

엔진밸브 시트 표면의 오버레이층 특성에 미치는 용접법의 영향

이 병 영* · 최 병 길*

*한밭대학교 신소재공학부

Effect of the Welding Methods on the Characteristics of Overlaying Seat-surfaces of Engine Valves

Beong-Young Lee* and Byung-Kil Choi*

*Division of Advanced Material Engineering, Hanbat National University, Daejeon 300-172, Korea

Abstract

An overlaying of the seating surfaces of engine valves by OAW, GTAW or PTA weldings are common practice. The OAW method of a lower torch energy density compared to GTAW and PTA methods produces smoother deposits but the grain size at the vicinity of the interface is increased remarkably up to 30~50 μm (that of base metal is about 10 μm). It's grain coarsening and the solute dilution are related to the decarburizing during OAW could be minimized by reducing the preheating temperature and by maintaining the carbide precipitates in base metal prior to welding. The formation of columnar structures and carbide precipitation zone in the vicinity of the GTAW welded interface, because of the high heat concentration, causes weakened zone on the valve seat face. The width of the reaction boundary zone is about 50 μm for PTA and GTAW overlaying, and about 150 μm for OAW welding. The smaller width of the reaction boundary zone is the less the solute-dilution rate. Thereby PTA welding may be recommended for overlaying of the seating surfaces.

(Received January 19, 2002)

Key Words : Valve-seat, Overlaying, PTA, OAW, GTAW, Solute-dilution, Grain-coarsening, Reaction boundary

1. 서 론

최근 각종의 기계, 기구, 장치류의 발전과 함께 이들 부품 및 부재의 표면성능이 이들 부재가 기본적으로 지니고있는 성능 이상을 요구하게 되었고 이것을 만족하기 위해서는 표면개질을 하지 않으면 안되게 되었다. 일반적으로 표면개질은 표면의 조직을 변화시키는 것과 표면을 피복하는 두 가지가 대표적인데 자동차 및 내연기관의 엔진용 밸브에 행하는 오버레이용접은 표면피복의 방법에 속한다¹⁻⁵⁾. 배기 밸브는 600~850 $^{\circ}\text{C}$ 의 고온에서 작동하므로 고온에 접하는 밸브 시트(valve seat) 면에는 내열성, 내식성, 고온 내마모성이 요구되어지고, 그 부위만을 요구 특성에 적합한 우수한 Co계 합금으로 오버레이 하는 경제적인 방법으로 밸브 시트를 생산한다.

엔진밸브 오버레이용접에 주로 활용되는 용접방법으로는 산소아세틸렌 용접법(Oxyacetylene welding: 이하 OAW로 표시), 가스 텀스텐 아크용접법(이하 GTAW로 표시)이 활용되어져 왔으며, 최근에는 플라즈마 아크분체 오버레이법(이하 PTA로 표시)를 이용하여 스텔라이트 분말을 녹여 용착시키는 기술도 개발되어 사용되어지고 있다⁶⁻⁸⁾. OAW 용접법은 작고 복잡한 부품 등에 손쉽게 적용할 수 있고, 설비비가 적은 장점이 있으나, 인력을 이용한 수작업이기 때문에 숙련된 용접공이 필요하고, 능률이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 이유로 자동화가 가능하고 생산성이 우수한 GTAW 및 PTA가 점차 확대 활용되고 있으나 GTAW는 소형 밸브에는 적절하지 못하고, PTA의 경우는 가격, 파우더, 관리 방법 등 중소기업에서 운용상의 문제점 등이 있다. 하지만 이들 용접법을 활용하여 다양한 형태의 밸브 오버레이를 해오고 있고, 우수한 밸브제작

을 위한 재질 특성을 발휘하기 위해서는 용접법과 공정 변화에 따른 조직변화와 각종 기계적 특성 차이를 인식할 필요가 있다.

본 연구에서는 세 가지 오버레이법과 밸브의 제조공정에 따른 밸브 시트 부의 조직학적 특성 차이를 조사 분석하였고, 오버레이용접에 있어서 용접재료, 용접방법의 선정, 시공조건 그리고 예열·후열 등의 열 관리 측면에서 결정할 수 있는 사항 등을 모색하였다.

2. 실험방법

2.1 오버레이 용접법의 종류와 시공조건

밸브 재료는 내열, 내식성이 우수한 오스테나이트계 고 Cr강인 STR35와 강도특성이 우수한 마르텐사이트계 고 Cr강인 STR11 또는 STR3이 이용된다. 필요에 따라서는 두 강을 마찰 접합하여 헤드부는 오스테나이트계, 축부는 마르텐사이트계를 사용하는 경우도 있다. 밸브 시트부의 표면 개질을 목적으로 오버레이하는 합금 재료로서는 Co계 합금(stellite #6, #32)^{주)}이 사용된다. Fig. 1에 자동차용 배기 밸브단면을 도식적으로 나타내고, 이들 재료에 대한 화학조성은 Table 1에 나타낸다.

용접 방법 중에서 OAW법은 $\phi 3.2\text{mm}$ 용접봉을 손으로 조작하면서 예열된 밸브 시트에 오버레이용접이 행하여지는데, 작업자의 토치 열조정 숙련도가 낮으면 용합불량, 기포발생 및 과열로 인한 조직변화 등의 불량

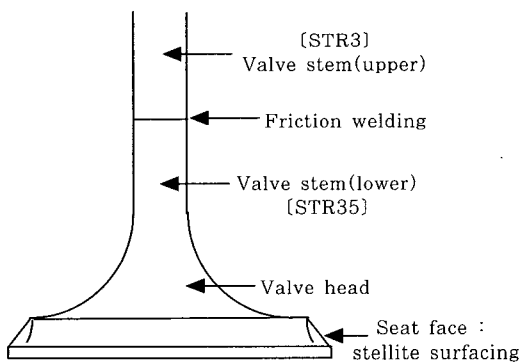


Fig. 1 Schematic picture of the valve for vehicle

발생이 현저하다. 한편 GTAW법은 용접기를 이용하여 용접 와이어를 용착시키는데, 밸브 표면처리 용도에 맞게 전류, 회전속도, 재료(wire) 공급속도 등을 제품에 따라 조건을 설정하고, 간이 자동화를 적용할 경우 작업인원을 줄일 수 있고, 저 가격 고품질의 밸브를 제작할 수 있다. PTA의 경우에는 분말을 용착시키는데 다른 어떠한 용접법보다 자동화, 능률성, 품질 측면에서 우수한 장점이 있다. 그러나 구입가격이 매우 비싸고, 설비가 복잡하여 조건관리가 어렵고, 사용 중 교환해야 하는 노즐 등 예비품들을 수입해서 사용하여야 하기 때문에 유지 보수비가 많이 들어, 밸브원가에 대한 가격 비중이 너무 큰 단점이 있다. 하지만 소형, 정밀오버레이에는 효과가 크다.

2.2 조직 관찰 및 분석

원자재봉으로 밸브 헤드부를 제작하는 단축공정에서 1200°C 정도로 저항가열, 압축하여 밸브 헤드부의 단구를 만들고 열간 상태에서 밸브 시트 면을 단조성형 후 650~750°C 온도에서 응력 풀림 처리를 행한다. 제작된 시트 면부에 고온 내부식성과 충격저항성을 개선하기 위해 Co계 합금을 오버레이 용접한 후 750°C 온도 부근에서 뜨임 처리를 행한 후 580°C 온도에서 질화 처리한다. Fig. 2는 위 과정을 도시적 그림으로 나타낸 것이다.

앞서 기술한 각 공정에 따른 조직 변화는 물론 성형 후 풀림 처리조건에 따른 오버레이 용접 반응층에서의 조직, 경도 및 충격특성 변화 등을 분석하였다. 분석의 관점은 오버레이 용접부의 공정조직 생성, 결정립의 성장, 용질의 희석, 석출물의 분포에 집중되어졌으며, 이러한 분석을 위하여 광학 및 전자 현미경이 사용되었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 오버레이 용접 계면부의 조직변화

3.1.1 오버레이 계면의 조직 및 경도

Fig. 3에 자동차 배기 밸브의 시트부에 스텔라이트를

Table 1 Chemical compositions of the samples (wt%).

Elements		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Mo	W	Fe	Co
Materials													
Base-metal	STR35	0.53	0.15	9.6	0.033	0.001	3.35	21	0.4	-	-	bal	-
Filler-metal	stellite #6	1.5	0.4~2.0	1.0	-	-	<3.0	26~33	-	1.0	4	<2.0	bal

주) stellite는 Haynes사의 상품명으로 Cr과 Co가 주성분인 용가재로서 분말, 봉상, 선재 형태가 있음.

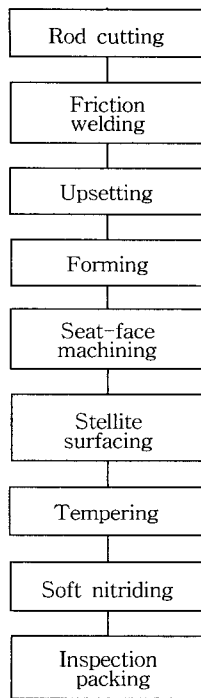


Fig. 2 Illustration of the valve production process

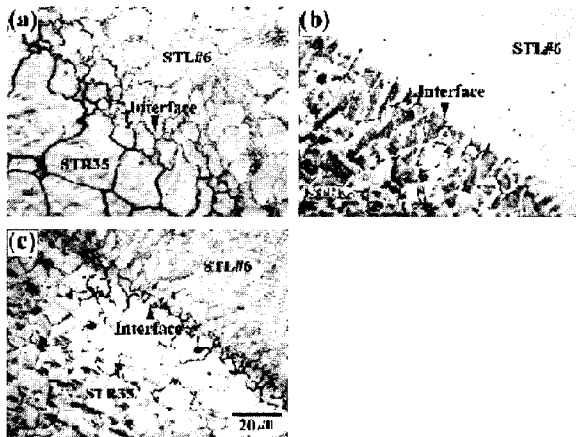


Fig. 3 Optical micrographs at the vicinity of the interface between STR35 and stellite layer after welding: (a) OAW welding, (b) GTAW welding, and (c) PTA welding method

OAW 수동 오버레이법(a)과 자동화한 GTAW 오버레이법(b) 및 PTA 오버레이법(c)으로 작업한 후의 계면에서의 조직을 나타낸다. 각각의 계면은 기공 또는 산화물 혼입이 없는 면을 나타내고 있으나 오버레이 방법에 따라서 계면 부근의 미세조직은 큰 차이를 나타낸다.

OAW법의 계면에서 모재의 입경이 50µm 이상으로 되는 경우가 있고, 스텔라이트 합금의 공정조직⁹⁾이 풀어지는 현상을 나타낸다. 오버레이용 합금의 조직변화는 모재의 Fe성분의 전이에 따른 용질희석으로 혼합조성이 되는 경우에는 스텔라이트의 기능이 저하하는

것으로 알려져 있다. GTAW법의 경우에는 스텔라이트 공정 조직은 잘 발달되어 있으나, 계면에 수직인 방향으로 모재 쪽으로 주상정 조직이 성장되어 있다. 주상정 조직의 발달은 모재의 과도한 용융과 내부 방향으로 응고되는 과정에서 생성되는 현상으로 극히 표층부만을 용융시켜야 하는 오버레이작업의 표준 사항이 지켜지지 않은 결과로 판단된다. PTA의 경우에는 결정립 조대화도 없고, 미세한 스텔라이트 공정 조직이 잘 발달되어 있어 다른 오버레이법에 비하여 가장 양호한 계면과 조직을 나타낸다.

모재인 STR35강은 입경이 10µm 정도로 밸브 사용 온도 및 밸브 가공 후 풀림처리 온도는 800°C이하이기 때문에 입경의 변화를 유발하는 온도는 아니지만 용접과 같이 1000°C이상의 고온에 접하게 되면 결정립이 조대화 되어 밸브의 강도 특성은 매우 약해진다.

Fig. 4는 고온에서 5분간의 열처리 후 공냉한 STR35강의 광학 현미경 조직이다. (a)는 980°C, (b)는 1050°C, (c)는 1120°C 그리고 (d)는 1200°C온도에서 처리한 것으로 1050°C이하에서는 입경 변화가 거의 없으나 온도가 상승함에 따라 입경이 증가하여 1120°C에서는 10~30µm 정도의 혼합 결정립을 나타내고, 1200°C에서는 50µm로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 Fig. 4의 열처리재에 대한 경도값의 변화를 나타낸 것이다. 처리온도 상승과 함께 경도값은 1120°C까지는 HRc 36에서 34로 약간 감소하지만 결정립이 50µm로 조대화된 1200°C처리재의 경우에는 HRc 28로 크게 감소하는 것을 알 수 있고, 이러한 입경의 조대화는 그 부위의 경도 및 강도저하로 인해 밸브 사용 중에 시트 면이 파손되는 결함 발생 원인이 될 수도 있다. Garofalo¹⁰⁾는 오스테나이트 내열강의 크립

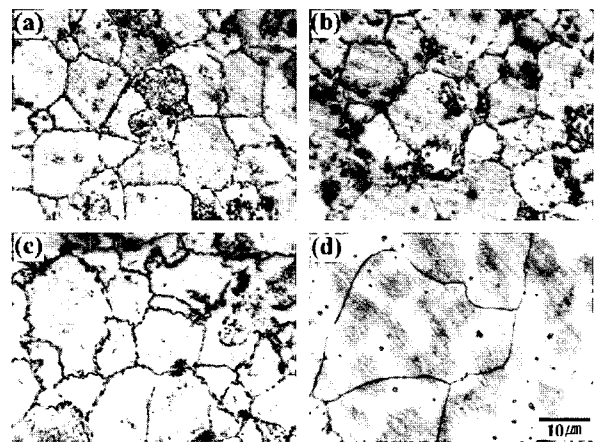


Fig. 4 Optical micrographs of the heat treated STR35 steel: (a) 980°C×5min-A.C., (b) 1050°C×5min-A.C. (c) 1120°C×5min-A.C., (d) 1200°C×5min-A.C.

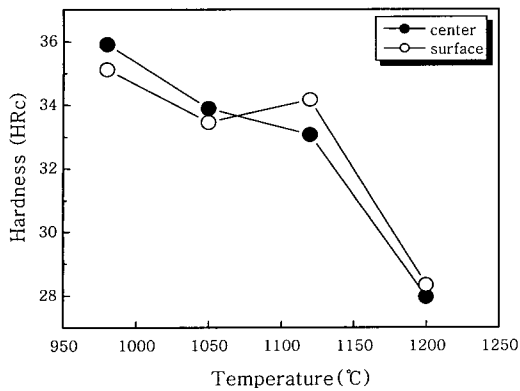


Fig. 5 The effect of the heat treatment on the hard ness changes of the STR35 steel

변형 속도와 입경과의 관계를 조사하여 STR35 강 의 경우 600~700°C의 크립시험에서 정상 크립속도는 100 μ m 이하의 입경에서는 입경 증가에 따라 1승~2승 에 비례하여 감소함을 밝혔다. 따라서 현재의 밸브 원 자재의 입경이 10 μ m정도이고, 밸브 사용온도가 70 0°C~800°C이고, 오버레이 공정을 포함한 기타 제조공 정에서 1000°C 이상이 되지 않도록 시공하게 되면 결정 립 조대화에 의한 재질의 강도약화를 방지하면서 크립 특성이 양호한 밸브가 얻어질 것으로 기대되어진다.

Fig. 6은 GTAW법으로 오버레이 한 후의 계면에서 의 SEM관찰 조적을 나타낸다. GTAW 오버레이 후 STR35 모재의 계면부근에는 (a)에 나타난 바와 같이 부식특성이 전혀 다른 두 영역이 나타나는데 계면에서 모재 쪽으로 300 μ m 두께 정도의 검은 부분(Z1)과 그것 과 접해서 부식이 덜된 영역(Z2)이다. 검은 부식된 부 분을 포함한 계면 부(Z3)를 500배로 확대한 것이 (b) 이다. 자세히 살펴보면 25 μ m 정도의 범위는 결정립이 계 면을 따라 길게 발달한 것과 작은 결정립이 혼합되어 있고, 그것과 접해서 25 μ m 정도는 계면과 수직인 열류의 방향으로 주상정이 평행하게 나타나고, 그 뒤를 따라 약간 조대화된 결정립들이 나타난다. Savage등¹¹⁾은 용접부를 몇 개의 영역별로 나누어 완전 혼합역, 미혼 합역, 부분 용해역 및 용접 열영향부 등으로 구분하여 설명하는데 (b)의 주상정 발달 영역은 부분 용해역에

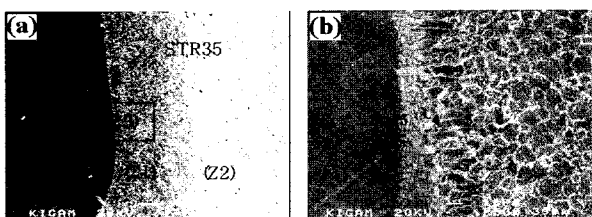


Fig. 6 SEM micrographs of interface between STR35 and stellite layer (a) \times 100 and (b) \times 500 after GTAW welding

해당되고 조대화된 결정립 영역은 용접 열영향부에 해 당된다. 즉 GTAW법에서 투입된 열량이 계면 안쪽의 용착부로 너무 크게 집중되어 모재를 용융 시킨 결과로 생각되며, 오버레이 법에는 적절하지 못한 것이다. 모 재 용융을 감소시키기 위해서는 용접봉 또는 용접 와이 어의 직경을 가늘게 하여 용접전류를 낮추거나 회전테 이블 속도를 높여 입열량을 낮추는 것이 필요하다. 작 은 밸브를 GTAW법으로 1회전하여 오버레이 부위를 채우지 못할 때에는 2회 이상의 테이블 회전도 고려해 야한다. 이 경우 생산성 저하의 단점도 있으나 용질희 석이 없는 2차 면을 얻을 수 있는 장점이 있고, 고급밸 브 제작에 필요한 기술이다.

3.1.2 모재 내부의 열영향부에서 탄화물형성 거동

Fig. 7(a)는 PTA법으로 오버레이한 계면을 0.1mm 간격으로 경도 측정된 점들을 나타내고, (b)는 각각의 용접법에 따른 경도값 변화를 나타낸다. OAW법의 경 우가 전체적으로 낮게 나타났고, GTAW 및 PTA 법의 경우는 계면 부근에서 낮지만 거리가 멀어짐에 따라 경 도값이 상승했다. 이것은 모재가 받는 열영향이 용접방 법에 따라 다른 것을 의미하고 경도값의 변화로부터 OAW법의 경우가 GTAW 및 PTA 법에 비하여 열구배 가 작다는 것을 유추할 수 있다.

OAW 수 작업한 경우에 다른 것과는 달리 HRc 30 정도의 낮은 경도값을 균일하게 갖는 특징이 있는데,

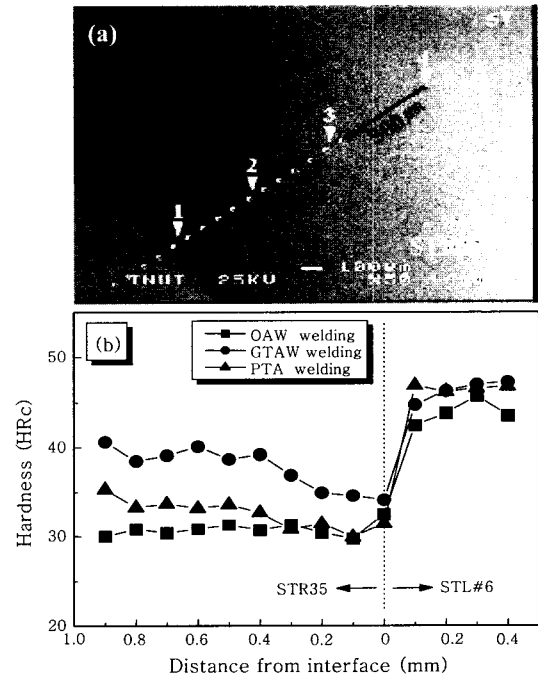


Fig. 7 SEM micrographs of (a) PTA overlaid interface and (b) Comparison of the hardness changes at the vicinity of the interface after various welding processing

그것은 오버레이를 쉽게 할 목적으로 예열 온도를 1000°C 부근까지 밸브 전체를 예열을 하기 때문에 시트면에 오버레이를 하여도 열구배를 형성하지 않은 상태에서 밸브전체가 높은 온도에서 서서히 냉각되기 때문이다.

GTAW 및 PTA 법의 경우 수분제거 정도의 낮은 온도에서 예열을 한 후 오버레이를 하는데, 특히 PTA법보다도 GTAW 법의 경우가 계면부와 400 μ m~1000 μ m 떨어진 부근의 경도값 차이가 큰 것으로 보아 GTAW 법이 열구배가 더욱 큰 것으로 판단된다.

Fig. 8은 열 영향을 받은 모재 내부의 조직과 탄화물의 형성차이를 각각의 오버레이법에 따라 조사하기 위하여 계면에서부터 2500 μ m 부근까지 500 μ m씩 간격으로 조직을 관찰했다. OAW법의 경우 계면에서 30 μ m 정도의 매우 조대한 결정립을 나타내고 거리 증가에 따라 약간씩 감소하며, 입내에 조대한 탄화물이 존재하여 미세 탄화물의 입계 강화 역할은 기대하기 어려울 것으로 판단된다. GTAW 및 PTA 자동 오버레이의 경우는 계면 부근에서 입경은 모재와 거의 같은 10 μ m 정도의 결정립으로 이루어져 있고, 거리가 증가함에 따라 치밀한 망상의 탄화물이 다량으로 증가하는 경향을 나타낸다. PTA의 경도값은 OAW 보다는 높고 GTAW 보다는 낮은 값을 나타내지만 열구배가 형성되는 것을 알 수 있고, GTAW법이 다른 법보다 열구배에 의한 탄화물 형성이 가장 많이 되고 있다는 것을 알 수 있다.

Position (μ m)	OAW	GTAW	PTA
1 (0.05)			
2 (0.55)			
3 (1.05)			
4 (1.55)			
5 (2.05)			

Fig. 8 SEM micrographs of the STR35 at the position having intervals about 500 μ m from interface after OAW, GTAW and PTA welding

실제로 OAW는 아크 용접기와는 달리 산소와 아세틸렌 가스에 의한 화염으로 3500°C 정도의 온도에서 작업이 되고 있으며, 아크 에너지를 이용하는 GTAW 및 PTA의 토치 또는 아크 에너지 밀도는 각각 10⁷~10⁸W/m², 10⁹~10¹⁰W/m² 수준인 것으로 알려져 있는 바¹²⁾, 밸브 시트면 오버레이 시 밸브 단면적과 용접속도 등이 거의 같은 조건이기 때문에 OAW→GTAW→PTA 순으로 투입된 열량이 계면 안쪽의 용착부로 집중된다고 할 수 있다. 결국 오버레이 합금과 모재 열영향부의 성능에 크게 영향을 미치는 인자로서는 예열과 입열량을 들 수 있는데 OAW의 경우는 예열 때문에 열구배가 작은 장점이 있는 반면에 육성계면 부근의 결정립 조대화를 유발하는 단점이 있다. PTA법의 경우에는 플라즈마 에너지의 밀도가 GTAW 보다 한 오더차이 이상 크기 때문에 용접 파라메타 설정이 완료되면 난용접재의 육성을 모재 용입 없이 양호하게 할 수 있는데 반해, GTAW의 경우에는 용착 속도가 작은 단점 때문에 고 전류에 의한 용접재 용융시 Fig. 6에 나타난 바와 같이 모재 용융 및 열구배가 큰 오버레이를 하게 되고 그 결과 탄화물의 다량 석출하는 열영향부를 만들게 된다. 열 영향부는 다른 내열강에서와 마찬가지로 내식성 감소와 입간 크랙 (intergranular crack) 즉, 용접약화(weld decay)라는 결함을 유발하므로 밸브 오버레이 직후 탄화물 재용해 열처리가 필요하게 된다.

3.2 오버레이 용접 계면부의 용질희석

3.2.1 용질희석에 미치는 오버레이 전·후의 열처리 효과

Fig. 9는 모재를 각각의 온도로 예열한 후에 OAW 법으로 오버레이하고 공냉한 후에 계면 부근의 경도값을 측정하는 것이다. 예열 온도가 300°C 와 1000°C의 경우에 비하여 700°C의 경우에는 경도값이 계면부근에서 높게 나타나는데 그 이유는 예열 처리시 탄화물의 용해 및 석출에 따른 것으로 판단된다. 이 재료의 탄화물은 800°C 부근의 온도에서 재 용해가 진행되기 시작하여 1000°C 이상의 온도에서 전부 용해되는 것을 보고 한 바 있다¹³⁾.

예열 온도가 낮은 300°C인 경우에는 영향이 없으나, 1000°C의 경우에는 탄화물의 재용해가 이루어져 오버레이시 용질이동 및 결정립 조대화 등에 영향을 주게 되고, 700°C는 탄화물 석출을 강화하는 온도이다. 일반적으로 예열 및 오버레이 후 온도 유지는 용착 금속의 크랙 발생을 방지하려는 목적으로 가스 토치를 사용하며 6mm봉재의 경우 150~200°C로 하고, 그 보다 작은

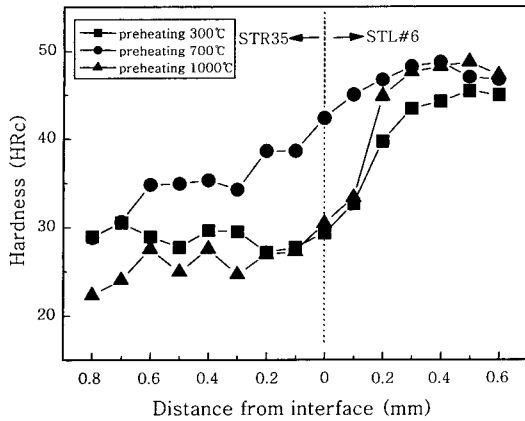


Fig. 9 Hardness variations at the vicinity of the interface of the heat treated at 300°C, 700°C and 1000°C prior to OAW welding

것은 수분제거 정도로 가열하는 것으로 되어 있다. 오버레이 후에는 운모 화합물(mica compound)내에 투입하여 서냉을 유도하는데, 온도는 모재의 Ms 온도 보다 높으면 되지만 모재의 용착 변형을 최소화하는 것까지를 고려한 좀더 높은 온도인 450~550°C가 필요하다⁶⁾.

한편, OAW법 오버레이시 예열 단계에 밸브 시트면을 빨강도록 가열하는 경우가 발생하는데 개략적으로 이때 온도는 800°C 이상이 되며, 이러한 예열은 결정립 조대화, 석출물의 재용해등 모재의 조직을 크게 변화시키는 결과가 된다.

Fig. 10은 OAW 오버레이 후 계면경도 및 용질희석과 오버레이 전 내부조직과의 관계를 조사한 것이다. 오버레이 전 내부조직을 변화시키기 위하여 (a)는 750°C에서 3.5시간 유지후 노냉한 것으로 충분히 석출을 시킨 상태로서 경도분포에서도 HRc 28-40까지 분포가 넓고, (b)는 1030°C에서 0.5시간 유지후 수냉한 용체화처리 상태로서 탄화물이 재 용해되어 기지 전체가 균일한 HRc 34 정도의 경도값을 갖는다. 또한, (c)는 1030°C에서 0.5시간 유지하여 용체화 처리한 것을 680°C에서 1.4시간 후 공냉한 경우로 HRc 34-36 정도인데, 노냉한 경우(d)는 HRc 28-34까지 분포하여 각각의 열처리에 따라 석출량의 차이가 큰 것으로 판단된다. OAW 오버레이 후 계면부의 경도값을 측정할 결과 용체화가 많이 된 (b) 및 (c)는 아주 낮고, 석출처리가 된(a) 및 (d)는 높게 나타내는데, 결국 용체화에 의해 고용의 용질원자가 많게 되면 오버레이 계면을 통해 스텔라이트 쪽에서는 주로 Co 원소가 모재쪽으로, 모재쪽에서는 Fe가 스텔라이트 쪽으로 이동하여 용질희석이 이루어지고 있다. 용질희석으로 Co 원소가 부가된 모재 부분에서는 고용원소 증가로 강도 및 경도의 상승이 기대되어 지는데도 불구하고 경도의 감소는 결

Microstructures of pre-overlaying	Hardness(HRc) of post-overlaying		
	Base-metal	Inter-face	STL
(a)	28.8 40.4 34.8	7.8~ 13.0	41.4 ~ 44.4
(b)	34	3.0~ 5.5	32.3
(c)	34.5 36.6	4.3~ 17.0	38.4
(d)	28.6 31.5 33.6	9.0~ 18.3	41.4

Fig. 10 Effect of the heat treated conditions prior to OAW welding on the hardness at the vicinity of the interface (a) 750°C×3.5HR-F.C (b) 1030°C×0.5HR-W.Q (c) 1030°C×0.5HR-W.Q → 680°C×1.4HR-A.C (d) 1030°C×0.5HR-W.Q → 680°C×1.4HR-F.C

정립의 조대화 영향이 크지만, 스텔라이트에 있어서 경도값이 낮아지는 것은 강화 원소로 이루어진 Co 합금의 Fe에 의한 성분 희석으로 약해진 것으로 판단된다.

3.2.2 용질희석에 미치는 오버레이법의 영향

Fig. 11는 OAW법(a)과 PTA법(b)으로 스텔라이트를 오버레이한 직후의 계면부근의 SEM조직과 EDX라인 분석한 결과를 나타낸다. 모재쪽(좌측)에서 오버레이층쪽(우측)으로 주요 성분의 변화를 보면 OAW 수작업의 경우 성분의 변화가 계면을 통해 장거리에 걸쳐서 변화하여 성분 변화층(반응부)이 150µm 이상 되는데 반해 PTA작업의 성분 변화층은 40µm 정도로 좁은 범위에서 일어나고 있다. 이것은 모재로 부터 Fe 성분이 스텔라이트 용융부로 전이하는 용질희석이 PTA법보다

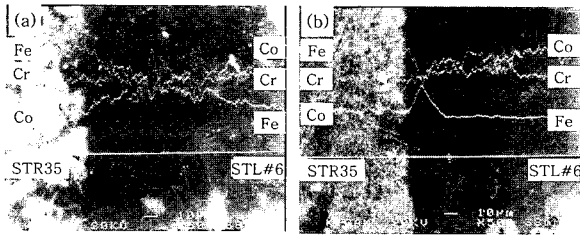


Fig. 11 EDX line analysis at the vicinity of the interface between STR35 and stellite layer by (a)OAW and (b) PTA welding

OAW법이 큰 것을 의미한다. OAW법에서 큰 이유는 앞서서도 설명한 바와 같이 예열이 고온에서 행하여져서 용해된 용질이 많고, OAW의 토치 에너지 밀도가 PTA의 아크 에너지 밀도보다 낮기 때문에 오버레이를 빠른 속도로 하지 못하는 제약으로 오버레이 후 냉각속도가 늦어지는 결과 성분 변화층이 큰 것으로 판단된다. OAW법의 경우에 오버레이전 모재 내부의 탄화물 형성원소를 석출시킴으로 용질회석을 방지하는 방법이 있으나 과도한 석출은 밸브강이 예민화 되므로 밸브의 수명을 단축시키는 악 영향을 미칠 수 있다.

Fig. 12은 GTAW법으로 스텔라이트를 오버레이한 것으로 계면을 중심으로 Fig. 6(b)에 표시된 점들을 25 μ m간격으로 EDX분석한 성분 값들을 나타낸다. 계면에서 50 μ m 이내의 장소에서는 Fe 과 Co 성분의 전이 즉 용질회석이 거의 직선적으로 이루어지고 있고, Fig. 11(b)에 나타낸 PTA 작업과 마찬가지로 반응부가 좁은 것을 알 수 있다.

이상을 정리하면 용체화 처리상태의 경우 경도분포에서 알 수 있듯이 조직이 균일하여 단축과 성형등 가공 공정에서 양호한 밸브 헤드부 제작이 가능하다. 또한 가공후 풀림 처리 공정에서는 가공 응력을 제거하면서 약간의 탄화물을 형성시키는 것은 오버레이 공정에서

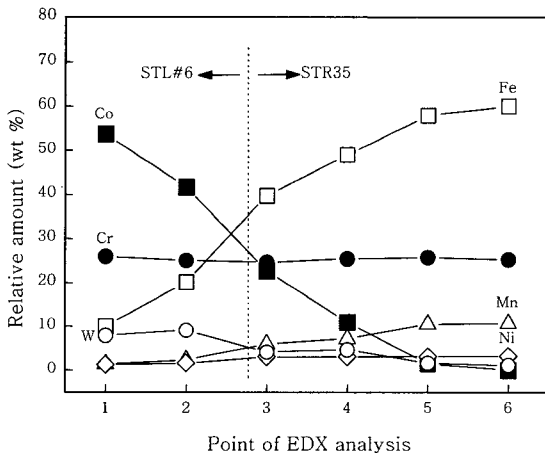


Fig. 12 EDX point analysis at the area of between STR35 and stellite layer after GTAW welding

용질회석을 적게 하는 효과를 거둘 수 있다. OAW법에서는 예열을 낮게 하고 숙련된 용접자가 필요하고, GTAW공정은 와이어 송급률, 용접전류, 용접이송속도 등을 밸브크기와 용접봉 크기 등과 함께 검토되는 적절한 운용법이 요구되고, PTA공정의 확대 및 손쉬운 이 용대책이 필요하다. 또한 모든 용접법에서 계면에서는 모재의 Fe와 오버레이 재의 Co원소가 혼합되는 용질회석이 매우 큰 것을 알 수 있고, 결정립의 조대화, 용접 입열 과다 등의 문제가 발생할 가능성이 높기 때문에 오버레이 작업뿐만 아니고 제작 밸브 종류별로 작업 전반에 걸친 표준조업 조건 설정이 이루어져야 한다.

4. 결 론

자동차 밸브 오버레이에 이용되고 있는 OAW, GTAW 그리고 PTA법의 특징과 밸브의 제조공정 이력에 따른 밸브 시트 부의 조직학적 특성 차이를 조사 분석하여 양호한 밸브제작을 위한 다음 사항들이 도출되었다.

- 1) STR35강은 1000 $^{\circ}$ C 이상의 온도에서 결정립이 조대화되어 강도 및 크립 특성을 약화시키므로 그 이하의 온도에서 사용 및 시공이 필요하다.
- 2) OAW법의 낮은 에너지 밀도 때문에 고온 예열이 이루어지고, 빠른 속도로 오버레이 못하는 제약이 있어 과도한 열량유입과 서냉으로 열구배는 작지만 결정립의 조대화와 성분 변화층이 150 μ m정도로 커지는 결과가 된다.
- 3) GTAW의 성분 변화층은 40 μ m로 좁고 입도 변화는 없지만 계면에서 주상정 조직과 400 μ m~2000 μ m정도 떨어진 곳에 망상의 탄화물영역(HRC 42)이 형성되어 용접약화의 원인을 유발한다.
- 4) OAW법에서는 예열을 낮게 하고 숙련된 용접자가 필요하고, GTAW공정은 와이어 송급률, 용접이송속도, 밸브 와 용접봉 크기 등이 검토하여 적절한 전류의 운용법이 요구된다.
- 5) PTA작업의 성분 변화층은 40 μ m 정도로 좁은 범위에서 일어나고 계면 부근에서 경도값의 변화도 크지 않아 양호한 오버레이가 가능하다.
- 6) 용체화에 의해 고용원자가 많게 되면 오버레이 계면을 통해 스텔라이트 쪽에서는 주로 Co 원소가 모재 쪽으로, 모재 쪽에서는 Fe가 스텔라이트 쪽으로 이동하여 용질회석이 이루어지고 있다.

참 고 문 헌

1. Shinsuke kai et al : Overlaying and wear resistance, Journal of Japan Welding Engineering Society.

- 41-6(1993), 62-68(in Japanese)
2. Toshiharu Maruyama et al : Progress for corrosion and overlaying, *Journal of Japan of Welding Engineering Society*, **41-6**(1993), 76-83(in Japanese)
3. E. Muehlberger : Proc. 7th Int. Thermal Spraying Conf., 1973, 420
4. K. Takeda : Proc. ISPC-7, 1985, 848
5. J. Mckelliget et al : Plasma Chem. & Plasma Process, 1982, 317
6. T. Nakamura : Welding Practice of Plasma Powder surfacing, Japan Welding Engineering Society, *Journal of Japan Welding Engineering Society*, **32-8**(1984), 56-59(in Japanese)
7. Y. Takeuchi et al : High alloy surfacing in application of plasma powder, *Journal of Japan Welding Engineering Society*, **33-11**(1985), 19-24(in Japanese)
8. K. Yuraku, Y. Kondo : Plasma powder surfacing -Complex alloy with WC, *Journal of Japan Welding Engineering Society* **32-11**(1984), 34-39(in Japanese)
9. Hyung-Jun Kim, Yong-Jin Kim: Evaluation of PTA weld-overlayers in low carbon steel(II). *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.*, **35**(1997), 515
10. F. Garofalo, W. F. Domis and F. von Gemingen : *Trans. Metal Soc. AIME*, **230**(1964), 1460
11. W. F. Savage, E. F. Nippes and E. S. Szekeres : A Study of Weld Interface Phenomena in a Low Alloy Steel, *Welding Journal*, **55-9**(1976), 260-268
12. Beong-Young Lee, Sang-Bo Park: Effect of the microstructure on the failure of the overayer valve seat, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.*, **36-1**(1998), 123-129
13. J. F Lancaster : *The Physics of Welding*, Pergamon Press, 1984, 269