

초경접합 신공법 개발

박우진 · 김기열 · 이범주 · 조정환 · 박채규*

대우중공업 중앙연구소 소재기술팀

*대우중공업 건기본부 연구개발팀

Development of a New Process for Welding a WC Layer to the Round Surface of a Plain Carbon Steel.

Woojin Park, Kiyeol Kim, Bumju Lee, Jungwhan Cho, Chaekyu Park*

Materials Team, Central R&D Division, DHI

*R&D Team, Construction Equipment Division, DHI

Abstract: The economic loss arisen from the abrasion wear have been increasing at every industrial field. To reduce the economic loss we developed a new process , which is named MAHa process(Metallic Adhesives for HArdening).

MAHa process is a process to weld tungsten carbide(WC) to the surface of a plain carbon steel so that it may stay longer under the severe abrasive environment. The depth of the WC layer ranges from 0.5 mm to 5 mm. Compared with the conventional technology, arc-augmented welding which bonds WC on the flat surface only, MAHa process has the merits that it can make a robust WC layer on the round or wave-shaped surface also.

How to turn the WC powder into a flexible mat is the key technology of the MAHa process. We invented new polymer materials to accomplish such a goal and both the MAHa process and the invented materials were applied for patents.

For the application, the inner wall of elbow of Concrete Pump Truck(CPT) was maharized(MAHa process-treated) and the new WC layer on the inner wall was made successfully. The elbow was equipped to a CPT.

Key words- WC welding, maha process, elbow, wear amount, CPT.

1. 서 론

마모에 의한 경제적 손실은 정량적으로 분석하기 어려우나 미국과 독일에서 분석한 결과를 참고하면 마모손상에 의한 경제적 손실은 GNP의 2.5%(ASME Report, 1977), 마모, 부식에 의한 경제적 손실을 GNP의 4.5%(BMFT Report, 1984)정도로 분석하고 있다.[1] 이처럼 경제적으로 큰 손실을 야기하는 마모에 관한 연구가 다양하게 진행되어 왔으나 마모기구가 단순하지 않고 복잡한 것으로 알려져 있다. 마모손상기구를 크게 분류하면 adhesive wear, abrasive wear, erosive wear, fatigue wear, corrosive wear로 나눌 수가 있다. 이러한 마모기구 중에서 abrasive wear가 공업적 마모의 50%이상을 차지하는 중요한 마모현상이다.[2]

이러한 마모에 강한 소재를 개발하기 위하여 미세조직, 카바이드석출, 카바이드의 분포 등에 관한 여러 가지 시도가 있었다. 본 연구에서는 Metallic Adhesive for Hardening(MAHa) 공정을 개발하여 금속소재인 SM45C위에 내마모성이 우수한 WC층을 형성하여 abrasive wear를 감소시키는 공정을 소개하고자 한다..

2. 마하프로세스의 개발

2-1 마하프로세스의 원리

굴삭기, 도자, CPT 등은 작업시 토양과 마찰을 일으키기 때문에 마모량이 크게 증가하여 빨리 소모되어 자주 교체하는 부품이 많다. 예를 들면 굴삭기 버켓, tooth, 도자의 cutting-edge, CPT의 엘보우, 마모판, 마모링 등이다. 이들 부품은 현재 금속소재로 제조 되어있고 상대적으로 강한 세라믹소재로 볼 수 있는 토양과 마찰을 일으키기 때문

에 심한 마모는 피할 수 없는 현상이다.

이러한 마모현상을 개선하기 위해 현재 육성용접과 같은 기술을 이용하여 금속소재표면에 텅스텐카바이드계 용접봉을 육성용접하는 기술이 사용되고 있다.

하지만 육성용접 방식은 평면형상의 제품에는 처리하기가 용이하나 곡면인 제품에는 처리가 어려우며, 흄, 요철 등 정해진 형상을 따라 텅스텐카바이드를 접합하기가 어려운 단점이 있어 적용에 제한을 가지고 있다.

마하프로세스는 육성용접과는 달리 Flexible mat를 이용한 접합방식을 사용하기 때문에 곡면 혹은 타원, 도우넛형 등 다양한 형상의 초경접합이 가능하다. 이 공정은 미국 TRW사가 처음 고안하였으며 독일 DEGUSA가 이 기술을 보안해 상업화하였다. 본 팀에서는 미국과 독일의 기술을 보완하여 국산화하였으며 마하프로세스라고 명명하고 소재 및 공정에 관한 특허를 출원하였다. 마하기술은 현재 CPT차량의 elbow의 곡면에 적용하였다.

CPT차량은 유압을 이용하여 콘크리트를 pumping하는 차량이다. 콘크리트는 자갈, 모래, cements, 물 등으로 이루어진 혼합물이며 이를 높은 유압을 사용하여 수십 미터 길이의 수송관을 통해 pumping한다. 따라서 유압으로 pumping된 콘크리트는 수송관을 빠른 속도로 이동하는데 여러 개의 수송관들을 연결해주는 elbow에서는 콘크리트의 사출 진행방향이 45도나 90도로 바뀌게 되어 자갈과 모래에 의한 sliding과 충격으로 인하여 마모가 급격하게 일어난다. 따라서 이 부분에 내마모특성이 있는 WC를 표면에 접합하는 기술이 필요한데 이 부위는 원형의 곡면으로 되어있어 일반적인 육성용접 방법으로는 접합이 불가능하다. 따라서 곡면을 따라서 접합할 수 있는 기술이 필요하게 되며 maha process를 적용하였다.

2-2. 마하프로세스의 구성요소

마하프로세스는 크게 3가지 구성요소로 이루어진다.

첫째, 기지금속(Substrate)

둘째, Hard particle 및 brazing powder과 polymer를 이용한 Flexible mat 제작

셋째, 열처리

Elbow에 적용하기 위하여 hard particle로 WC를 사용했으며 substrate로는 SM45C을 사용하고 flexible mat를 제조하기 위해 특허 출원한 폴리머를 사용하였다.



Fig.1. The schematic diagram of Maha process

마하프로세스는 Substrate 위에 Fig. 1과 같이 WC와 polymer로 구성된 mat와(이후로 maha mat라 부름) BNi2와 polymer로 구성된 mat(이후로 binder mat라 부름)를 겹쳐 올려놓고 승온한 뒤 냉각하는 공정으로 구성되어 있다. 온도가 올라감에 따라 binder mat가 용융되고 capillary force에 의해 아래의 WC사이와 substrate/WC 계면으로 흡수되며 WC입자사이 뿐만 아니라 Substrate와 WC사이에 강한 결합을 형성한다. 따라서 Substrate 위에 경질의 WC층을 형성할 수 있다.

2-2-1. Maha mat 제작방법

굴곡면을 따라 WC를 접합하기 위해서는 굴곡면에 밀착할 수 있는 구조를 가져야한다. 굴곡면을 따라 층을 형성할 수 있도록 매우 유연한 재료로 이루어져야하고 흡이나 기타 형상을 만들 수 있도록 절단이나 가공이 용이하여야한다. 또한 내마모층을 표면에 형성하기 위해 사용되는 WC는 분말이기 때문에 이를 Flexible하게 제조하기가 어렵다. 따라서 본 팀에서는 새로 개발한 polymer를 사용하여 Fig. 2와 같이 Flexible mat를 제조하였다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 제조된 Flexible mat는 매우 유연하여 작업자의 손으로 구부리거나 절단할 수 있다. Fig. 2에서는 절단된 작은 원형 WC를 볼 수 있다.

본 실험에서 사용한 재료구성은 Table 1과 같다.

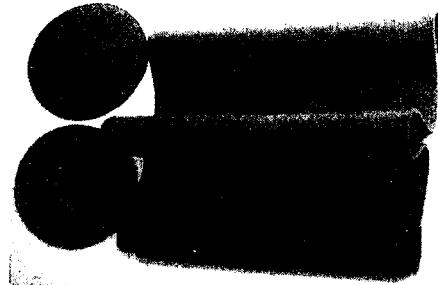


Fig. 2. Flexible Mat

Table 1. Components of Maha process

구 분	Polymer	WC	BNi ₂
Maha mat	1 wt%	99 wt%	*
Binder mat	1 wt%	*	99 wt%

2-2-2. 열처리

마하 mat를 Substrate 표면에 접합하는 공정은 다음과 같다.

- ④ Substrate 표면 알콜세척
- ⑤ Maha mat를 시편위에 고정
- ⑥ Binder mat를 시편위에 고정
- ⑦ 열처리

열처리는 불활성 분위기하에서 1000°C ~ 1200°C까지 올린 후 노냉하였다. Fig. 3은 마하공정으로 SM45C 표면에 형성된 WC층의 미세조직사진이다. WC사이에 충분히 BNi2가 채우고 있음을 알 수 있다.

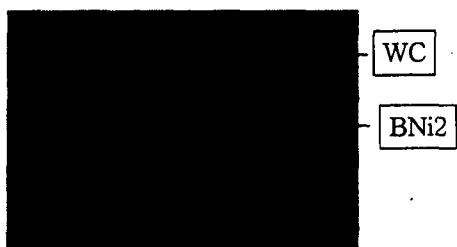


Fig. 3.
Micro-structure of WC layer (X500)

2-3. 토사마모시험

제조된 마하시험편은 ASTM G65-85의 규정에 따르는 마모시험을 실시하였다.[3,4] 토사마모시험의 원리는 다음과 같다. 회전하는 wheel과 하중이 가해진 시험편 사이에 마모매질을 일정하게 공급함으로서 3body 연삭마모가 일어나도록 하였다. wheel 표면에는 chlorobutyl rubber를 피복하여 순수 연삭마모가 일어나도록 하였다. 마모정도는 마모 전,후의 시험편의 무게를 측정하여 감소량을 마모량으로 삼았다. 마모시험편은 3종류를 사용하였다. 하나는 SM45C에 마하공정처리하여 표면에 WC층을 형성한 것이고 다른 하나는 고망간강이며 3번째 시편은 SM45C를 Q/T열처리한 시편이다.

시험편에 걸리는 하중은 6kg을 가하고 wheel 회전속도는 200rpm이었다. 마모매질의 경도와 입도에 따라 차이가 있을 수 있으나 본 실험에서는 ASTM에서 규정하고 있는 AFS 50-70 silica test sand를 사용하였다. 마모시간은 총 마모길이를 일정하게 하기 위하여 총 회전수가 6000회전이 되면 자동으로 멈추도록 설정하였다. 이것은 8.67km의 마모거리에 해당한다.

2-4 토사마모시험 결과 및 분석

마모특성에는 일반적으로 경도, 미세조직, 화학성분 등이 큰 영향을 끼친다. 본 실험에서는 재질이 다른 두 개의 시편을 이용하였으므로 경도, 미세조직, 화학성분이 모두 다르며 표면에 마하공정을 이용하여 접합된 WC층의 내마모효과를 기존 제품에 적용중인 고망간강과 비교하였다.

그림4는 토사마모시험후의 시편을 나타낸다. 고망간강의 시편이 토사에 의해 더 깊게 파인 것을 알 수 있다. 시험 후 토사 마모량을 측정하여 표2에 나타내었다.

Table 2. Comparison of wear amount between steels and the maha

구 분	고망간강	SM45C (Q/T)	마하
마모량(g)	0.133	0.250	0.026

2-5. 산업용용 사례

2-5-1.CPT Elbow

현재 elbow에 사용하는 소재는 고망간주강이다. 고망간주강은 자체로는 경도가 높지 않으나 압력을 받으면 표면에 있는 오스

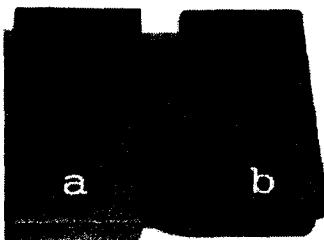


Fig. 4. Wear Surface (a) 고망간강, (b)
마하처리 시편



Fig. 5. 45 ° Elbow

3. 결 론

초경을 금속표면에 접합하는 새로운 공정인 마하공정을 개발하였다. 이를 적용한 시

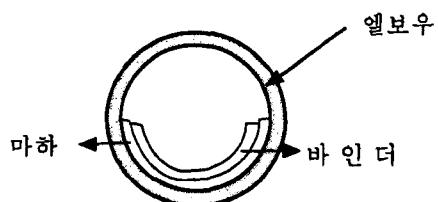


Fig. 6. Schematic diagram of inner wall of a elbow

편을 제작하여 내마모 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 마하공정을 이용하여 금속표면에 균일하고 안정한 초경층을 접합할 수 있었다.
2. 토사마모시험 결과 고망간강 보다 약 5 배, SM45C보다 약 12 배정도 내마모성이 우수한 것으로 나타났다.

3. 곡면을 가진 파이프형상인 CPT elbow의 내면에 마하를 반원까지 접합한 결과, 마하는 crack이나 기포 없이 접합되었고 지면에서 수직인 부근도 잘 접합되어 원형을 따라서 WC층이 잘 형성된 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Zum Gahr, "Microstructure and wear of materials", Elsevier, Amsterdam, pp.4. 1987.
2. 이형근, "고 Cr 주철계 육성용접부의 연삭 마모 특성에 관한 연구", 대한용접학회지, Vol.15, pp.380-391. 1997
3. ASTM G65-85, "Conducting dry sand/rubber wheel abrasion tests.
4. D. J. Kotechi and J. S. Ogborn, "Abrasion resistance of iron-based hardfacing alloys", Weld. J., Vol.74, pp.269-278. 1995.