용사법에 의한 주철의 표면개질에 관한 연구

A Study of Surface Modification of Cast Iron using the Metal Spray Method

김태형*, 최영국**, 김종호***, 김영식***

*한국해양대학교 대학원, **(주)종합폴스타 환경사업부, ***한국해양대학교

1. 서언

일반적으로 실린더라이너 제품의 경우 마모율이 실린더 직경의 0.1%정도가 되면 폐기하거나 재생이 되어야 한다. 실린더 라이너의 재생방법으로는 소경의 실린더라이너의 경우 열응력을 이용한 실린더 라이너 내경의 수축을 이용한 방법이 시행되고 있으나, 대형 실린더 라이너의 경우 크기효과에 의해 열 응력이 커지고 그 컨트롤에 있어서 어려움이 따르게 된다. 따라서 대형 실린더라이너의 경우 실린더라이너와 동일 계열 재질의 소재로 오버레이용접(Overlay weld)에 의한 보수를 생각할 수 있다. 그러나 용접에 의한 주철의 오버레이 방법은 다량의 균열이 발생하게 되므로 이 방법에 의한 재생은 불가능하게 된다.

따라서 본 연구에서는 실린더라이너 내부 표면에 용사피막을 형성하여 피막에 의한 수명의 연장과 수명이 다 된 폐실린더라이너 제품에 오버레이용사(Overlay Metal Spray)를 통한 재생 방안에 대하여 연구하고자 한다.

2.모재 및 시험편 준비

본 실험의 시험편은 화염 용사건을 이용하여 오버레이용사를 하여 제작하였다.

시험편은 실제 사용 후 폐기된 실린더 라이너를 이용하여 직경 18㎜ 길이 170㎜로 선반 가공하여 사용하였다.

용사재는 METCO 452 분말을 사용하였다. 본 실험에서 METCO 452 분말을 사용한 이유는 이 분말의 경우 그 사용온도가 815℃까지 사용이 가능하고, 강재와의 밀착도가 타 분말에 비해서 양호하고 그 용사층 높이에 있어서 제한이 없기 때문이다.

Table. 1은 모재의 기계적 특성을, Table. 2는 모재와 용사분말의 조성, Table. 3은 각 시험편의 용사조건을 나타낸다.

Table. 1 The mechanical properties of substrate material

	Tensile strength (MPa)	Hardness (H_B)	elongation (%)
FC25	210	180~230	above 0.3

Table 2. The composition of spacemen and spraying powder.

		composition (%)										
		Fe	Ni	C	Al	Si	Mn	P	S	B	Cu	V
substrate	FC25	Bal.		3.3		1.2	0.5	0.25	0.06	0.03	1.4	0.22
spraying powder	METCO 452	Bal.	38		10							

Table. 3 The spray conditions of specimen.

Flower meter		Air	Spray	Surface	Preheating	temperature of
Oxygen	Acetylene	pressure	distance	condition		spray process
42 (30psi)	50 (15psi)	20psi	100	-	90℃~120℃	200℃
			150	Sand blast		
			200	Sand blast		
			250	-		

3. 피막특성분석

3-1 경도 측정

피막의 경도측정은 마이크로비커스 경도시험기와 브리넬 경도시험기를 이용하여 측정하였다.

마이크로비커스 경도시험기의 경우에는 용사층에서 수직부를 측정하였고 브리넬 경도시험기의 경우 모재인 주철부를 측정하여 마이크로비커스경도값으로 환산하여 그 값을 비교하였다.

피막부는 마이크로비커스 경도시험기를 이용하여 측정하고 모재부는 브리넬 경도시험기를 이용한 이유는 양측 모두 마이크로비커스 경도시험기로 측정하면 모재부의 측정부에 따라서 그 경도값의 측정에 많은 편차를 보이고 브리넬 경도시험기로 측정하면 피막부에서는 그 경도값이 모재의 영향을 받게 되기 때문이다. 마이크로비커스경도시험의 경우 기준하중 500g 유지시간 15초를 가하여 각 시편당 10회씩 측정하였다. 브리넬경도의 경우 강구 10mm 기준하중 3000kg, 유지시간 15초를 가하여 총 10회씩 측정하였다.

3-2 열피로 특성 실험

실제 실린더라이너의 작동조건을 재현하기 위해 400℃-공냉, 400℃-수냉의 조건을 용사시험편에 부가하여 피막의 박리성을 조사하였다.

3-3 피막의 야금학적 특성 및 기공률 분석

용사층의 성분 분석은 주사전자현미경을 이용하여 분석하였다.

용사층의 화합물 비율 측정과 기공률 측정은 각 용사조건의 시험편에서 디지털 카메라를 이용하여 200배로 다섯장씩 촬영하여 image analysis프로그램인 image pro plus를 이용하여 평균값을 구하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4-1 경도 특성

용사층의 마이크로비커스 경도값은 Table. 4에서 나타내었다.

Table. 4 The hardness of spray coating layer

Spray distance(mm)	100	150	200	250
Hv	221.08	228	207.4	196.9

모재의 브리넬 경도값은 평균 200(H_B)로 측정되었으며, 마이크로비커스 경도값으로 변환하면 209(H_V)이므로 용사층의 경도값과 모재부의 경도값이 비슷함을 알 수 있다.

마이크로비커스경도값을 용사거리에 따라 비교해 보면 용사거리가 150mm까지 증가하나 그 이후부터는 경도값의 감소를 보여주고 있다.

4-2 피막의 열피로 특성

400℃에서 40분 유지한 시험편을 수냉하였을 경우에는 전 시험편의 용사층에서 균열이 발생하였고 발생순서로는 표면 균열의 발생 후 용사층에 수직인 방향으로 균열이 발생하였으며, 용사거리 100mm과 250mm의 경우 18사이클에서 완전박리가 발생하였고 150mm과 200mm의 경우에는 25사이클까지 박리가 발생하지 않았다. 공냉의 경우에는 50회마다 균열의 유무를 파악하였다.

수냉방식의 열피로 시험에서 용사거리 150mm과 200mm에서 균열의 진전이 제일 늦은 것으로 나타나 용사거리 150mm과 200mm이 우수한 것으로 나타났다.

4-3 피막의 야금학적 특성 및 기공률 측정

용사층 성분분석결과 기지층은 Fe가 주를 이루고 화합물층은 산화알루미늄계통과 알루미늄과 니켈화합물층으로 구성되어있었다.

용사층 화합물의 비율과 기공률은 용사거리에 따라 달라졌으며 그 관찰결과는 Table. 5에 나타내었다. 그리고 Photo. 1에서 각각의 조직사진을 나타내었다.

Table. 5 The amount of porosity and compound of the sprayed coating.

Spray distance (mm)	100	150	200	250
porosity (%)	2.0632	4.0564	5.9043	8.5643
compound (%)	11.9605	15.6957	16.8047	19.8358

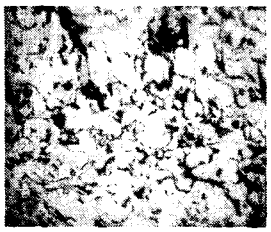
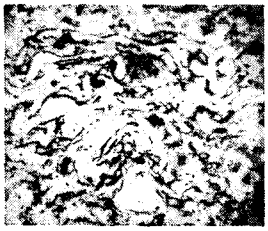
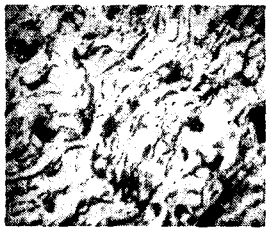
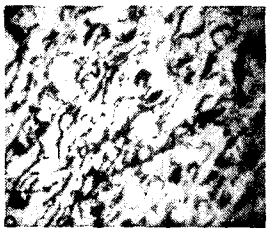
Spray distance 100mm	Spray distance 150mm	Spray distance 200mm	Spray distance 250mm
			

Photo. 1 Micrographs of cross section of the sprayed coatings. X200

Photo. 1에 의하면 용사층의 기공률은 용사거리가 짧아질수록 적어지는 경향을 나타낸다.

용사층의 화합물 비율의 전체 경향은 용사거리가 증가함에 따라 증가하는 경향을 알 수 있다.

5. 결언

주철제 실린더라이너로 사용되는 FC25材 표면에 Fe-Ni-Al 용사분말을 이용한 화염용사를 실시하여 피막의 여러 가지 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피막의 경도 및 열피로 특성은 용사거리 150~200mm가 가장 우수한 특성을 보인다.
2. 파막의 기공률 및 화합물의 양은 용사거리가 증가할수록 증가하는 경향을 보인다.
3. 모재와 피막층의 경도의 비교값은 유사한 값을 나타낸다.