

CO₂ 레이저에 의한 Ti합금의 TiN Gas Alloying

TiN Gas Alloying of Ti Alloy by CO₂ Laser

박상덕* 이오연* 한유희**

* 전북대학교 금속공학과

** 한국기계연구원

1. 서론

금속의 surface alloying은 종래의 표면처리 기술의 범위를 넘어 레이저, 플라즈마, 전자빔 등 새로운 기술을 이용하여 적극적으로 재료표면을 개선하는 일종의 표면개질(surface modification)처리로서 기지금속에 내마모성, 내열성 등 필요한 성질을 부여하기 위하여 이종금속을 기지금속의 표면에 첨가시킨 후 합금층을 형성시키거나, 반응성이 강한 가스를 기지금속과 반응시켜 새로운 성질을 갖는 합금층을 형성시켜, 기지재료 자체의 기본적인 강인성을 유지하면서 외부의 격렬한 환경에 적응할 수 있도록 하여 전체적인 합금화보다는 표면만을 합금화시키는 것이다.

레이저에 의한 surface alloying은 국부적인 가열에 의해 변형을 최소화할 수 있고 복잡하고 정교한 부품의 표면처리도 가능하며 열원으로 사용하는 레이저의 출력, 집속조건 및 주사속도 등을 변화시켜 조사하므로써 금속표면에서 성분원소의 용융 및 응고조건을 조절하여 광범위한 용질원소의 변화와 합금층의 두께를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 뛰어난 비강도, 파괴인성 및 내식성이 우수하며 310℃까지의 고온안정성을 갖고 있어 우주항공용재료, 해수구조용재료에 다양하게 이용되고 있는 Ti-6Al-4V합금에 Ar과 N₂의 혼합가스를 레이저빔에 의해 용융된 Ti합금에 투입하여 경도가 매우 높은 TiN을 형성시키고자 한다.

2. 실험방법

2.1 시편

본 실험에서 사용한 Ti-6Al-4V 합금은 일본 대동특수강 제조사의 직경 50mm 환봉을 구입하여 실험하였으며, 화학조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of specimen(wt.%)

Al	V	C	Fe	O	N	H	Ti
6.28	4.06	0.01	0.15	0.16	0.01	0.04	bal.

일반적으로 금속표면에 조사되는 레이저빔은 90%이상 반사되고 10%미만의 극히 적은 양의 빔만이 흡수되므로 레이저 표면처리시 표면상태에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 레이저빔의 반사 및 흡수도를 일정하게 유지시키기 위하여 시편을 두께 6mm로 절단한 후 에머리 페이퍼 600번 까지 연마하고, 아세톤용액에서 20분간 초음파 세척하여 시편표면의 유기물질이나 불순물을 제거한 후 레이저처리하였다.

2.2 실험장치 및 시편의 표면처리.

티타늄합금의 표면합금화를 위해 사용된 CO₂레이저는 정격출력 4kW의 Rofin-Sinar사의

RS-840기종이다. 레이저빔은 parabolic mirror로 집속되어 정밀하게 이동하는 X-Y 테이블에 고정된 시료의 표면에 조사된다. 이때 집속된 빔의 초점을 두가지 방법(1. 시료표면, 2. 표면으로부터 3mm위)으로 위치시켰으며, 내경이 약 6mm인 구리관을 통해 취입되는 반응가스는 레이저빔과 시료표면이 만나는 곳을 향하도록 하였다. 표면처리시 줄간격은 0.5mm로 하여 이전에 표면처리된 부분과 어느 정도 겹치도록 하였다. 출력은 0.6~1.4kW, 테이블 이송속도는 0.3~6.0m/min까지 변화시키며 실험하였으며, 이러한 조건들 중 양호한 조건을 선정하여 질소와 아르곤 가스의 비, 그리고 질소 가스의 유량을 변화시키며 처리하였다.

3. 실험결과

반응가스를 공급하면서 티타늄의 표면에 레이저빔을 조사하면 대부분 반사되며 일부가 흡수된다. 흡수된 광자는 열전자로 바뀌어 진동하게 되며, 이때 발생된 열은 시편의 체적을 변화시킨다. 즉 표면이 용기됨과 동시에 열영향층이 생기게 되고 가스와의 반응성이 증가하게 된다. 레이저빔의 강도가 충분히 높을 경우 표면의 일부가 녹으면서 대류현상이 일어나 중심부에서 바깥쪽으로 용융된 티타늄이 용탕안에서 회전하게 되며, 동시에 가스와의 용해와 반응이 급격히 일어나 $2Ti+N_2 \rightarrow 2TiN$ 화학반응으로 Photo. 1과 같이 표면층에 dendrite상의 TiN이 생성된다.

3.1 레이저빔의 초점을 표면으로부터 3mm위에 위치시킨 경우

표면처리후 합금층의 두께와 경도는 주로 레이저의 출력과 레이저빔의 형태, 테이블의 이송속도 및 반응가스의 조성과 양 등에 크게 영향을 받는다. Photo. 1은 합금층의 대표적인 양상을 나타낸 것으로서 dendrite상의 TiN이 형성되었음을 알 수 있다. 합금층에 형성되는 TiN은 임의의 출력과 이송속도가 될 때 까지는 출력이 높을수록 열입량이 증가하고, 이송속도가 낮을수록 반응시간이 길어지므로, 그 크기와 양이 증가하고 합금층도 더 깊어진다. Fig. 1은 출력 0.8kW, 이송속도 0.8~4.0m/min, 100%N₂의 조건에서 표면으로부터의 깊이에 따른 경도분포를 나타낸 것이다. 이송속도가 0.8m/min인 경우 최대 경도값이 1700Hv 정도에 이르며 이송속도가 증가함에 따라 대체로 경도값이 감소하고 있다. 경도곡선에 나타나는 심한 기복은 경도측정시 표면으로부터 약 25 μ m간격으로 압입함으로 압자가 수직상에 압입될 경우 높은 경도값이 나타나나 수직상 사이의 α 상에 압입될 경우 경도값이 낮기 때문이다.

티타늄의 표면처리시 보호가스나 반응가스의 역할은 티타늄과 반응가스와의 높은 화학반응성과 용해도 때문에 매우 중요하다. 레이저를 이용한 티타늄의 표면처리시도 이점이 매우 중요하며, 특히 TiN을 표면에 형성시키고자 할 경우 가스의 농도에 따라 여러가지 흥미있는 결과가 나타난다. 출력 0.6kW, 이송속도 0.8m/min의 조건에서 전체 가스유량을 30 l/min로 고정시키고 N₂와 Ar의 혼합비를 100:0, 83:17, 67:33, 50:50, 33:67, 17:83, 0:100 순으로 질소량을 감소시키며 실험하였는데, 100%N₂를 취입한 경우 잘 발달된 수직상조직이 관찰되었으나 N₂가스가 감소함에 따라 수직상조직의 발달이 크게 둔화되며 100%Ar을 취입한 경우는 TiN이 형성되지 않았다.

3.2 레이저빔의 초점을 시료의 표면에 위치시킨 경우

일정한 출력에서 이송속도를 변화시키며 표면처리한 경우, 같은 출력일지라도 레이저빔의 초점이 시료의 표면 위인 경우보다 표면처리가 가능한 이송속도가 크게 제한되며 임의의 이송속도이하로 표면처리할 경우 표면이 산화되며 심하게 용기되었다. 따라서 상당히 빠른 이

송속도에서 표면처리한 결과 반응시간이 짧으므로 형성된 TiN의 양과 경화깊이가 작고, 이 송속도가 증가함에 따라 경도값이 현저히 저하하였다.

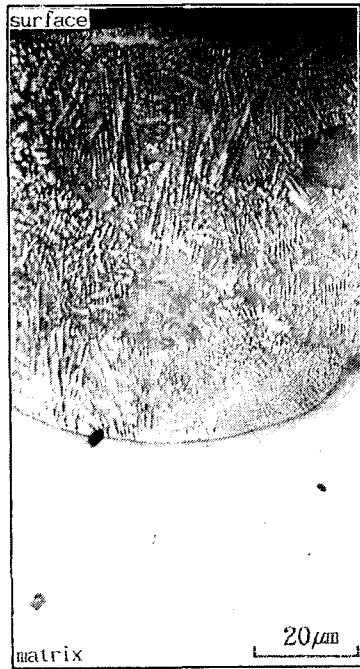


Photo. 1. Microstructures of laser surface alloyed zone.

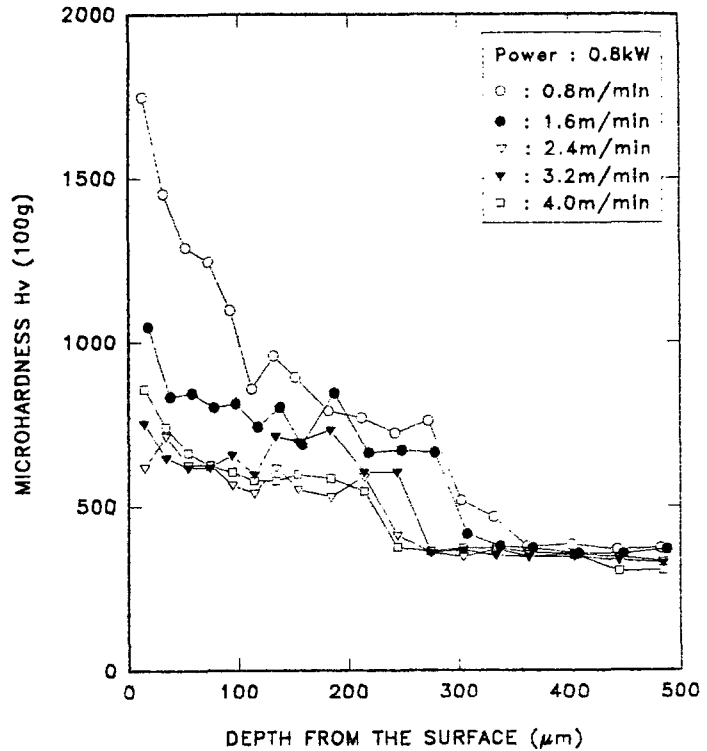


Fig. 1. Microhardness profile of surface alloyed zone for various scanning speeds at 0.8kW.

4. 결론

- 1) 일정한 출력에서 테이블 이송속도가 증가하면 형성되는 합금층의 깊이가 작고 dendrite의 양과 크기도 감소하여 낮은 경도값이 얻어진다.
- 2) 표면처리를 2회 한 경우는 1회 한 경우보다 dendrite의 부피분율이 커져서 전체적으로 치밀한 형태가 나타나며 경도값도 상당히 높게 나타난다.
- 3) N₂가스를 100% 취입할 때 최대 경도치가 나타나며, N₂가스량이 감소함에 따라 경도값이 감소하고, Ar만 취입할 경우 dendrite가 생성되지 않으므로 모재경도와 거의 차이가 없었다.
- 4) 레이저빔의 초점을 시료의 표면보다 표면 위에 위치시키는 것이 더 안정적인 표면처리가 가능하다.

5. 참고문헌

1. J.F. Ready : "Industrial Applications of Laser" Academic Press, NewYork, 1978.
2. W.W. Duley : "CO₂ Lasers Effects and Applications" Academic Press, NewYork, 1976.