

스텔라이트 하드페이싱부의 레이저 Remelting 특성에 관한 연구 A study on laser remelting characteristics of stellite hardfacing

*한원진, 박광수, 변진귀

두산중공업(주) 기술연구원 소재/용접기술연구팀, 경남 창원

1. 서론

스텔라이트 합금은 Co 기지의 고용체 기지에 경한 탄화물 입자로 구성되어 있어서 내마모성과 내부식성이 요구되는 부품에 널리 사용되는 데, 특히 내마모성이 요구되는 원자력 및 화력 발전 설비인 밸브의 시트(Seat) 및 디스크(Disc) 부위에는 스텔라이트 #6 혹은 스텔라이트 #21 을 사용하여 하드페이싱 되어 있다.

통상 밸브 스텔라이트 합금의 하드페이싱에는 아크 용융 용접 방식인 산소 아세틸렌 용접, TIG 용접, 플라즈마 아크 용접 등이 적용되고 있으나, 아크 용융 용접에 의한 스텔라이트의 하드페이싱은 정교한 예열 및 후열이 필요하며 용접 후 표면에 미세 균열 등의 결함이 쉽게 발생한다. 실제로 최근 발전소 현장에서 약 1년 정도 사용된 밸브 스텔라이트 하드페이싱 표면(특히 Seat 부)에서 다량의 균열이 발생된 경우도 있다.

이에 비해 레이저를 이용한 하드페이싱은 낮은 입열로 인해 모재의 희석을 및 균열발생율이 낮으며, 용착금속의 급냉이 가능하기 때문에 내마모 및 내부식 특성이 우수하지만, 용착량이 아크 용접에 비해 떨어지기 때문에 적용성에 제한이 있다. 하지만 레이저와 아크 용융 용접의 장점만을 조합한다면 보다 더 우수한 결과를 얻을 수 있는 데, 즉 아크용접을 이용해서 스텔라이트를 밸브 표면에 하드페이싱한 후 그 표면을 다시 레이저를 이용하여 Remelting 처리 한다면 아크 용접에 의해 조대화 된 결정립과 수지상을 미세하게 함으로서 내마모성 및 내부식성을 향상 시킬 수 있으며, 표면의 미세균열 또한 제거시킬 수 있다.

본 연구에서는 위에서 설명한 레이저 Remelting 기술개발의 목적으로 아크 용융용접 방법으로 제작된 스텔라이트 하드페이싱부를 CO₂ 레이저 시스템을 이용하여 조건별로 레이저 Remelting 시험 한 후, 광학현미경, 미세경도, 주사전자현미경 및 EDS 성분분석 등을 통하여 레이저 Remelting 특성을 조사하고 적절한 레이저 Remelting Parameter 를 구하고자 하였다.

2. 실험조건

Table 1 은 시험에 사용된 스텔라이트 하드페이싱 용접부의 조성을 명시한 것이다. 시험에 이용된 스텔라이트 하드페이싱 용접부는 스텔라이트 #21 및 #6 이 사용되었으며, 시편의 전처리로서 SiC 에머리 페이퍼를 이용하여 연마한 후 초음파 세척하였다. 또한 레이저 빔의 흡수율을 증가시키기 위해 흑색 에나멜 페인트를 시편 표면에 코팅 하였다. 시험에 이용된 레이저 시스템은 3kW 급 CO₂ 레이저를 사용하였다. 그림 1 은 시험에 이용된 시편의 형상을 나타낸 개략도이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 레이저 Remelting 깊이 변화

그림 2 는 스텔라이트 #6 와 #21 의 레이저 출력 및 이송속도에 따른 Remelt 깊이 변화에 대한 그래프이다. 그림 2 에서 볼 수 있는 바와 같이 두 합금 모두 레이저 출력 증가에 따라서 Remelt 깊이는 증가하는 것을 볼 수 있으며 1500W 이상에서는 급격한 증가를 관찰 할 수 있다. 빔 이송속도 증가에 따른 Remelt 깊이의 변화는 크지 않다. 최대의 Remelt 깊이는 스텔라이트 #6 의 경우 출력 2000W, 300mm/min 에서 0.84mm 이며, 스텔라이트 #21 의 경우에는 2000W, 900mm/min 에서 0.52mm 를 나타냈다.

3.2 미세경도 변화

그림 3 은 스텔라이트 #6 및 #21 의 레이저 Remelting 부 표면에서 깊이 방향으로의 비커스 미세경도값의 변화를 나타낸 그래프로써 표면에서 비교적 일정한 값을 유지하다가 깊이 방향으로 갈수록 미세경도값은 감소하는 것을 볼 수 있다. 스텔라이트 #6 의 레이저 Remelting 부위에서의 미세경

도 값은 500~600Hv 범위로서 스텔라이트 #6 의 평균 미세경도값을 약 450Hv 로 보았을 때 약 22~33%의 미세경도값을 보였으며, 최대 미세경도 값은 1500W, 900mm/min 에서 633Hv 로 나타났다.

스텔라이트 #21 의 경우의 최대 미세경도 값은 1500W, 900mm/min 에서 497Hv 로 나타났으며 1000W 이상의 레이저 출력에서 약 450~480Hv 로서 스텔라이트 #21 하드페이싱 용접부의 평균 미세경도 값을 약 360Hv 로 보았을 때 레이저 Remelting 처리를 통해 약 25~33%의 미세경도 값이 증가함을 알 수 있다.

3.3 미세조직의 변화

사진 1 은 레이저 출력의 증가에 따른 스텔라이트 #6 및 #21 의 미세조직의 변화를 보여주는 사진이다. 사진 1 에서 레이저 출력의 증가에 대해 레이저 Remelting 깊이가 증가함을 볼 수 있으며 레이저 Remelting 부가 스텔라이트 #6 모재보다 훨씬 더 미세화된 수지상 조직을 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 밸브류에 주로 적용되는 스텔라이트 하드페이싱 용접부의 표면 경도를 향상시킬 수 있고 표면 균열을 보수할 수 있는 레이저 Remelting 특성 평가로서 스텔라이트 #6 및 #21 하드페이싱 모재에 CO₂ 레이저를 이용한 표면 Remelting 시험을 한 후 각종 분석 및 고찰을 하였으며, 이를 통해 스텔라이트 #6 및 #21 모두 내부결함이 없으며 모재에 비해 85% 이상 미세화된 결정 조직을 얻었으며, 미세경도가 모재에 비해서 약 30% 이상 향상됨을 볼 수 있었다. 또한 주사전자 현미경 시험 및 EDS 성분분석을 통해 레이저 Remelting 부가 모재에 비해 수지상 조직이 미세화되고 탄화물이 미세분포 되어 있음을 확인하였고, 이로부터 레이저 Remelting 부의 경도 향상의 원인이 수지상 조직의 미세화 및 탄화물의 미세분포에 있는 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

- (1) S. C. Agarwal, "The microstructure and galling wear of a laser-melted cobalt-base hardfacing alloy", *Wear*, 140, (1990), p.223~233
- (2) Q. Y. Pan, W. D. Huang, R. G. Song, Y. H. Zhou, G. L. Zhang, "The improvement of localized corrosion resistance in sensitized stainless steel by laser surface remelting", *Surface and Coating Technology*, 102, (1998), p.245~255
- (3) A. Tiziani, L. Giordano, P. Matteazzi, B. Badan, "Laser stellite coatings on austenitic stainless steels", *Materials Science and Engineering*, 88 (1987), p.171~175

Table 1. Chemical compositions of Stellite hardfacing

Alloy	Composition(wt%)								
	C	Si	Fe	Cr	W	B	Ni	Mn	Co
No.6	1.2	1.0	2.0	29.0	4.5		2.0	-	bal
No.12	0.25	0.75	1.5	27.0	-	Max 0.07	2.75	5.5	bal

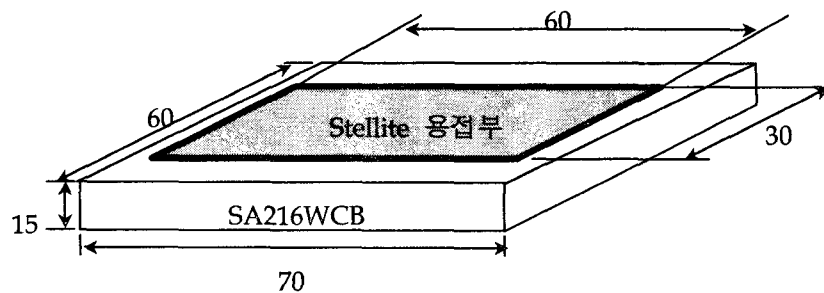
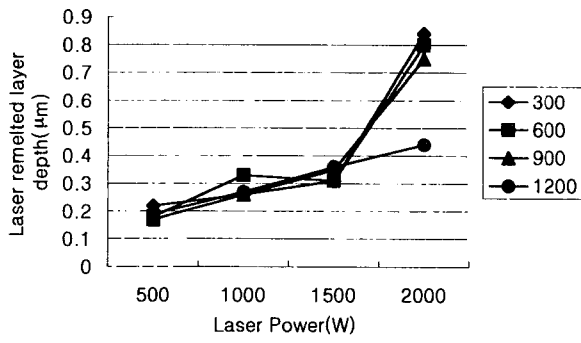
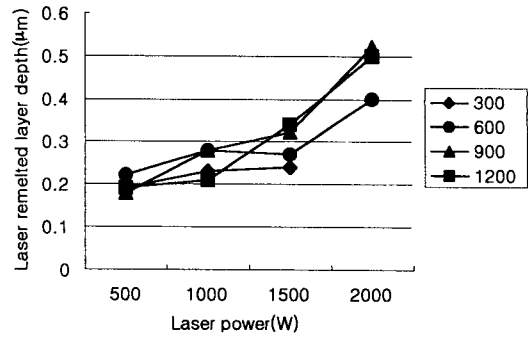


Fig 1. Configuration and size of laser remelting specimen

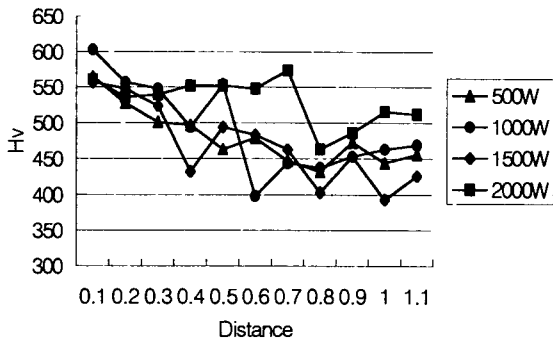


(a) Stellite #6

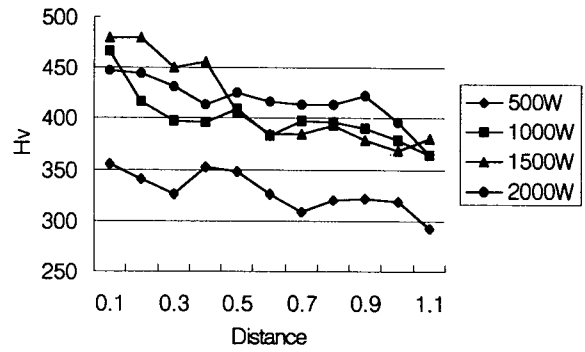


(b) Stellite #21

Fig 2. Effect laser average power on the laser remelting depth

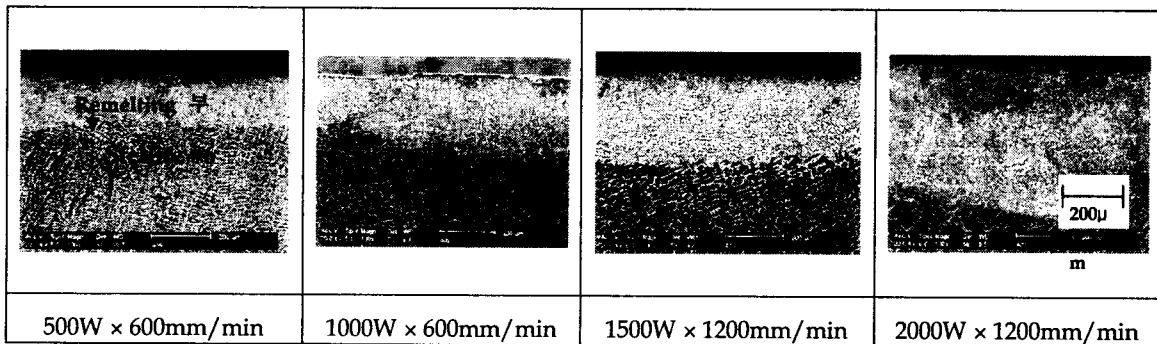


a) Stellite #6

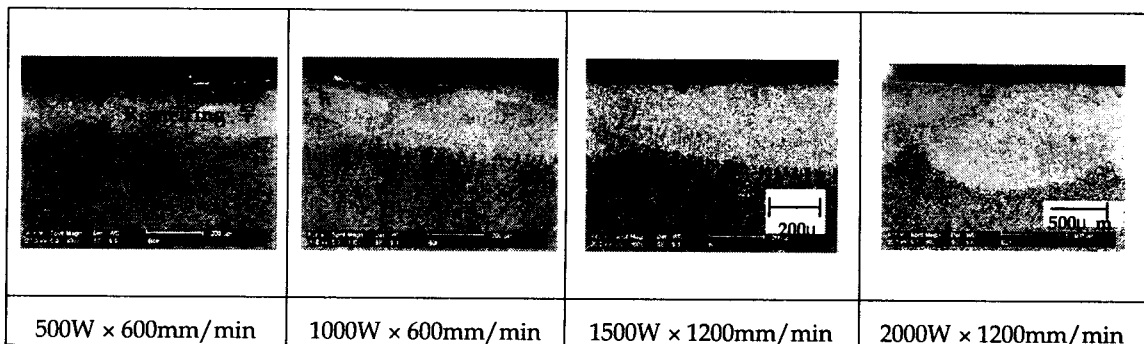


a) Stellite #21

Fig 3. Effect of laser average power on vickers hardness



b) Stellite #6



b) Stellite #21

Photo 1. Effect of laser average power on the microstructures