자기연마를 이용한 위생용 STS304 파이프 내면의 초정밀 가공

김희남 · 최희성* · 박상우** · 민현기** · 송수한** · 김응겸** · 고정희** · 박정현
명지대학교 · *명지대학교 대학원 · **명지대학교 기계공학부

1. 서 론

현대 산업의 고도화 추세에 따라 산업분야에 사용되는 파이프 제품은 고정밀도와 고청정도가 요구되고 있다. 일반적으로 내면 연삭가공은 숫돌이 공작물에 직접 연삭력이 가압되는 방법으로 파이프 길이가 길어지면 가공 정도가 떨어지고 트러블이 발생하여 숫돌파괴로 인한 산업재해가 발생될 수 있으며, 또한 파이프 내면에 미세한 가공흔적과 내면의 요철부분에 칩과 불순물이 잔재할 우려가 있다.

본 실험에서는 위생용으로 쓰이고 있는 STS304 용접파이프이며, 파이프 제작시 발생된 요철에 의해 이물질이나 미생물이 접착하여 위생 파이프로서의 용도가 떨어지므로, 후 가공으로 비접촉식 연마방법인 전해연마가 활용되고 있으나, 전해액등의 폐기물 처리의 문제점 때문에, 신속하고 안전하며 환경친화적인 가공법이 대두 되고 있다.

이러한 산업안전의 문제 해결과 함께 우수한 표면의 품위를 얻기 위한 가공법중의 하나인 자기연마법은 반도체용 튜브, 식품 위생기기, 의료기기, 고순도용 가스용기 등의 청정 산업 및 공압용 파이프 등의 제조분야에 광범위하게 활용될 수 있는 가공법이다.

본 실험은 초정밀가공인 자기연마법을 이용하여 위생용 STS304 용접 파이프 내면을 신속하게 연마하고, 그 가공 값이 0.1㎛Ra이하로 가공되는 조건을 찾는 것을 목적으로 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 자기력 발생 장치

본 실험에 사용된 자기력 발생 장치는 현장에서 적용이 간편하며, 자기력의 조절이 용이하여 자기력의 크기를 다양하게 변화시키면서 가공을 수행할 수 있는 장점이 있다. 자기력 발생 장치는 N-S자극이 Fig. 1과 같이 180° 방향에 배치되어 있으며 고구배 전자석으로서 구성되어 있다. 자극과 공작물 사이의 공극(air gap)을 자유롭게 조절할 수 있는 구조로 되어있으며, N-S자극을 근접하였을 때 최대 자속밀도는 1.5Tesla까지 발생시킬 수 있도록 제작 되었다. 또한 장시간의 가공으로 코일부에 발생되는 열과 일정한 자기력을 유지하기 위하여 냉각장치를 장착하였다.

자기력 발생 장치의 자기력은 KANETEC사의 TESLA METER TM-501로 측정하여 실험하였다. Fig. 1은 본 실험에 사용된 자기력 발생 장치이다.

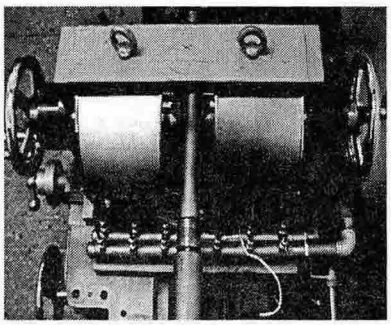


Fig. 1 Magnetic force generator

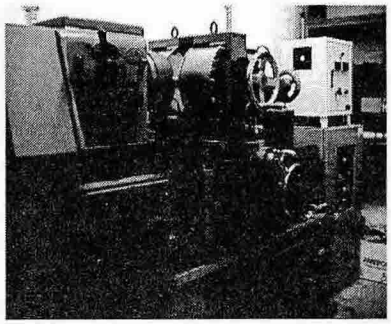


Fig. 2 Magnetic polishing set up

2.2 자기연마 장치

본 실험을 위해서 설계·제작된 자기력 발생 장치를 화천기계(주)에서 생산한 WHPL-380L 범용선반에 부착하여 자기연마 가공을 수행하였다. Fig. 2는 본 실험에 사용된 자기연마 장치이다.

2.3 자기연마재

본 실험은 Ba-Ferrite를 자성재료로 하고 GC 지립과 합성 제조한 후 평균 입자 0.5~1mm 크기로 제작된 자기연마재를 이용하여 자기연마 가공을 수행하였다.

2.4 자기연마 시편

본 실험에 사용된 시편은 위생용으로 쓰이고 있는 STS304 용접 파이프이다. 용접된 파이프 내면은 용착금속으로 인한 요철과 융합부와 모재 사이에 변질부가 존재한다. 연마 가공전 파이프 시편의 형상과 치수는 Fig. 3과 같고 내면의 거칠기 값은 Table 1과 같다.

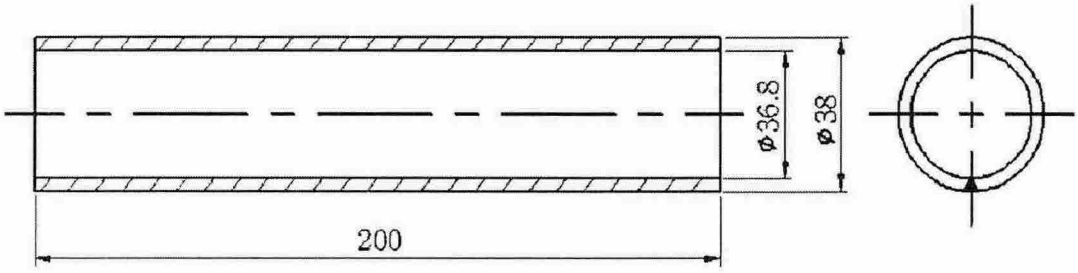
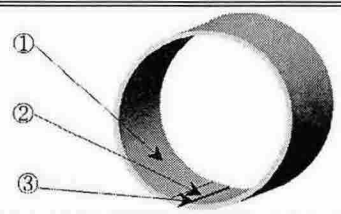


Fig. 3 Geometry and dimension of specimen

Table 1 Before surface roughness of internal face in STS304 welded pipe

Measuring part	Surface roughness (㎛Ra)
① Base metal	0.22
② Deposited metal zone	0.22
③ Fusion zone	0.32



2.5 실험방법

자기연마재의 입도 변화와 연마속도, 자속밀도, 이송속도, 이송횟수가 파이프내면에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 Table 2와 같이 실험조건을 설정하였다.

Fig. 3과 같은 시편을 범용선반에 부착된 자기연마 기구에 장착한 후 파이프 외면과 자극봉 사이의 공극(air gap)을 2mm로 설정한 후 자기연마재를 파이프 내에 투입하여 자기연마 실험을 수행하였다.

Table 2 Magnetic polishing conditions

Grain size (mesh)	Polishing speed (m/min)	Magnetic flux density (G)	Feed rate (mm/rav)	Pass Number
120	37.3	1,000	0.15	2
320	45.8	2,000	0.24	4
1,000	55.4	3,000	0.36	6
2,000	79.2	4,000	0.44	8
3,000	91.6	5,000	0.53	10
4,000				

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Grain size의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향

자기연마재의 입도 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위해서 입도를 #120, #320, #1000, #2000, #3000, #4000으로 변화를 주고 연마속도 79.2m/min, 자속밀도 5,000G, 이송속도 0.15mm/rav, 연마횟수 2pass로 자기연마 가공을 수행하였다. Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 #120, #320의 입도의 자기연마재를 사용하여 가공한 파이프 내면은 거친 가공으로 각 부위의 내면 거칠기 값이 나빠졌다. 이 두 조건에서는 표면에 스크래치를 남기며 새로운 가공면이 생성되는 것으로 사려 된다. 입도 #1000이상에서는 가공전 내면 거칠기의 값 보다 향상됨을 알 수 있었고 입도 #2000일 때 변질부의 거칠기 값이 0.1㎛Ra로 가장 향상되었다. #3000이상의 입도에서는 미소한 가공이

이루어짐을 알 수 있었다.

3.2 Polishing speed의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향

연마속도의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위하여 연마속도를 37.3, 45.8, 55.4, 79.2, 91.6m/min으로 변화를 주고, 자속밀도 5000G, 이송속도 0.15mm/rav, 연마횟수 2pass, 입도 #2000의 자기연마재로 가공을 수행하였다. Fig. 5에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 조건에서 가공전 내면 거칠기 값보다 향상됨을 알 수 있었다. 연마속도 55.4, 79.2m/min에서 변질부의 거칠기 값이 0.07㎛Ra로 다른 부분보다 양호한 거칠기 값을 얻을 수 있었다. 이는 변질부의 경도가 다른 부분에 비하여 낮아서 동일한 가공조건에서 연마량이 많기 때문이라 사려 된다.

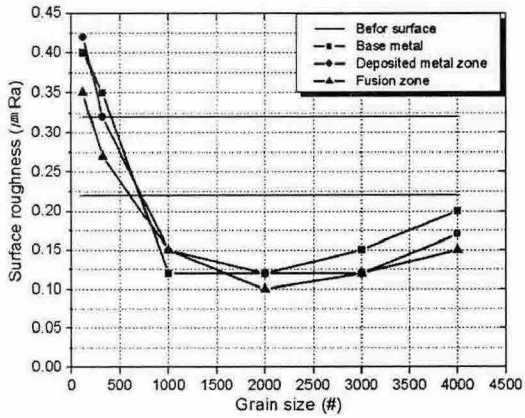


Fig. 4 Surface roughness according to grain size

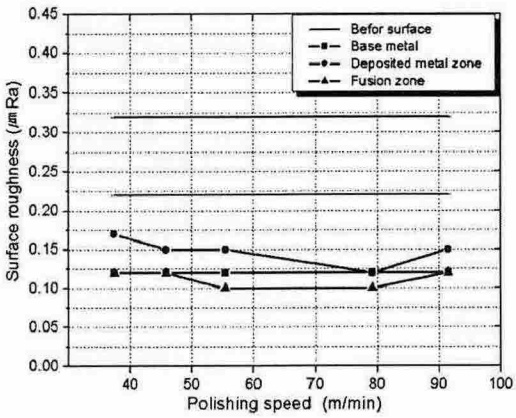


Fig. 5 Surface roughness according to polishing speed

3.3 Magnetic flux density의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향

자속밀도의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위해 자속밀도를 1000, 2000, 3000, 4000, 5000G로 변화를 주고 연마속도 79.2m/min, 자속밀도 5000G, 이송속도 0.15mm/rav, 연마횟수 2pass, 입도 #2000의 자기연마로 가공을 수행하였다. Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 자속밀도가 증가함에 따라 파이프 내면의 거칠기 값이 향상되는 경향을 보인다. 이는 자기력과 연마재의 강력한 흡인력으로 파이프 내면과 자기 브러시 사이의 강한 연마력이 작용하기 때문이다.

3.4 Feed rate의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향

이송속도의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위해 이송속도를 0.15, 0.24, 0.36, 0.44, 0.53mm/rav로 변화를 주고 연마속도 79.2m/min, 자속밀도 5000G, 연마횟수 2pass, 입도 #2000의 자기연마재로 가공을 수행하였다. Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 이송속도가 증가함에 따라 파이프 내면 거칠기 값이 나빠짐을 알

수 있었다. 이송속도는 파이프 제조 시간과 직접적인 연관이 있기 때문에 이송속도를 빠르게 하면서 양호한 거칠기 값을 얻기 위해서는 자기연마재와 파이프 내면의 접촉 면적을 더 넓게 해야 한다. 자기력 발생 장치인 폴의 형상을 더 넓게 설계하고 고효율의 자기연마재의 개발이 필요하다.

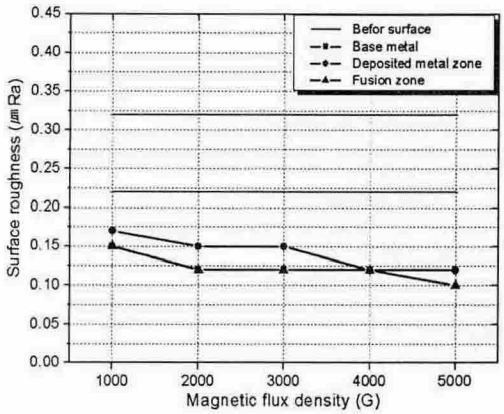


Fig. 6 Surface roughness according to magnetic flux density

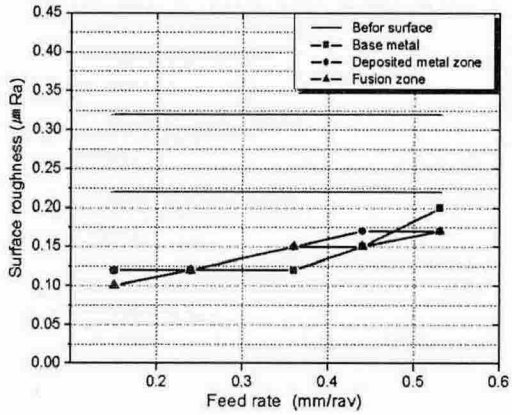


Fig. 7 Surface roughness according to feed rate

3.5 Pass number의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향

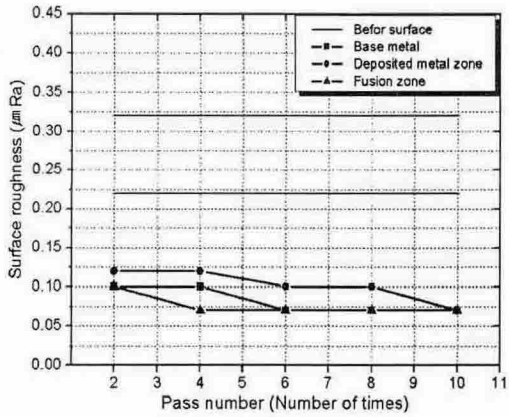


Fig. 8 Surface roughness according to pass number

연마횟수의 변화가 파이프 내면 거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위해 연마횟수를 2, 4, 6, 8, 10회로 변화를 주어 연마속도 79.2m/min, 자속밀도는 5000G, 이송속도 0.15mm/rav, 자기연마재 입도 #2000으로 자기연마 가공을 수행하였다. Fig. 8에서 볼 수 있는 바와 같이 가공횟수가 증가함에 따라 파이프 내면의 거칠기 값이 향상 되는 것을 알 수 있었다. 모든 가공조건에서 모재와 변질부의 내면 거칠기 값이 0.1㎛Ra이하였다. 6pass 이상의 가공에서 파이프 내면의 전 부분에서 0.1㎛Ra이하의 양호한 거칠기 값을 얻을 수 있었으나 가공시간이 길어져 실제 파이프 제조에 적용하기 힘들기 때문에 어닐링 하여 내부의 잔류응력을 없애고 결정립을 표준화 시킨 후 자기연마 가공을 수행한다면 2pass가공에서도 파이프 내면 거칠기 값이 0.1㎛Ra의 평활한 가공이 될 것으로 기대된다.

4. 결 론

위생용 STS304 용접파이프 내면의 자기연마를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 연마속도 79.2m/min, 자속밀도 5000G, 이송속도 0.15mm/rav, 연마횟수 2pass, 입도 #2000의 자기연마재로 연마했을 때 0.1㎛Ra의 거칠기 값을 얻을 수 있었다.

2) 전자석의 자속밀도가 증가함에 따라 거칠기 값이 향상됨을 알 수 있었다.

3) 이송속도가 증가함에 따라 거칠기 값이 나빠짐을 알 수 있었다.

4) 자기연마법을 활용함으로써 작업의 안전성을 높이고 청정 파이프 제조분야에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1) H.N. Kim, Y.K. Yun, J.W. Shim, "Ultra Finishing by Magnet-Abrasive Grinding for Internal-face of STS304 Pipe", Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference, pp.947-952, 2001.10.

2) H.N. Kim, Y.K. Yun, J.W. Shim, "Super Precision Finishing of Internal-face in STS304 Pipe Using The Magnetic Abrasive Polishing", Journal of the Korea Institute of Industrial Safety, Vol. 17, No. 3. pp.30-35, 2002.

3) H.N. Kim, S.K. Song, Y.J. Chung, Y.K. Yun, H.W. Kim, S.W. Cho, J.W. Shim, "Development of The Magnetic Abrasive Using Ba-Ferrite", Journal of the Korea Institute of Industrial Safety, Vol. 18, No. 2. pp.46-49, 2003.

4) H.N. Kim, S.K. Song, Y.K. Yun, H.W. Kim, S.B. Kim, H.J. Ahn, J.W. Shim, "The Effects of Ba-Ferrite Magnetic Abrasive Behavior on Polishing Characteristics" , Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference, pp.565-568, 2003.6.