

# 조직 손상 최소화를 위한 스테인리스 스틸(316L)의 표면처리 연구 Development of Surface Treatment on 316L Stainless Steel for Minimizing the Damage of Tissue

\*조성만<sup>1</sup>, #이경엽<sup>2</sup>, 백영남<sup>3</sup>

\* S. M.Cho<sup>1</sup>, #K. Y. Rhee<sup>2</sup> (kyrhee@khu.ac.kr), Y. N. Paik<sup>3</sup> (ynpaik@khu.ac.kr)

<sup>1</sup> 경희대학교 테크노공학대학 기계공학과, <sup>2</sup> 경희대학교 테크노공학대학, <sup>3</sup> 경희대학교 테크노공학대학

Key words : Stainless Steel( 316L), Electro Polishing, Bio Material, Tissue Biopsy, Surface Treatment

## 1. 서론

의료공학 분야에서 비접촉식 영상 촬영 기법이 발달하면서 초음파 검사(Ultrasonography)는 조직 내부의 접촉없이 빠르게 환자들을 검사할 수 있게 되었다. 즉, 내부에 어떠한 이물질 삽입없이 효과적으로 관찰할 수 있기 때문에 간질환(Hepatic disease)과 같은 병을 검사하기 위한 영상 진단 방법으로 채택되고 있다. [1-3] 하지만 간경변을 가진 환자들에게 행해지는 초음파 검사는 간세포 (Hepatocellular)의 암종을 유발할 수 있는 높은 위험을 수반하고 있기 때문에 결정적인 간세포 암종의 진단을 위해서는 여전히 조직 생검(Tissue Biopsy)을 요구하게 된다. [4-6] 조직생검은 조직 세포를 효과적으로 측정하기 위해 조직 원형 그대로를 추출해야 하는 것이 기본이다. 하지만, 조직 생검시 금속으로 만들어진 Needle 이 조직으로 들어가 조직을 추출하는 과정에서 Needle 의 표면거칠기로 인해 장기와 조직에 미세한 손상을 줄 수 있고 Needle 과 주변 조직의 산화 환원 반응에 의한 이온 용출로 인하여 조직 자체가 변질될 수 있다. 따라서, 이에 대한 해결 방법으로 기존 Needle 에 인체 친화적인 세라믹을 고밀도 플라즈마 코팅기술로 적용하기 위한 방법이 H. Fukuda. *et al*[7] 및 I. Gurappa[8]에 의해 연구되어왔다. 그리고, 재료의 표면거칠기와 친수성 향상은 코팅에 영향을 미치는 요소로서 접촉강도를 결정하는 중요한 요소 중에 하나이다.[9]

본 연구에서는 Needle 에 쓰이는 스테인리스 스틸(SUS 316L) 과 동일한 평판을 이용하여 기계적 연마 (Mechanical Polishing) 및 전해연마(Electropolishing)를 시행하여 시간에 따른 표면 거칠기를 측정하였다. 그것은 시편 표면과 세라믹의 증착에 대한 밀착성을 고려하여 표면거칠기를 최적화한다는 것을 의미한다. 그리고, 반응성 가스가 미치는 영향을 규명하기 위해 표면처리를 시행한 후 접촉각을 확인하여 표면의 친수성을 검토하였다.

## 2. 시편제작 및 실험방법

본 연구에서 사용된 스테인리스 스틸(316L)은 니켈(Nickel)에 의해 안정화된 오스테나이트(Austenitic)상을 가진 오스테나이트 계열 AISI SUS 316L 로 의료용, 치과용으로 폭넓게 적용되고 있다.[10] 따라서, 본 연구는 생체재료로 사용되어온 AISI SUS 316L 을 채택하였으며 그 형상과 성분비는 Fig. 1.과 Table 1.에 나타나 있다.

전해연마 전 #800, #1000, #1200, #2000 의 연마입자로 폴리싱하여 시편의 표면 거칠기 전, 시각적으로 나타나는 스크래치를 1 차 제거하였으며 시편 표면에 잔류하는 유기물 및 불순물 제거를 위해 아세톤으로 15 분간 초음파 및 증



Fig. 1 Schematic diagram of the specimen

Table 1. Composition of AISI SUS 316L

Element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
Wt.%	0.019	0.57	0.69	0.025	0.003	12.24	17.69	2.2	balance

류수로 세척한 후 건조하였다. 전해연마는 최대 10V, 10A 까지 인가할 수 있는 전류기를 사용하였다. 스테인리스 스틸로 제작된 지그를 이용하여 인산( $H_3PO_4$ ) 과 황산( $H_2SO_4$ ) 그리고, DI Water 를 전해액의 재료로 사용하였으며 각각 5:2:3 비율로 혼합하여 그 전해액에 시편을 반응시켰다.[11] 음극과 양극에 탄소봉과 시편을 연결하였으며 음극에 연결된 탄소봉과 양극에 연결된 시편의 간격은 5mm, 전압은 8.5V, 온도는 65℃를 일정하게 주어서 시간에 따라 각각 0, 1, 2, 5, 10, 15 분씩 전해연마를 시행하였다. 접촉각은 표면의 친수성을 나타내는 척도로 코팅 시 접착력에 대하여 반응 정도 및 접촉 강도가 증가하는 요소로 작용한다. 따라서, 반응성 가스 및 표면처리 시간이 접촉각에 미치는 영향을 규명하기 위해, 스퍼터 장비의 전처리 조건으로는 200W, 15SCCM 을 설정하였고 5mtorr, 10mtorr 의 조건으로 두 경우의 반응성 가스 (Argon, Oxygen) 에 대하여 5 개의 시편을 사용하여 전처리를 실시하였으며, 시편당 2 회 접촉각을 측정하여 최대, 최소값을 제외한 평균값을 적용하였다. 시간은 네 단계 (0, 3, 5, 10 min)로 변화시켜 접촉각의 변화를 검토하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 2.는 전해연마에 따른 SUS 316L 의 표면거칠기(산술평균값, Ra)를 나타낸다. 전해 연마 후에 표면 거칠기 값은 초기 1 분 안에 현저하게 낮아짐을 알 수 있으며, 5분에서 최소가 됨을 확인할 수 있다. 즉, 전해연마 전 어떤 처리도 하지 않은 상태에서 시편 표면 거칠기는 0.206  $\mu m$  로 전해연마 후 최소 평균값인 5 분의 0.034  $\mu m$  에 비해 약 6 배가 높음을 알 수 있다. 하지만 5 분 이후부터는 오히려 표면 거칠기 값이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 5 분을 최대값으로 하여 그 이후에는 표면의 전해연마 수준은 상대

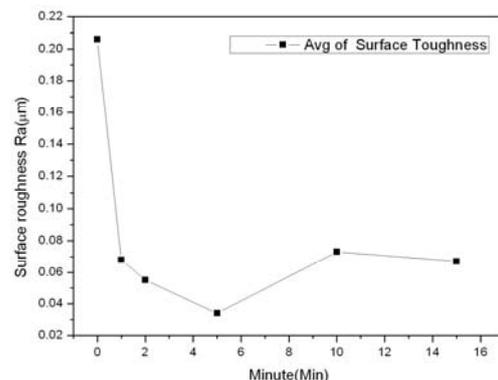


Fig. 2. Average value of surface roughness

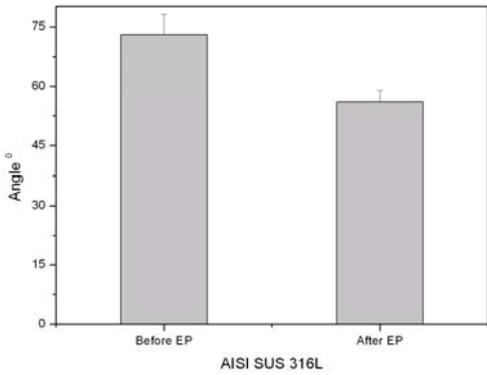


Fig. 3 Comparison Before EP and After EP Contact angle

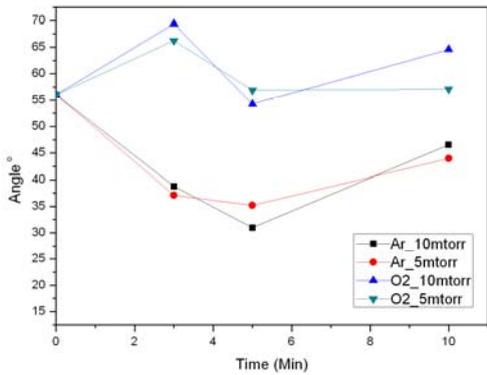


Fig. 4. Contact angle of Ar and O<sub>2</sub> Gas processed surface

적으로 감소하나 그 이후에 표면에 생긴 미세한 Pitting 이 과도하게 부식됨으로 인해 움푹 패인 모양으로 반복, 확장되어 표면거칠기에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Fig. 3 는 전해연마 전, 후의 접촉각에 대한 차이를 나타낸 값이다. 최초 접촉각은 73° 로 금속이 가지는 일반적인 접촉각을 유지하였다. 전해연마 후의 접촉각은 위의 그래프에서 보는 바와 같이 약 56° 를 유지하였는데 이것은 전해연마가 표면거칠기를 감소시켜 친수성이 향상되어 접착력을 증가할 것이라 판단할 수 있는 근거가 된다.

Fig. 4 는 Argon, Oxygen 의 경우에 대한 반응성 가스의 결과값을 그래프화 한 것이다. 2 개의 반응성 가스에 대하여 전처리를 시행하였을 때 Oxygen 은 아무런 영향을 끼치지 못하였으나 Argon 의 경우 10mtorr 의 압력 내에서 5 분의 시간을 주었을 때 접촉각이 최대 31° 로 초기 73° 에 비해 2.35 배 가량의 차이를 보였으며, 이것은 반응성 가스를 주어 전처리를 행하였을 때 그 친수성이 증가함을 나타낸다. 하지만 5 분 이후에는 오히려 접촉각이 증가하는데 이것은 반응성 가스가 시간이 증가함에 따라 시편 일정 부분에 쌓이면서 시편 자체에 존재하는 표면 에너지에 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

**4. 결론**

조직생검용 Needle 에 세라믹 코팅 전 강도 및 접착력을 최적화하기 위한 방안으로 다음을 시행하여 결론을 얻었다.

1. 전해연마(Electropolishing)를 통하여 표면 거칠기를 최초 0.206 μm 에서 0.034 μm 로 줄여 약 6 배 가량 평탄하게 만들었다.

2. 전해연마는 5 분에서 최소가 됨을 확인하였다.
3. Argon 과 Oxygen 표면처리를 시행 후 접촉각을 통하여 확인하였을 때 Oxygen 은 금속 표면에 영향을 주지 못했으나, Argon 은 큰 변화를 가져왔다.
4. Argon 으로 5 분간 표면처리 해주었을 때 전해연마 전 접촉각이 최초 73° 에서 전해연마 후 31° 로 2.35 배의 차이를 보였다.

**후기**

이 논문은 2007 년 학술진흥재단에서 시행하는 지역우수과학자지원사업(과제번호:KRF-2007-521-D00013)에 의하여 연구되었음.

**참고문헌**

1. Ohto M, Karasawa E, Tsuchiya Y, Kimura K, Saisho H, Ono T, et al. Ultrasonically guided percutaneous contrast medium injection and aspiration biops:171-176.
2. Caturelli E, Bartolucci F, Biasini E, Vigliotti ML, Andriulli A, Slena DA, et al. Diagnosis of liver nodules observed in chronic liver disease patients during ultrasound screening for early detection of hepatocellular carcinoma. Am J Gastroenterol 2002;97:397-405.
3. Zimmerman RL, Burke M, Young NA, Solomides CC, Bibbo M. Diagnostic utility of Glut-1 and CA 15-3 in discriminating adenocarcinoma from hepatocellular carcinoma in liver tumors biopsied by fine-needle aspiration. Cancer 2002;96:53-57.
4. Fornari F, Filice C, Rapaccini GL, Caturelli E, Cavanna L, Civardi G, et al. Small (<3 cm) hepatic lesions: Results of sonographically guided fine-needle biopsy in 385 patients. Dig Dis Sci 1994;39:2267-2275.
5. Buscarini L, Fornari F, Bolondi L, ColoMbo P, livraghi T, Magnolfi F, et al. Ultrasound guided fine-needle biopsy of focal liver lesions: Technigues, diagnostic accuracy and complications. A retrospective study on 2091 biopsies. J Hepatol 1990;11:344-348.
6. Rapaccini GL, Pompili M, Caturelli E, Fusilli S, Trombino C, Gomes V, et al. Ultrasound-guided fine needle biopsy of hepatocellular carcinoma: Comparison between smear cytology and microhistology. Am J Gastroenterol 1994;6:898-902.
7. Hiroyuki Fukuda, Yukio Inokuti, et al. Aspiration Biopsy using New Ceramic-Coated Stainless Steel Puncture Needle: Wiley InterScience 2004;6:392-397
8. I. Gurappa. Development of appropriate thickness ceramic coatings on 316L stainless steel for biomedical applications: Surface and Coatings Technology 2002;5:70-78
9. J. M. Lackner, W. Waldhauser, M. Schwarz, et al. Polymer pretreatment by linear anod layer source plasma for adhesion improvement of sputtered TiN coatings: Vacuum 2008;83:302-307
10. ASTM Standard specification, ASTM, Philadelphia, PA, 1982, F55.
11. E.-S. Lee. Machining Characteristics of the Electropolishing of Stainless Steel(STS 316L):Advanced Manufacturing Technology 2000;16:591-599