

PTA 공법에 의한 Nimonic 80A 초합금 표면의 오버레이층의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Overlay welding layer of Nimonic 80A using by PTAW

이 광렬*, 최 영국**, 김 영식***

* 한국해양대학교 대학원 재료공학과

** (주) 종합 플스타

*** 한국해양대학교 기계소재공학부

1. 서 론

내연기관의 엔진밸브는 엔진부품 중에서 가장 가혹한 조건에서 동작하고 있다. 일반적으로 엔진내부에서 700℃~900℃정도의 온도에서 작동하며 2000m/s² 에 가까운 가속도로 밸브 시트 (valve seat)에 강하게 충돌하므로 고온에서 강도 및 경도가 높고 충격에 강하며 높은 내식성과 내마모성이 요구된다.^[1]

1980년대 중반까지만 해도 4행정기관용 배기 밸브재료로서는 마르텐사이트계 내열강이 널리 사용되었고 저속기관의 배기 밸브용 재료로서는 오스테나이트계 내열강이 사용되어 왔으나 최근에는 Ni基 초합금인 Nimonic 80A가 대형 디젤기관용 배기밸브에 확대 사용되고 있으며 이로 인하여 예전보다 내구성이 훨씬 향상되었다. 하지만 엔진 고출력화로 인하여 Nimonic 80A계 밸브 역시 마모와 부식으로 인한 소손사례가 다수 발생하고 있고 허용한도를 초과하여 마모된 Nimonic 80A계 밸브는 Nimonic 80A 자체적인 합금특성 때문에 보수용접이 어려운 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 모재내의 균열 등을 방지하고 우수한 용접부를 얻기 위해서 MIG나 TIG 용접보다 코팅 품질이 우수한 PTAW (Plasma Transferred Arc Welding)으로 Overlay 용접을 실시하였다. PTAW은 상대적인 입열량은 높지만 입열 범위가 국부적이어서 오히려 모재에 대한 열응력을 최소화 할 수 있고 낮은 dilution, 좁은 열영향부 그리고 상대적으로 높은 적층률 때문에 큰 부피를 코팅하거나 중요한 부품에 적용하기에 적합하며 장치를 반자동 또는 완전자동화가 가능하므로 상대적으로 운용이 쉬워서 적용범위가 확대 되고 있는 용접방법

이다.^[4]

본 연구에서는 초기 시험을 통하여 Nimonic 80A계 밸브에 PTAW로 Overlay 용접시의 적정 용접조건을 찾은 후 그 용접조건으로 Nimonic 80A에 밸브 용접시 범용적으로 사용하는 Nimonic 80A, Inconel 625, Inconel 718, Stellite 6 용가재로 용접을 실시하였고 그 용접부에 대하여 조직학적 특성 및 내어로전성, 내마모성, 내부식성을 비교 고찰 하였다.

2. 본 론

2.1 시험재의 제작

본 실험에 앞서 예비실험을 통하여 Nimonic 80A계 흡·배기밸브에 PTAW의 적용조건을 찾기 위하여 용접변수를 변화 시켜서 일반적으로 사용되는 용접방법과 비교하여 실제 밸브에 적용할 수 있는 적정조건을 찾았으며 그 조건을 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of Nimonic 80A, Inconel 625, Inconel 718, Stellite 6

Composition (%)	Cr	Ni	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al	Fe	C	other
Nimonic 80A	19.5	73.0	1.0	-	-	-	2.25	1.4	1.5	0.05	0.1
Inconel 625	21.5	61.0	-	9.0	-	3.6	0.2	0.2	2.5	0.05	
Inconel 718	19.0	52.5	-	3.0	-	5.1	0.9	0.5	18.5	0.08	0.15
Stellite 6	30.0	1.0	61.5	-	4.5	-	-	-	1.0	1.0	-

2.2 실험방법

Table 2와 같은 조건으로 용접을 실시하여 시편을 채취하였으며 Fig 1에서 본 시험에 사용된 PTAW 장치를 나타내었다.

Table 2 PTAW condition of used in this study

speed	0.555 r.p.m
current(A)	115A
pilot gas	2.5ℓ/min
powder gas	10ℓ/min
shield gas	22.5ℓ/min
powder feed rate	45g/min

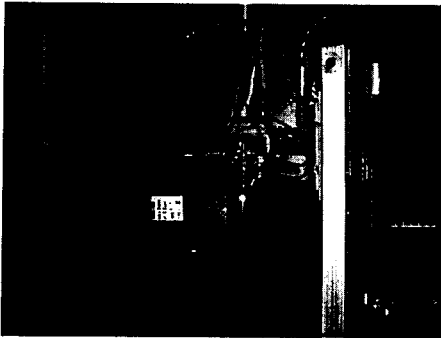


Fig. 1 PTAW equipment of used in this study

2.2.1 용접부 조직검사 및 경도실험

용접부의 검사는 용접부의 단면을 절단하고 연마한 다음 etching 하여 광학 현미경으로 시편의 전체에 걸쳐서 균열 및 결함을 관찰하고 촬영하였다. 경도 시험은 마이크로비커스 경도기를 사용하여 각 부분별로 측정 하였다.

2.2.2 Friction and Wear test

용접부의 상대 마모량을 측정하기 위해서 pin on disk type으로 시험을 실시하였다. 작용하중은 200N으로 하여 50 r.p.m으로 60000 cycle, 총 마모거리가 8300m가 되게 하여 시험을 실시 한 후 시험편의 무게 감량을 측정하였다.

2.2.3 Cavitation erosion test

ASTM-G32를 개량한 캐비테이션 실험법을 이용하였다. 시험편은 디스크로부터 0.5mm 떨어진 위치에 고정하여 시험편이 수면아래 8~10mm 위치에 잠기도록 하여 설치하였다. 진동자의 진동수는 20kHz, 진폭은 50μm로 하고 각 시험편에 대하여 48시간씩 시험하여 그 무게감량을 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 용접부의 조직검사

용접부의 전체단면을 광학현미경으로 검사하였으나 용가재의 종류에 상관없이 Fig 2와 같은 균열을 발견 할 수 없고 건전한 용접부를 얻을 수 있었다. TIG나 MIG 용접보다 HAZ부가 좁아서

상대적으로 용접시 열응력에 의한 모재의 잔류응력이 낮았기 때문에 사료된다.

3.2 Friction and Wear test

Fig 4은 시험재의 마모량을 무게감량으로 나타내어 비교 한 것이다.

Fig 5에서 나타낸 마모거리에 따른 마찰계수에서는 Ni基 초합금인 Nimonic 80A, Inconel 625, Inconel 718의 경우 초기 피크값 이후에도 불규칙적이지만 주기적으로 높은 피크값을 나타내고 있고 Stellite 6의 경우에는 초기 피크값이 거의 없이 일정한 마찰계수 거동을 보이고 있다. Nimonic 80A와 Inconel 625, 718의 경우에는 일반적인 마찰계수 피크와 마찬가지로 초기 피크를 나타내고 그 후의 피크는 용접부를 형성하는 입자와 입자간의 결합력이 높아 응착마모를 일으키는 것으로 사료된다. Stellite 6의 경우에는 초기 응착이 일어나지 않거나 일어난다 하여도 입자사이에서 쉽게 탈락되어 마찰저항이 작아지기 때문인 것으로 사료 된다.^[7]

3.3 Cavitation erosion test

Fig 6은 48시간동안의 시험후 시편의 무게감량을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에 따르면 Ni基내 초합금의 경우에는 거의 비슷하며 Stellite 6의 경우에는 내에로전성이 Ni基 초합금 보다 떨어지는 것을 알 수가 있다. 캐비테이션 에로전 현상은 피로균열의 발생과 입계면에 따르는 전파거동에 의해 발생하는 현상으로 보고 되고 있다.^[5] 따라서 캐비테이션 현상은 피로균열의 발생장소인 미세한 응력집중부가 많으면 그 만큼 많이 일어난다고 생각 할 수 있다.

4. 결 론

- 1) 용접부의 단면을 전체적으로 현미경으로 검사한 결과 일반적으로 Overlay 용접에 사용되는 MIG, TIG 용접을 실시한 경우 보다 결정립이 작은 건전한 용접부를 얻을 수가 있었고 저응점 석출물에 의한 균열등은 발견 할 수 없었다.
- 2) 용접부에 밸브시이트 재질인 Stellite 6를 상대 마모재로 하여 마찰마모시험을 시험한 결과는 Ni基 초합금인 Nimonc 80A와 Inconel 625·718의 경우엔 반복적으로 응착마모가 발생하여 응착마모가 발생 하지 않은 Stellite 6 보다 상대적으로 마모량이 많았다.
- 3) 캐비테이션 에로전 시험의 결과는 Stellite 6의 경우가 가장 큰 에로전을 보였고 Nimonic 80A, Inconel 718, Inconel 625 순으로 점차 낮은 에로전 특성을 보였다.

본 연구에서 시험한 PTAW에 의한 용접부는 MIG나 TIG용접보다 우수한 용접부를 얻을 수 있었다. 각 용가재로 용접한 시험편의 마모시험과 에로전 시험에서는 서로 상반되는 결과를 얻을 수 있었다. 마모시험에서는 Stellite 6의 경우 가장 우수하였으며 에로전 시험에서는 Inconel 625가 가장 우수하였으며 모재와 동종의 재질인 Nimonic 80A는 중간정도의 특성을 나타내었다.

하지만 이런 재질적 특성을 밸브에 적용하기 위해서는 고온과 고압에 대한 내충격성 및 저질연료유에 의한 바나듐 어택에 대한 부식 현상의 특성을 좀 더 파악할 필요가 있다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 전효중, 최재성, “내연기관강의” pp.217-220, 1999
- [3] Malcolm K. Stanford, Vinod K, Jain “Friction and wear characteristics of hard coating” Wear 251, 2001
- [4] 김영섭 “Plasma Transferred Arc(PTA) Surfacing Process” Journal of KWS, Vol. 14, No.2 April, 1996
- [5] Kreye H., Schwetzke R., Buschinell A., Boccanera L. “Cavitation Erosion Resistant Coating Produced by Thermal Spraying and by Weld Cladding” Proc. of the 15th International Thermal Sprays Conf. pp.269, 1998
- [5] 대한용접학회, “용접·접합 편람” pp.157, 217, 218, 1998
- [6] 대한용접학회, “용접·접합 편람” pp.60, 1998
- [7] B.F. Levin, J.N. DuPont, A.R. Marder “Weld overlay coatings for erosion control” Wear 181-183, 1995

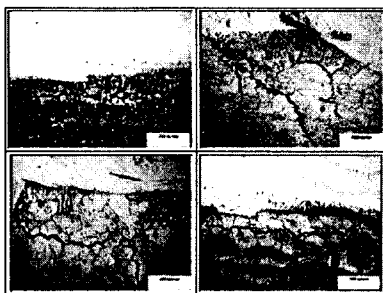


Fig. 2 Microstructure of MIG welding cross section (X100)

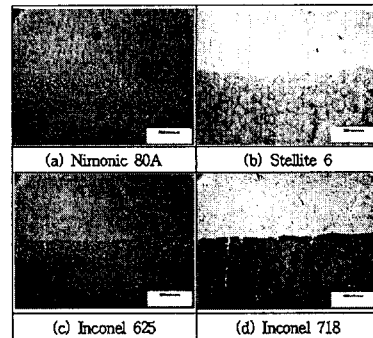


Fig. 3 Microstructure of PTAW process(X100)

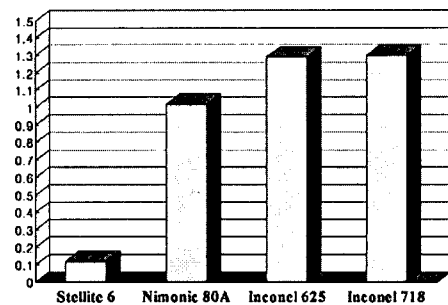


Fig. 4 The comparison of wear weight loss at room temperature

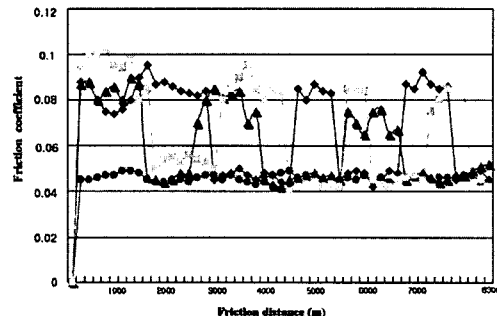


Fig. 5 Relation between friction distance and friction coefficient in weld part

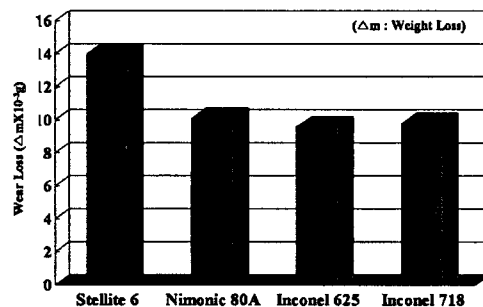


Fig. 6 Result of cavitation erosion test