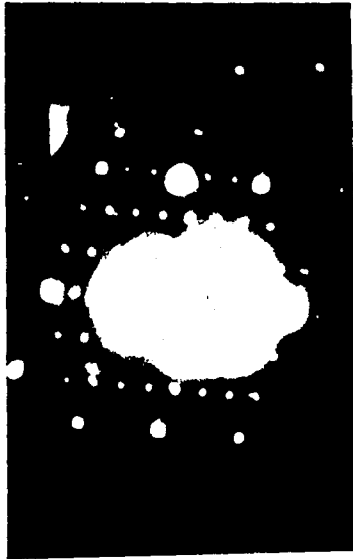
Cubic - Cubic Relationship
Between Cr Carbide and Austenite Matrix



bright field



dark field



SAD

Optimum LASER Conditions

