

마찰표면개질 시스템 개발 및 프로세스 파라메타 상관관계 도출

The Development of Friction Surfacing System and Approach to Process Parameter

천 창근*, 장용성*, 노중석**, 정태휘***

* 포항산업과학연구원 용접센터

** 주식회사 태광테크 기술연구소

*** 창원대학교 제어계측공학과

ABSTRACT

The friction surfacing system which has been successfully developed in RIST has both position control and force control by using hydraulic cylinder. In friction surfacing process mechtrode rotation speed(N) and feeding speed(V_z), travelling speed($V_{x,y}$) are of critical importance for the width and thickness of the coating. As a result of DOE with developed system, the main effect of coating thickness is a rotation speed of mechtrode.

1. 서 론

마찰표면개질 기술은 고온의 열원을 이용한 다른 표면육성 기술에 비하여 희석률과 기공률이 낮으며 동종재 및 이종재 모두 육성할 수 있고 두꺼운 층의 육성이 가능하여 한 번에 약 1-3[mm] 정도의 육성층을 얻을 수 있는 장점이 있다. 마찰표면개질 시스템은 현재 영국의 Fritec 과 일본의 Nitto Seiki 등에서 개발하여 현재 상품화하고 있다. 하지만 이러한 시스템은 육성봉을 회전시키면서 모재 방향으로 공급하는 주축의 상하 이송을 전동기를 이용한 일정 속도제어를 수행하고 있기 때문에 모재가 굴곡을 가진 부품에 쉽게 적용하기 어려운 문제가 있다.

따라서 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 주축의 이송을 유압 서보시스템으로 하여 작업 상황에 따라 위치제어 또는 압력제어를 교대로 수행할 수 있는 마찰 표면개질 시스템을 개발하였다. 그리고 개발된 시스템의 성능을 검증하기 위하여 다양한 실험을 수행하였으며 특히, 실험계획법(DOE)에 따라 육성봉의 회전속도(N)와 공급속도(V_z), 이동속도($V_{x,y}$)가 변할 때 육성층의 두께와 폭이 어떻게 달라지를 통계적인 기법으로 분석하였다.

2. 마찰표면개질 기술의 원리 및 특징

Fig. 1은 마찰 표면개질을 위한 원리를 표시한 것으로 회전하는 환봉이 소정의 회전속도에 도달하면 축 방향으로 압력을 가하여 모재에 접촉시켜 이동시킨다. 그 결과 회전하는 봉재와 모재와의 계면에 발생하는 마찰열에 의해 비소모성 환봉일 경우에는 모재 표면층이 마찰열에 의하여 소성 유동됨과 동시에 열처리 효과로 인하여 조직이 미세하고 균일하도록 개질되고 소모성 환봉인 경우에는 환봉의 일부분이 모재로 이동하여 모재 위에 안정된 육성층이 형성된다. 비소모성 봉재를 이용한 개질 방법은 주로 알루미늄 주물재의 표면을 개질하는 데 사용되며 소모성 봉재를 이용한 육성방법은 내마모성 향상을 목적으로 하는 경질재를 사용하는 경우가 많다.

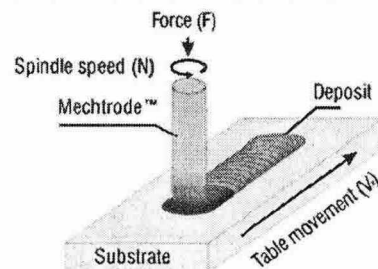


Fig. 1 Schematic diagram of friction surfacing process.

3. 개발된 마찰표면개질 시스템

개발한 시스템의 기구부는 gantry 구조로 하고 육성봉을 회전 및 상하 이송하는 주축은 좌우 최대 5°까지 tilting 가능하도록 설계하여 다양한 형상을 가진 부품에 마찰 표면개질을 적용할 수 있도록 하였다. 주축의 회전을 담당하는 spindle head부는 spline sliding 방식을 채택하여 직선운동과 회전운동이 동시에 가능하도록 하였으며, 구동 방식은 정밀한 속도제어가 가능한 벡터 모터 제어 방식을 사용하였다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 마찰 표면개질 시스템을 3차원 설계한 구성도를 나타낸다.

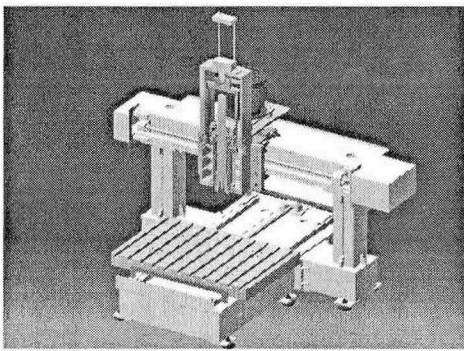


Fig. 2 Mechanical structure of friction surfacing system

일반적인 마찰표면개질 시스템은 위치제어 만을 수행하므로 높이가 다른 굴곡을 가진 소재의 표면에 마찰 표면개질을 적용하기 위해서는 사전에 소재의 높이 정보를 모두 파악하여 연속적으로 위치제어를 수행하여야 하는 어려움이 있다.

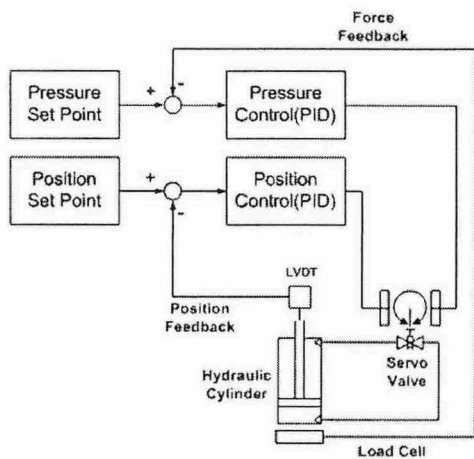


Fig. 3 Control diagram of hydraulic system

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하

여 일반적으로 적용하고 있는 전동기 시스템 대신에 정밀서보 유압시스템을 채택하였다. 유압시스템은 일반적인 전동기 시스템 적용 시 발생하는 기어에 의한 backlash 문제를 해결할 수 있으며 회전 토크를 조절하여 하중 제어할 때 발생하는 토크 hunting 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

4. 실험결과 및 고찰

마찰 표면육성에 있어서 육성층의 코팅과 접착력에 영향을 미치는 주요한 프로세스 파라메타는 소모성 육성봉을 모재 방향으로 공급하는 공급속도(=가압력) V_z 와 육성봉의 회전속도 N , 모재의 이동속도 $V_{x,y}$ 이다. 하지만 이러한 프로세스 파라메타와 코팅층 두께 T 와 폭 W 와의 상관관계를 뚜렷하게 계산할 수 있는 방법은 없다. 따라서 사용자가 원하는 마찰 육성층을 얻기 위한 최적 프로세스 파라메타를 도출하기위해 실험계획법(DOE)에 의해 실험하여 통계적인 분석을 실시하였다.

4.1 하중제어 실험결과

Photo 1은 경사단면에 하중제어를 실시한 결과 사진을 나타내는 것으로, S45C 플레이트 상부에 스테인리스 육성봉을 3[ton] 하중으로 힘을 가하여 육성한 것으로 일정한 두께를 가진 육성층을 얻었음을 알 수 있다.

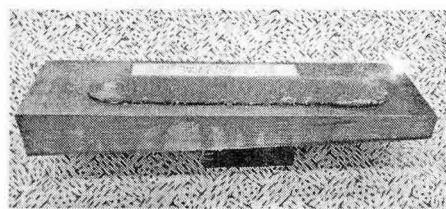


Photo. 1 View of coating on substrate with slope

4.2 최적 프로세스 파라메타 도출

Table 1 Friction surfacing parameters.

Rotation speed (rev/min)	Traveling speed (mm/s)	Feeding speed (mm/s)
1000	3.5	1.5
2000	4.5	2.5

본 실험에서는 Table 1과 같은 실험 조건에서 완전요인 설계방법 DOE 실험하였다.

Rotation Speed (rpm)	Traveling Speed (mm/sec)	Feeding Speed (mm/sec)	Coating Layer
1000	3.5	1.5	
1000	3.5	2.5	
2000	3.5	1.5	
2000	4.5	1.5	
2000	4.5	2.5	
1000	4.5	2.5	
1000	4.5	1.5	
2000	3.5	2.5	

Fig. 4 Coating layer of friction surfacing

프로세스 파라메타인 육성층의 회전속도, 이동속도, 공급속도를 변경하면서 실험한 결과 육성층의 비드형상과 상태는 Fig. 4에서와 같이 대체로 양호한 결과를 보였으며 각 파라메타 변동에 따라 육성층 비드의 두께와 폭이 약간씩 차이가 발생함을 관찰할 수 있었다.

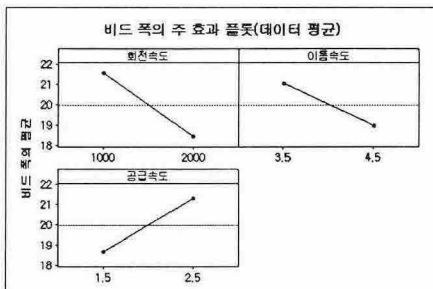
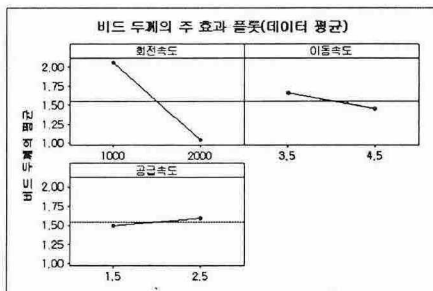


Fig. 5 Main effect plot of layer thickness and width

Fig. 5에서와 같이 육성층 두께는 회전속도가 큰 영향을 미치고 이동속도와 공급속도는 거의 영향을 미치지 못함을 알 수 있었으며, 육성층 폭은 3가지 프로세스 파라메타 모두에 영향을 받는 것으로 관찰되었으며 회전속도와 이동속도가 감소하고 공급속도가 증가하면 비드 폭이 증가되는 것을 알 수 있다. 식 (1)과 (2)는 각각의 상관회귀식을 나타낸다.

$$T = 3.72 - 0.001N - 0.21V_{x,y} + 0.01V_z \quad (1)$$

$$W = 27.7 - 0.003N - 2.07V_{x,y} + 2.62V_z \quad (2)$$

4. 결 론

1. 작업상황에 따라 위치제어와 압력제어를 자유롭게 전환할 수 있는 마찰표면개질 시스템을 개발하였다.
2. 육성층의 두께에 영향을 미치는 프로세스 파라메타의 주 인자는 육성층의 회전속도(N)이고 공급속도(V_z)와 이동속도($V_{x,y}$)는 큰 영향을 미치지 못하며 상관회귀식을 도출하였다.
3. 육성층의 폭에 영향을 미치는 프로세스 파라메타는 육성층의 회전속도(N)와 공급속도(V_z), 이동속도($V_{x,y}$) 모두가 영향을 미치는 것으로 사료되며 상관회귀식을 도출하였다.

참 고 문 헌

1. I.I Voutchkov, V.I Vitanov, G.M. Bedford, Neurofuzzy model-based selection of process parameters for friction surfacing application, Proceedings of the Thirteenth National Conference on Manufacturing, Glasgow, UK, 9-11 September 1997, p491-495
2. V.I Vitanov, I.I Voutchkov, G.M. Bedford, Decision support system to optimise the Fritec (friction surfacing) process, Journal of Materials Processing Technology, 2000, p236-242
3. T. Shinoda, S. Okamoto, S.Takemoto, Y.kato, T.Shimizu, Deposition of hard surfacing layer by friction surfacing, Welding International, 10-4(1996), p288-294
4. K. FUKAKUSA, On the characteristics of the rotational contact plane-A fundamental study of friction surfacing, Welding International, 1996, 10(7), p524-529