

MAG 용접에 의한 저Cr 합금강 오버레이 피막 제조 및 특성

Manufacture and characteristics of low Cr alloy steel overlayed by MAG welding.

*송일근, 박경채

경북대학교 금속공학과

1. 서론

오버레이 용접법을 이용한 표면개질기술(Hardfacing or welding surfacing technology)은 1922년 Stoddy가 크롬합금분말을 충전한 용접봉을 이용하여 강의 표면개질에 적용함으로써 본격적으로 개발되기 시작하였다. 현재 가장 많이 사용되는 내마모성 오버레이 용접방법으로는 피복 아크 용접법으로, 용접봉은 DF2B, DF3A, DF3B, DF3C 등의 저합금 마르텐사이트계로서 Hv 520~800 범위의 것이 사용되고 있다. 이 합금계는 특수원소의 함유량이 비교적 적고, 주로 탄소, 크롬의 첨가로 경도를 조절하게 된다. 즉, 경도가 낮은 것은 마르텐사이트, 베이나이트, 솔바이트의 조직을 갖고, 마르텐사이트 함유량이 많게 되면 경도가 높아지는 것이다.

이들 용접봉의 제작을 위해서는 용해, 주조, 열간, 냉간소성 등 가공 공정이 필요하고 경제성이 떨어지며 합금 용접봉의 제조가 어려운 문제점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 상기의 합금계 피복아크용접봉 사용시의 문제점을 개선, 보완하기 위하여 용가재로 가장 쉽게 제작되고 있는 저탄소 용접봉을 이용하고 특수원소의 복합분말을 아크 내에 투입하여 오버레이 용접 피막층을 제작하는 간단하고 경제적인 방법을 적용하고자 한다. 이리하여 종래의 오버레이와 동일한 특성을 갖도록 한다. MAG용접을 열원으로 하고 JIS-YGW11 용접와이어 및 직접 제작한 C-Cr-Mn-Mo-NbC의 복합분말을 용가재(filler metal)로 사용하여 SS400강 모재 위에 오버레이층을 제작하고자 한다.

2. 실험 방법

모재는 표 1와 같은 화학조성을 가진 SS400강(일반구조용 압연강재)을 사용하였고, 크기는 (20)T × (50)W × (150)L (mm) 이다.

Table 1. Chemical compositions of base metal. (wt%)

material	C	Mn	P	S	Fe
SS400	0.30	1.60	0.05	0.05	Bal

복합분말과 함께 용가재로 사용된 용접 와이어는 직경 1.6mm인 규격 JIS-YGW11의 것을 사용하였으며 표 2에 화학 조성을 나타내고 있다

Table 2. Chemical compositions of solid wire. (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Fe
0.110	0.550	1.310	0.014	0.011	Bal

복합합금분말은 ball mill법에 의해 제작하였으며, 표 3는 화학성분을 나타내고 있다.

Table 3. Chemical compositions of composite powders. (wt%)

component	C	Cr	Mn	Mo	NbC
composition	8.04	68.22	6.07	3.89	13.78

복합합금분말은 ball mill 장치에 의해 Cr ball을 용기 체적의 약 30%로 충전하여 milling을 행하였으며, Ball mill후 복합합금분말의 결합력을 높이기 위해 950℃에서 30분 동안 소결한 후 파쇄하여 53~212 μ m의 범위로 분급하였다.

오버레이 용접은 Ar, CO₂혼합가스를 보호가스로 사용한 MAG용접으로서 150℃로 예열한 후 복합합금분말의 공급방식에 따른 용융지 투입법(A) 및 모재도포법(B)의 2가지 방법으로 하였다. 복합분말 공급 방법을 용융지에 바로 공급한 용융지투입법과 아크 진행방향 앞쪽에 분말을 공급한 모재도포법으로 하였다. B의 경우는 아크 앞쪽에 도포되어 있는 복합합금분말을 충분히 녹이기 위해 전압을 34V로 입열량을 직접 아크내에 복합분말을 공급하는 A보다 높게 하였으며 용접 속도, 와이어 공급속도 등은 동일 조건으로 하였다. 복합분말 공급량은 A, B 조건 모두 30, 50, 70g으로 변화시켰다. 이리하여 시편은 A₁, A₂, A₃ 및 B₁, B₂, B₃로 정해졌다.

오버레이층의 경도는 오버레이 표면층은 2mm 제거한 후 로크웰 경도시험기를 이용하여 측정하였다. 이때 측정 하중은 150Kg으로 일정하였다. 경도는 5회 측정한 후 평균 값을 취했다. 복합분말의 성분별 분포는 EPMA를 이용하여 조사하였으며 오버레이층의 미세조직 관찰은 주사 전자 현미경(SEM)으로, 원소 및 생성상 분석은 EDS, EPMA 및 XRD로 하였다. 오버레이층의 마모 시험은 adhesive 마모시험기로 행하였으며, 상대재로는 직경 48.8mm, 두께 2mm의 회전원판(SUJ2, Hv 750)을 사용하였으며, 이때 시편에 가해지는 하중은 30N, 마모거리는 1000m로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Ball mill장치에서 90시간 동안 기계적 혼합에 의해 제작된 복합분말을 950℃에서 30분간 소결한 후 분급한 복합분말의 형상을 SEM으로 관찰한 사진과 EPMA로 면 분석한 결과 형상은 거의 구형에 가깝고, 각 원소의 분포도 양호함을 알 수 있다. 오버레이층의 미세조직은 표면층에서 2mm를 제거한 후 SEM으로 관찰하였다. 분말 공급을 A의 방법으로 한 경우 분말 투입량에 따른 조직의 변화 양상은 B의 방법으로 한 경우와 상당히 다른 것을 알 수 있다. 탄화물로 추정되는 생성상은 B₁, B₂, B₃ 시편에서는 뚜렷하게 관찰할 수 있지만, A₁, A₂, A₃ 시편에서는 구별이 불가능하다. A 방법으로 만든 오버레이층의 미세조직은 분말 투입량이 많아짐에 따라 기지 조직이 조대해짐을 알 수 있다. 이 기지조직은 bainite로써 합금원소 및 냉각속도에 따라 좌우되어 진다. 본 오버레이층 제작에서 복합분말 투입량이 많아지면 냉각속도가 빠르게 진행되고 합금 분말량을 많이 투입함에 따라 B_s(베이나이트 변태개시온도)는 낮아지게 된다. 이러한 과정에서 냉각속도는 A₁>A₂>A₃의 순이고 합금원소 첨가 영향은 A₃>A₂>A₁순이다. 여기서는 합금원소의 영향이 매우 큰 것으로 사료되며, 이리하여 미세조직은 A₁<A₂<A₃의 순으로 조대해지고 있음을 알 수 있다. B 방법으로 만든 오버레이의 경우는 A의 경우와 마찬가지로 기지조직 bainite는 B₁의 경우 매우 미세한 경향을 보이고 있으나, B₂와 B₃의 경우는 block ferrite가 생성되어 있음을 알 수 있다. 즉 합금원소의 첨가에 따라 미세 bainite → 조대 bainite → block ferrite로 변화함을 보이고 있다. 또한 B의 경우 석출물(NbC 및 M₃C)가 복합분말량이 크게 되면 더욱 많이 생성됨을 알 수 있다.

A, B 방법에 따라 제작한 오버레이층의 경도는 그림 1에 나타내었다. A 및 B 방법으로 분말을 공급한 경우, 모두 분말 공급량에 따라 경도값이 증가했다. A 조건에서 제작된 오버레이층의 경도값이 B의 방법으로 제작된 오버레이층 보다 높은 경도값을 가졌다. A의 경우 A₁, A₂, A₃ 순으로 복합분말 투입량이 많으므로 석출물 NbC에 의한 영향이 크므로 합금원소

의 첨가가 많은 순으로 $A_1 < A_2 < A_3$ 로 되어 있다고 판단된다. B의 경우도 역시 합금원소의 첨가량이 많은 순으로 $B_1 < B_2 < B_3$ 경도가 높아지고 있다. 오버레이층의 마모 결과는 그림 2에 나타내었다. 마모 시험 결과 B의 조건으로 오버레이층을 제작한 시편에서는 분말 공급량이 증가함에 따라 내마모성이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있으며 이것은 분말 공급량의 증가에 따라 NbC 및 M_3C 의 석출량이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나, A의 조건에서는 A2에서 마모량이 증가하였다가 A3에서 감소하는 것을 볼 수 있다. 분말 공급량이 증가함에 따라 γ 상의 증가와 d상 내의 NbC의 증가 및 조대하여 지고, 기지조직도 조대화되어 지고 있다. A₁의 경우는 기지조직의 미세화, A₃는 NbC의 다량 생성 및 조대화가 원인이 되어 내마모성이 다소 양호하나, A₂의 경우는 NbC 석출보다 기지조직의 조대화가 크게 영향을 미쳐 내마모성이 나빠진 것으로 판단된다.

4. 결 론

1. A, B 두 방법으로 분말을 공급한 경우 모두 NbC가 석출하였으며 A의 방법으로 제작된 오버레이층보다 B의 방법으로 제작된 오버레이층에서 탄화물의 관찰이 용이하였다.
2. A, B 두 방법에서 분말 공급량이 증가함에 따라 탄화물 증가에 의해 경도값이 증가하였다.
3. A의 방법으로 오버레이층을 제작한 경우 A2에서 γ 상 증가로 인해 마모량이 증가하지만, A3에서는 NbC에 의해 마모량이 다시 감소한다. B의 경우에는 분말 공급량이 증가함에 따라 NbC의 증가로 인해 마모량이 급격히 감소하였다.

※ 참고문헌

- 1) K.G Budinski : Surface Engineering for Wear Resistance, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, (1998), 209.
- 2) American Society for Metals : Metals Handbook, Vol. 6, Welding, Brazing and Soldering, Metals park, Ohio, ASM, 9th, (1983), 771.
- 3) D. R. Askeland : Welding research supplement, 11(1979), 337.
- 4) E. E. Hucke : Welding research supplement, 8(1953), 378.
- 5) 이성학 : 대한금속학회지, 33(1995), 895.
- 6) 이기호 : 대한용접학회지, 7(1989), 30.
- 7) Damian kotecki : Welding journal, 11(1992), 51

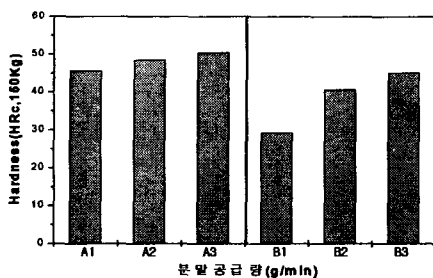


Fig 1. Hardness of overlay welded in A and B conditions.

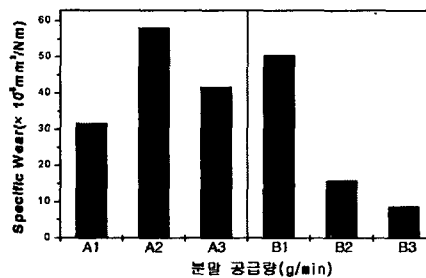


Fig 2. Specific wear of overlay welded in A and B conditions.