

포토에칭법에 의한 Digitron용 Grid제조에 관한 연구

김 만, 이종권*

한국기계연구원 재료공정부, *순천향대학교 재료공학과

The Fabrication of Digitron Grid by Photoetching Process

M. Kim and J. K. Lee*

Dept. of Materials Processing, Korea Institute of Machinery and Materials, 66 sangnam-dong,

Changwon, Kyungnam, 641-010, Korea

*Dept. of Material Engineering, Soonchunhyang University, Asan

P.O.Box 97, Asan, Chungnam, 337-745, Korea

Abstract

A photoetching process is widely used for small and high precision parts in machinery, electronic and semi-conductor industries. One of the high precision parts, grid is very important part of digitron which use electron display, and it is fabricated by only photoetching process because of high precision.

In this study, to develop high precision digitron grid, characteristics of etching solution were investigated with electrochemical test, that was potentiodynamic test and immersion test in the ferric chloride solution and added some additives. Based on the electrochemical etching test, grid was fabricated by continuous photoetching process at various etching condition. From the result of measured line width and etching depth under-cut and etching factor were calculated. For the fabrication of 25 μ m line width, optimal etching condition was etching temperature 40~45 $^{\circ}$ C, spray pressure 1.5kg/cm 2 and etching time 3~4min.

1. 서 론

최근 산업이 고도로 발달함에 따라 모든 제품들이 소형화되면서 기능은 보완되고 성능은 더 우수한 쪽으로 개발이 되면서 여기에 소요되는 부품도 소형이면서 높은 정밀도를 요구하게 됨에 따라 포토에칭에 의한 가공기술이 정밀부품의 제조에 널리 활용되고 있다. Grid는 digitron에 사용되는 필수 부품으로 소형이면서 높은 정밀도를 요구하기 때문에 금형에 의한 타발로서는 가공이 어렵고 가공을

하더라도 정밀도가 낮아 회수율이 적고 가공중에 발생하는 열이나 응력으로 인하여 제품이 틀어지거나 변형되기 때문에 양산에 문제점이 많아 전량 포토에칭 공정으로 생산되고 있다. 특히 grid의 경우 40~50 μ m의 스텐레스 박판을 선풍 25 μ m의 정밀도로 가공하여야 하므로 포토에칭에 의한 가공기술도 매우 어려운점이 많다. 포토에칭기술은 감광성 수지(이하 PR로 약칭)와 사진기법을 이용해서 가공하고자하는 물체에 PR을 도포하고 여러가지 형태의 무늬나 도면을 제작한 후 화학적 또는 전기화

학적으로 나머지 부분을 제거하여 제품이나 형상을 가공하는 기술로 포토에칭에 대한 수요가 급증하고 정밀한 제품이 요구됨에 따라 포토에칭에 대한 연구¹⁻¹⁶⁾가 많이 진행되고 있으며 반도체 분야에서는 초정밀 미세가공에 포토에칭기술이 필수적인 기술이 되었다. 그러나 국내에서의 포토에칭기술에 대한 전문적인 연구는 별로 되어있지 않아 에칭가공에 필요한 가공factor에 대한 자료가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 grid를 가공하기 위하여 스테인리스 판재를 양면으로 에칭할때 에칭액의 온도와 분사압력에 따른 선평의 변화를 측정하여 에칭factor를 구하고 에칭상태를 관찰하여 grid제작을 위한 에칭의 기초자료를 마련하고자 하였다.

2. 실험 방법

Grid에칭기술은 원하는 선평이나 깊이로 가공하기 위하여 각 공정별로 정밀도가 높은 장비와 설비를 이용하여 각별히 신경써야 각 공정에서의 오차를 최소화하여 가공할 수 있다. 여러공정을 거치는 동안 각 공정에서 오차가 생기면 누적되어 최종적으로 당초 설계한 것과 많은 차이가 있게된다. Grid의 양면에칭을 위하여 각 공정을 요약하여 나타내면 Fig. 1과 같다.

2. 1 전기화학실험

2. 1. 1 부식 실험

본 연구에서는 두께 0.7mm의 STS304판을 가공하여 부식속도 측정용 시편으로 사용하였다. 포토에칭시 사용되는 염화제2철 용액에서의 부식속도를 측정하기 위하여 potentiodynamic방법에 의한 분극 실험과 침적 전후의 무게감량 측정에 의한 침적 실험의 두가지 방법을 사용하였다.

분극 실험은 digital제어 방식의 potentiostat(내부저항 10G Ω 이상)을 사용하였으며 5분간 용액에서 유지하여 측정된 부식 전위보다 100mV 낮은 전압에서 시작하여 1mV의 scan rate로 측정하여

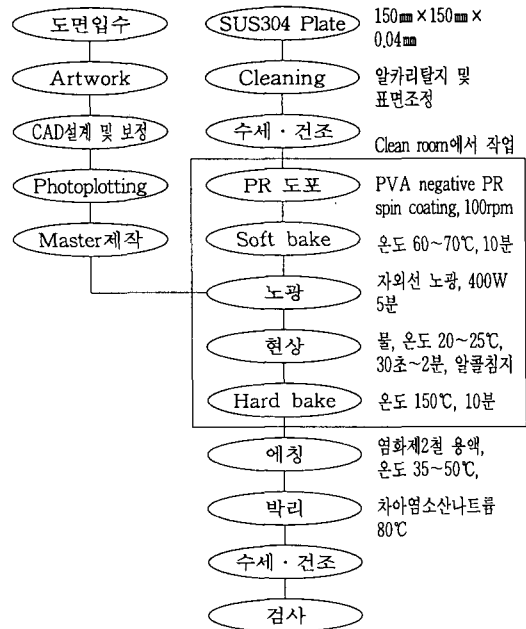


Fig. 1 Schematic diagram of photoetching process.

personal computer로 data 처리하여 분극곡선을 구하였다. 분극 실험장치의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

부식cell은 1 l 용량의 5구 flask를 사용하였고 기준전극으로는 포화 칼로멜전극을, 보조전극으로는 15x15mm의 백금판을 사용하였다. 작용전극인 시편은 스테인리스판을 직경 13-15mm의 disc 형으로 가공하여 flat specimen holder로 고정하여 1cm²의 면적만 노출되도록 하였다. 실험용액은 FeCl₃ 1 mol과 3 mol용액을 만들어 염산 1-6ml 첨가하였을 때의 부식속도를 측정하고 분극 실험후 시편의 외관을 관찰하였다. 실험온도는 25°C, 40°C와 50°C의 세 온도로 hot bath내에 담구어 온도를 유지하였고 온도편차는 1°C이내가 되도록 하였다.

침적실험시에는 시편을 15x15mm로 절단하여 양쪽을 800번의 sand paper로 연마하여 표면 상태를 일정하게 하였고 각 조건 마다 3개의 시편을 실험하여 그 평균치를 취하여 mg/cm²/hr로 나타내었다.

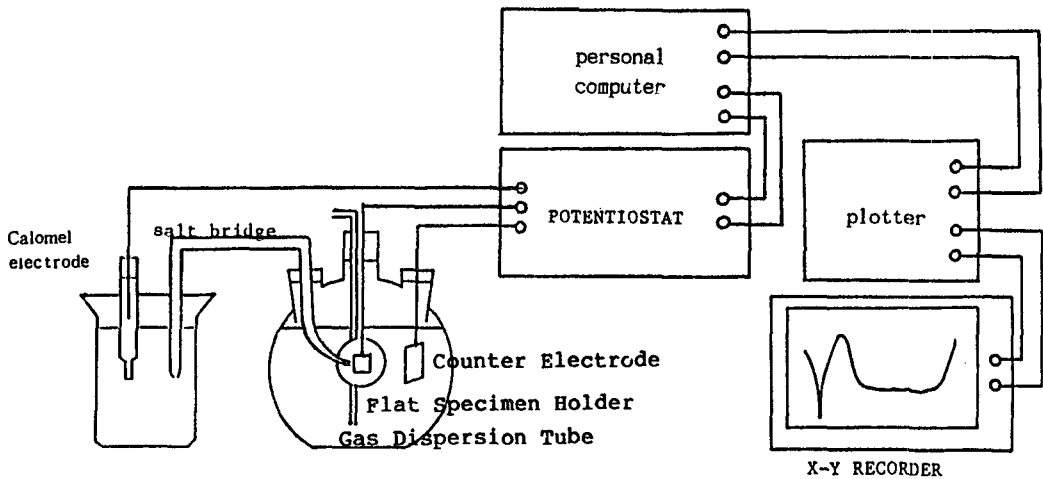


Fig. 2 Schematic diagram of polarization experiment.

2. 1. 2 표면거칠기

침적실험 후 시편의 표면상태를 관찰하기 위하여 Mitutoyo사의 표면거칠기시험기 Surf test 201(Diamond tip radius : 5 μ m, 측정범위 : 0.05-40 μ m)로 측정하여 평균값(Ra)으로 나타내었다.

2. 2 Photoetching공정

2. 2. 1 master제작

Master제작은 포토에칭을 위하여 가장 기초적인 공정이면서 가장 중요한 공정중의 하나로 master가 정밀하고 깨끗하지 않으면 노광공정에서 자외선으로 노광하여도 노광된 부분과 노광되지 않은 부분으로 정확하게 구별되지않아 정밀한 에칭을 기대하지 못할뿐 아니라 작은 편흔이나 점, 얼룩 등이 존재하면 현상공정 후 노출된 금속의 표면상태가 불균일하여 에칭공정 초기에 노출된 스테인리스가 균일하게 에칭되지않고 부분적인 미세에칭이나 과에칭 등의 현상이 나타나므로 특히 정밀도를 요구하는 제품에는 master의 제작에 특별히 신경써야한다. 제작된 master를 사용하여 평활한 유리판에 다시 PR을 코팅하여 노광 후 현상하여 glass mask를 제작하였다. Master의 선폭설계는 Fig. 3의 에칭 factor 개념하에 통상적인 스테인리스의 에칭 factor

가 약1 정도인점을 감안하여 에칭 factor 0.8과 1.1을 선정하여 에칭 후 남아 있는 선폭을 25 μ m로 가공하기 위하여 75 μ m와 63 μ m의 선폭으로 master를 제작하여 사용하였다.

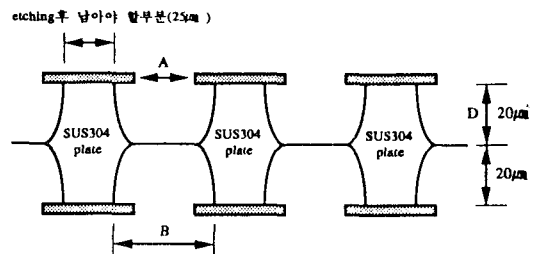


Fig. 3 Conceptual drawing of line width designing compensating side etching.

Fig. 4는 실제로 제작한 grid제조용 master이다.

2. 2. 2 Grid용 재료

Grid etching용 재료는 독일 FERROSTAL사의 냉연 STS304박판으로 폭 305mm, 두께 40 μ m, 비커스경도 397이었고 150 \times 150mm로 절단하여 사용하였으며, 화학적조성 및 기계적성질은 Table 1과 같다.

2. 2. 3 Cleaning

Cleaning공정은 PR의 밀착력을 향상시키기 위

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of stainless steel

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Composition	0.09	0.57	0.96	0.029	0.01	18.3	7.11
Yield Strength	Tensile Strength		Elongation		Vickers Hardness		
122.1 kg/mm ²	143.7 kg/mm ²		15.0%		397		

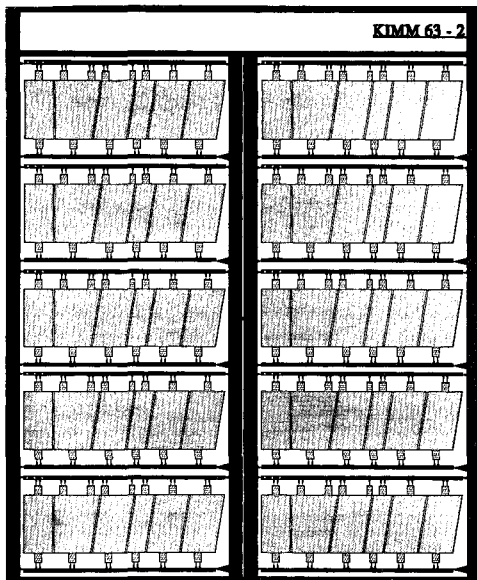


Fig. 4 Master for mass production.

하여 스테인리스 박판에 부착된 먼지, 기름, 지문 등의 이물질 제거하는 공정으로 PR이 스테인리스 박판에 도포되었을 때 박리되는 것을 방지한다. 밀착력이 불량하면 현상이나 에칭공정에서 PR이 박리되어 정밀도를 기대할 수 없으며 cleaning공정에서 부분적으로 표면상태가 달라지면 에칭공정에서 균일하게 에칭되지 않고 불균일한 에칭이 일어나 부분적으로 선평의 두께가 차이나는 현상이 나타난다.

본 연구에서는 스테인리스 박판을 알카리 탈지 후 중류수로 세척하고 알코올에 침지하여 열풍으로 건조하였다.

2. 2. 4 PR도포

선평이 가는 제품을 photoetching으로 가공할 경우에는 매우 고정밀도를 요구하기 때문에 공기중에 존재하는 미세한 불순물이나 먼지 등이 PR도포시 유입되면 선평이 부분적으로 끊어지거나 에칭되지 않는 부분이 발생하여 제품불량의 원인이 된다. 따라서 PR도포 공정에서 hard baking공정까지는 clean room에서 작업하지 않으면 불가능하다. PR도포는 cleaning한 스테인리스 박판에 양면으로 PR을 피복하는 공정으로 spin coater를 사용하였다. Spin coater는 고속으로 회전하는 원형판 위에 가는 흠이 가공되어 있어, 스테인리스 박판을 위에 놓고 아래에서 진공으로 하면 스테인리스 박판이 원형판과 진공이 되면서 밀착된다. 본 실험에 사용한 PR은 PVA base 크롬계 PR로 100rpm의 저속으로 회전시키면서 한쪽면을 도포하고 60℃로 5분간 건조하고 뒷면을 다시 코팅한 후 60℃로 10분간 건조하여 양면코팅을 하였다.

2. 2. 5 노광

노광공정은 제작한 2개의 glass mask 사이에 PR이 도포된 스테인리스 박판을 놓고 자외선을 노광하면 glass mask의 음양 차이에 따라 PR이 노광되는 부분과 노광되지 않는 부분으로 분리되게 된다. 노광은 PR도포된 스테인리스 박판과 glass mask를 노광기 중간에 있는 jig위에 설치하고 진공펌프로 진공을 뽑으면 glass mask와 박판과 PR이 완전하게 밀착된다. 밀착불량이 되면 밀착불량된 거리만큼 비스듬하게 노광되어 정밀한 제품을 제조할 수 없다. 수은전구는 사용함에 따라 노화되어 광량이 점차 줄어 들었으므로 광량을 측정하여 적정노출이 유지되도록 하였다.

2. 2. 6 현상

노광공정을 거친 스테인리스 판재는 자외선에 의해 빛을 받은부분과 빛을 받지않은 부분으로 분리만 되어있을 뿐이다. 따라서 빛을 받은 부분은 경화되어 현상시 그대로 남고 빛을 받지않은 부분은 녹아나와 스테인리스 박판이 노출된다. 수용성 PVA수지의 현상은 실온에서 수도물로 현상이 가능하며 연속작업시 25-30℃의 따뜻한 물로 현상기를 사용하여 물을 분사시킴으로써 현상이 균일하고 깨끗하게 되었다.

2. 2. 7 hard baking

현상공정이 끝난 PR피막은 건조되어 있는 상태로 피막이 연하고 무르기 때문에 기계적인 충격이나 굽힘에 약할뿐 아니라 에칭공정시 박리되거나 부분적으로 침식되어 에칭되지 않아야 할 부분에 에칭되는 경우가 있다. 따라서 피막을 경화시키는 공정이 필요하다. 수용성PVA수지 PR피막은 hardening처리 하기전에 우선 8%의 크롬산용액에 20-30초간 침지하여 수지가 크롬산과 반응하여 육안으로 관찰하기 쉽고 수지자체도 경화시킨 후 물로세척하고 알코올에 5초간 침지하여 건조하고 65℃로 약 5분간 수지를 건조한 후 130-150℃ dry oven에서 hard baking하였다.

2. 2. 8 에칭

현상과 hard baking공정이 끝난 스테인리스 판재는 master와 똑같은 형태로 선명하게 육안으로 구별이 가능하지만 선폭이 너무 미세하여 육안으로는 불량이 있어도 구별이 거의 불가능하다. 따라서 현미경으로 확대하여 관찰한 후 깨끗한 것들만 선별하여 에칭실험에 사용하였다.

에칭공정은 노출된 스테인리스를 에칭액으로 녹여내는 공정으로 PR이 경화된 부분은 에칭액이 침투되지않고 PR이 박리된 부분에는 스테인리스가 노출되어 있으므로 에칭액이 쉽게 침투하여 녹아나게 된다. 본 연구에 사용한 에칭액은 스테인리스 및 기타 금속에칭에 가장 널리 이용되고 있는 42% 염화제2철용액을 사용하여 온도 35-50℃에서 실험

하였다. 연속에칭기는 국내에서 제작한 것으로 conveyor type으로 현상된 스테인리스 박판이 conveyor를 타고 들어가면 에칭기의 아래.위에 설치된 노즐에서 에칭액이 중앙으로 분사되면서 양면에칭 된다. 본 장비의 유효에칭 zone의 길이는 90cm로 conveyor속도를 조절함으로써 에칭시간을 변화시키고 분사압력은 에칭기 중간에 설치된 압력계를 조절하여 0.6~1.5kg/cm²의 범위에서 변화시켰다.

2. 2. 9 PR박리

에칭이 끝난 스테인리스 판재는 PR을 박리하여야 스테인리스로 형성된 제품이 완성된다. PVA수지의 박리는 5% 차아염소산나트륨 용액을 80℃로 가열하여 1분간 침지하여 박리하였으며 박리가 끝난 제품은 수세, 건조 후 에칭상태를 조사하고 현미경으로 관찰하여 side etching 등의 영향을 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3. 1 전기화학 시험

3. 1. 1 염화제2철 농도의 영향

염화제2철의 농도가 가공 속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 25℃에서 0.25-4 mol의 농도 범위에서 부식속도를 Tafel외삽법으로 측정하였다. 측정에 사용된 분극곡선은 Fig. 5에 나타내고 여기서 구한 측정치들을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Results of polarization studies in STS304 at 25℃.

Concentration of FeCl ₃ , mol	OCP, mV	<i>i</i> _{corr} , μA/cm ²
0.25	81	13
0.5	92	37
1	83	298
2	8	12800
3	-139	11300
4	-178	13800

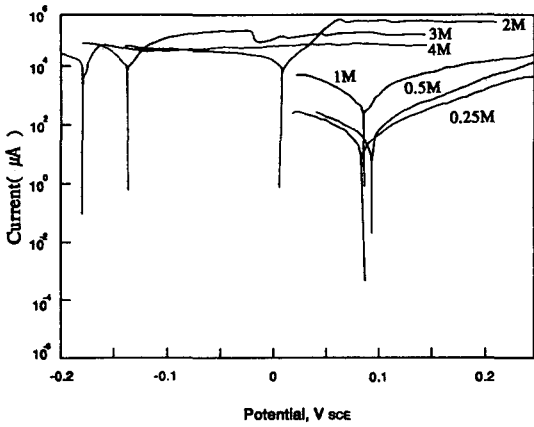


Fig. 5 Polarization curves of STS304 stainless steel in FeCl₃ solutions at 25°C.

Table 2에 나타난 바와 같이 0.25-1 mol 범위의 농도에서는 부식전위는 큰 변화가 없으나 2 mol 이상의 농도에서는 염화제2철의 농도가 높아질수록 부식전위는 더욱 active한 방향으로 이동하여 3 mol에서는 약 -140mVsce, 4 mol에서는 -178 mVsce의 값을 보였다.

부식전류도 염화제2철의 농도와 밀접한 관계를 가지고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 6은 염화제2철 농도에 따른 부식전류의 변화를 나타낸 것으로 부식전류는 0.25-2 mol의 농도범위에서는 지수함수적으로 증가하다가 2 mol 이상에서는 농도가 증가하여도 전류밀도가 크게 변화하지 않았다. 이것은 2 mol이하의 농도에서 염화제2철과 Fe가 반응하는 속도는 activation barrier를 넘는 속도에 의존

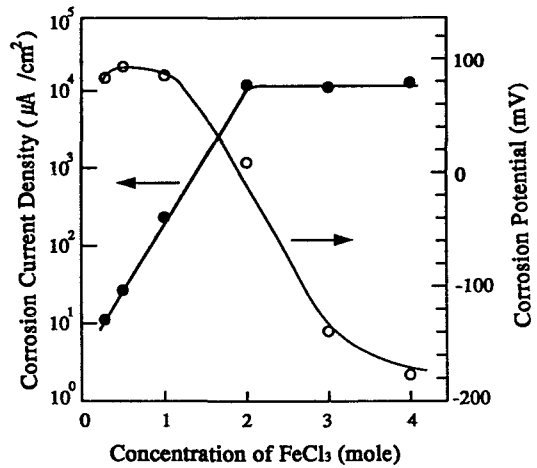


Fig. 6 Corrosion current as a function of FeCl₃ concentration.

하는데 비하여 2 mol 이상에서는 활성화 barrier보다는 확산에 의하여 반응속도가 지배되기 때문으로 생각된다. 따라서 침적법에 의하여 부식을 시킬때 부식속도는 2 mol 이상을 유지하면 가공에 적합한 것으로 생각되나, 분무법에 의하여 가공할때는 강제순환을 시키므로 침적법보다 확산속도가 빠르기 때문에 이보다 높은 농도에서 가공하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

3. 1. 2 온도의 영향

1 mol과 3 mol 염화제2철용액에 대하여 온도를 25°C에서 50°C로 변화시킴에 따라 부식속도를 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Results of immersion corrosion test in FeCl₃ solution.

Amount of HCl(mℓ/ℓ)	Weight Loss (mg/cm ² /hr)						
	0	1	2	3	4	5	6
mol, Temperature							
1 mol, 25°C	18	31	40	14	29	31	25
1 mol, 40°C	37	53	35	48	35	24	37
1 mol, 50°C	56	78	54	85	52	49	46
3 mol, 40°C	33	51	67	62	43	46	38
3 mol, 50°C	51	59	63	75	63	59	49

Table 3에는 각 기본용액에 1-6ml/l 염산을 첨가하였을 때 염산에 의한 부식속도 변화를 함께 나타내었다. Table 3에서 알 수 있는 바와같이 대부분의 조성에서 온도가 증가함에 따라 부식속도는 증가하였다. 1 mol 용액에서 실험한 후 시편에는 온도에 관계없이 모든 시편에 많은 수의 검은색 pit를 볼 수 있었으나, 온도가 증가함에 따라 pit의 크기는 작아지고 수는 많아지는 경향이 있었다. 그러나 3 mol 용액에서는 검은색 pit는 나타나지 않고, 굴곡이 심한 거친 상태가 되었다. 또한 거친 정도에 있어서도, 온도가 높을수록 pit의 생성과 성장속도가 빨라지기 때문에 3 mol 용액에서는 부식속도가 높고 pit성장속도가 빨라져서 인접한 pit가 서로 만나서 합병되어 외견상 pit는 눈에 띄지 않게 되고 거친 표면만 남게 된 것으로 생각되며, 분극곡선에서 매우 큰 부식속도를 얻은 결과와도 일치하고 있다. 그리고 고온에서는 부식속도가 더욱 가속되어 합병이 조기에 일어나게 되므로, 상대적으로 표면이 덜 거칠게 부식되는 것으로 생각된다.

3. 1. 3 염산 농도의 영향

Table 3에 있는 1 mol과 3 mol 염화제2철용액에 1-6ml의 염산을 첨가하였을 때의 부식속도를

Fig. 7에 염산농도의 효과로 나타내었다. 염산첨가시의 부식속도를 측정하기 위하여 분극곡선에 의한 Tafel외삽법을 시도하였으나, 염산첨가에 의한 효과가 분극곡선에 거의 나타나지 않았기 때문에 측정자료를 별도로 나타내지 않았다.

염화제2철 용액에서는 1 mol 용액과 3 mol 용액에서 모두 염산첨가에 따라 부식 속도가 증가하다가 어느 양을 넘으면 부식속도가 감소하는 것을 알 수 있다. 유리산의 농도가 높으면 가공속도가 변하며 가공 후 표면상태에 까지 영향을 주게 된다고 알려져 있으나 유리산이 가공속도에 미치는 효과에 대하여는 서로 상반되는 보고가 발표되어 있다. Allen등¹⁷⁾은 유리산의 농도가 높으면 부식속도가 감소한다고 하였으나 Visser¹⁸⁾는 농도가 높을수록 부식속도가 증가한다고 보고하였다. 그러나 본 연구결과에 의하면 유리산이 부식속도를 감소시키거나 혹은 부식속도를 증가시키는 등의 일방적인 효과를 가지는 것이 아니라 어느정도까지는 부식속도를 증가시키나 지나치면 오히려 부식속도를 감소시키는 것으로 나타났다. 부식속도의 최대치를 나타내는 염산의 첨가량은 온도와 염화제2철 농도에 따라 달라진다. 얻어진 측정치의 편차가 커서 최대치를 갖는 정확한 염산농도는 알

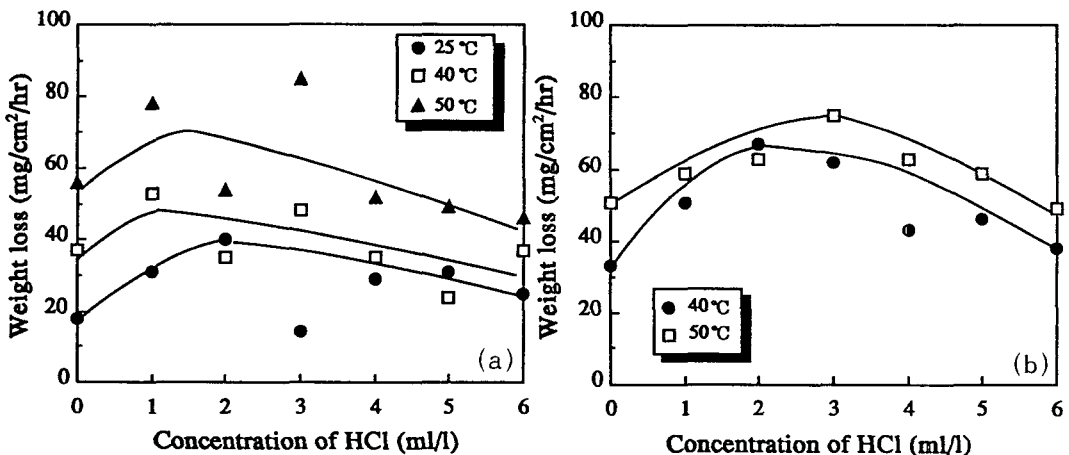


Fig. 7 Effect of corrosion rate as a function of HCl concentration in FeCl₃ solutions.

(a) 1 mol (b) 3 mol

수 없으나 대체로 1-3ml/l의 염산농도에서 최대치를 나타내며 1 mol용액보다는 3 mol용액에서 최대치를 나타내는 염산의 농도가 큰것을 알 수 있다.

일반적으로 염화제2철용액에서는 다른 염화물용액에 비해서 높은 내부마찰저항을 가지는 것으로 알려져 있는데 이 용액에 염산을 가하면 동적 점성도를 낮추는 역할을 하게 되므로 염산의 첨가량이 증가함에 따라 부식속도는 이에 동반하여 상승할 것이 기대된다.

그러나 염산의 양이 너무 커지게 되면 염산과 스테인리스강이 반응하여 생성된 반응생성물이 확산속도를 늦추게 하기 때문에 고농도의 염산에서는 오히려 부식속도가 감소하는 것으로 생각된다. 본 연구에서 측정치의 편차가 매우 심한 이유는 침적 방법에 의하여 부식감량을 측정하였으므로 공식의 생성이나 성장이 부식생성물과 표면조건 등에 영향을 크게 받아 국부적으로 부식이 심하게 일어나는 현상때문으로 생각된다. 이것은 1 mol용액에서 실험한 시편은 모든 시편의 표면에 많은 수의 작은 pit가 생성되어 불균일하게 국부부식이 일어났기 때문에 측정치의 편차가 3 mol용액보다 크게 나타났고 이에 비하여 3 mol용액에서는 표면이 거칠기는 하지만 부식이 거의 균일하게 일어났으므로 측정치의 편차가 작은 것으로 생각된다.

Fig. 8은 40℃와 50℃에서 침적가공한 시료의 표면거칠기를 염산첨가량에 따라 도시한 것이다.

염산첨가량에 따라 표면거칠기는 2-4.5 μ m의 거칠기를 갖고 있는것을 알 수 있다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 40℃에서는 염산을 첨가하지 않을때 가장 작은 Ra를 나타내고 있으며, 50℃에서는 2ml의 염산을 첨가하였을때 Ra가 3 μ m로 가장 매끈한 표면을 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

이상의 결과로 보아 염화제2철 용액에서 스테인리스강을 부식가공 할 때는 저농도 보다는 2 mol 이상이 높은 농도의 염화제2철이 적합하고 단순 염화제2철 용액보다는 염산을 2-3ml/l 첨가하는 것이 부식속도를 증가시킬 수 있다고 생각된다.

철강의 가공시 구리와 함께 가공하거나 구리를 가공한 적인 있는 용액을 사용하면 가공속도가 대단히 느려진다고 알려져있다. 이것은 용액속에 녹아 있는 구리이온의 영향으로 생각되어 구리이온의 영향을 주는 임계온도를 구하기 위한 실험을 수행하였으나 0.5 mol의 구리이온의 농도까지도 부식속도의 큰 차이는 나타나지 않았다. 더 높은 농도에서 구리이온이 부식속도에 영향을 준다고 생각할 수도 있겠으나 0.5 mol의 농도는 매우 높은농도이며 구리를 녹여서 이 정도의 농도를 만들기는 쉽지 않은 일이다. 따라서 구리이온농도가 0.5 mol 보다 높은농도에서도 부식속도에 영향을 준다고는 생각할 수 없으며 현재로는 이와 같은 실험결과의 차이는 설명이 어렵다. 다만 침적식과 분사식이 가공방법의 차이로 반응속도적인 영향을 준 것으로 추정할 수 있으나 더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

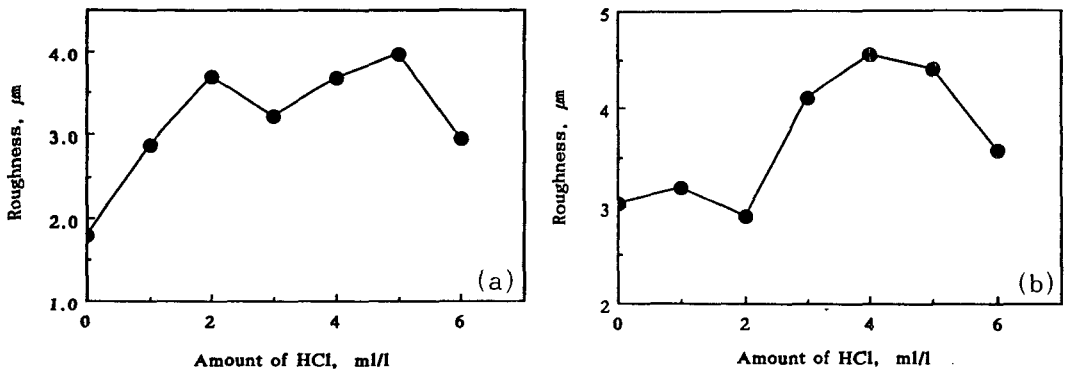


Fig. 8 Effect of HCl in 3 mol FeCl₃ solution on the surface roughness. (a) 40℃ (b) 50℃

3. 2 양면에칭

양면에칭은 STS304 판재에 PR을 양면도포하고 align한 2장의 glass mask사이에 넣은 후 노광하였다. 양면을 정확하게 align할 수 있는 aligner가 있지만 고가의 장비여서 확보하지 못한 상태이므로 glass mask를 사용하여 양면을 align하였다. 그러나 glassmask자체가 여러번 축소하고 복사하여 film으로 제작하고 그 film을 다시 glass mask에 노광하여 제작한 점과 현미경하에서 2장의 glass mask를 align하는 과정에서 육안으로 정밀하게 맞추는 과정에서 나타나는 오차가 복합되어 나타난 것으로 사료되며 약간의 오차는 피할 수 없었으나 그 오차는 photoplotter만 보완되면 충분히 극복할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 2. 1 에칭시간의 영향

Fig. 9는 양면에칭에서 에칭시간의 영향을 조사하기 위하여 $63\mu\text{m}$ 선폭을 에칭온도 40°C , 분사압력 $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 양면에칭하여 에칭된 단면을 금속현미경으로 관찰한 것으로 에칭시간이 증가함에 따라 선폭이 줄어들고 있으며 3분간 에칭한 경우에는 단면이 평활하지 못하고 중앙부가 뾰족하게 돌출된 약간의 미세칭 상태지만, 4분간 에칭한 경우에는 측면부식이 동시에 진행되어 남아있는 선폭도 줄어들지만 뾰족하게 돌출된 부분이 더 빠른 속도로 줄어들어 정상적으로 에칭이 되고 있음을 확인하였다. 에칭이 더 진행되면 뾰족하게 돌출된 부분이 없어지고 직선으로 에칭된 상태가 얻어질 것으로 사료된다.

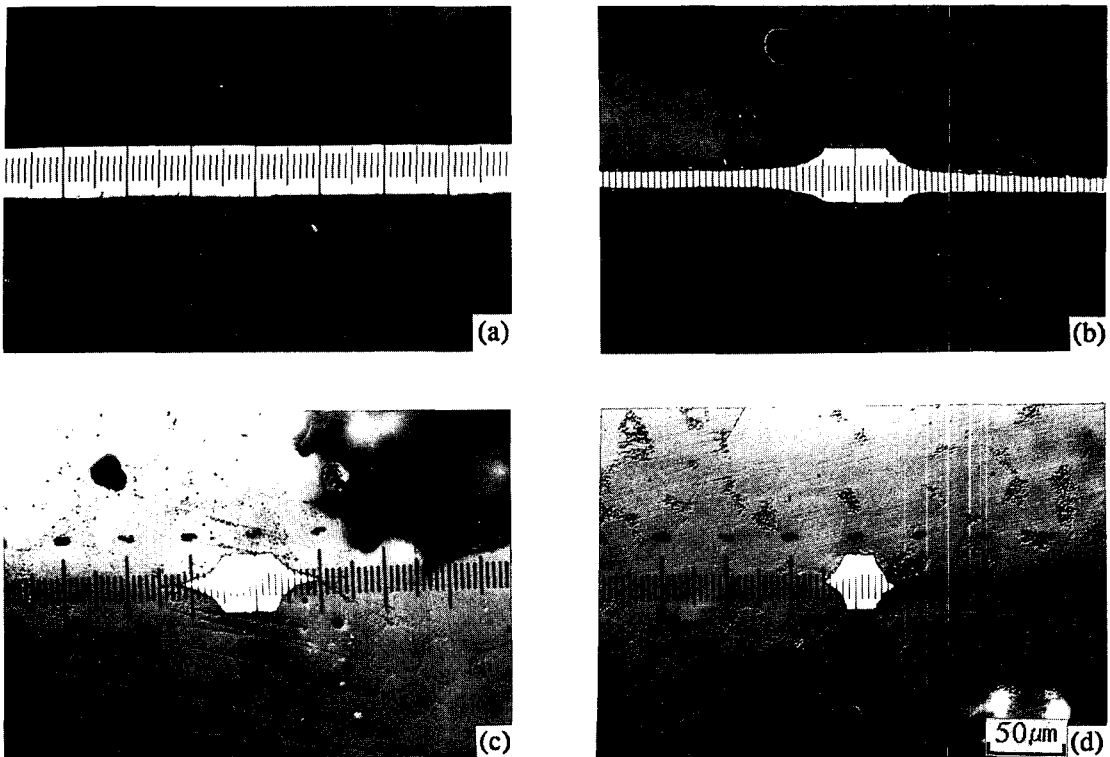


Fig. 9 Cross sections of line width $63\mu\text{m}$ double side etching (spray pressure $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$, etching temperature 40°C).
(a) 1min (b) 2min (c) 3min (d) 4min

3. 2. 2 에칭온도의 영향

Fig. 10은 양면에칭에서 에칭온도의 영향을 조사하기 위하여 63 μm 선폭을 에칭시간 3분, 분사압력 1.2kg/cm²으로 양면에칭하여 에칭된 단면을 금속현미경으로 관찰한 것으로 에칭온도가 높아짐에 따라 선폭이 줄어들고 있으며 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3분간 에칭한 경우에는 약간의 미세칭 상태지만 선폭이 30 μm 로 에칭할 수 있다. 단면의 에칭결과¹⁹⁾에서 볼때 50 μm 의 선폭을 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3분간 에칭하였을때 20 μm 의 선폭이 남아있으며 75 μm 선폭의 경우에는 40 μm 정도 남아있으므로 단면의 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나 양면에칭의 경우에는 단면에칭의 결과를 어느 정도 활용할 수는 있지만 단면에칭의 결과를 그대로 적용할 수는 없었다. 그 이유는 완전히 에칭된 상태에서 side에칭을 방지하여 얼마나 wedge를 줄이며 에칭할 수 있는냐가 정밀도 유지에 매우 중요하기 때문이다.

3. 2. 3 분사압력의 영향

Fig. 11은 양면에칭에서 에칭기의 분사압력의 변화에 따른 에칭상태를 조사하기 위하여 분사압력을 변화시키면서 에칭온도 40 $^{\circ}\text{C}$, 에칭시간 3분으로 양면에칭하여 단면을 금속현미경으로 관찰한 것으로 분사압력이 높아짐에 따라 선폭이 줄어들고 에칭상태도 양호하게 나타나고 있으며 1.5kg/cm²의 압력으로 3분간 에칭한 경우 선폭이 약 30 μm 남아있고, 분사압력이 낮은 경우에는 전형적인 미세칭 상태로 0.6kg/cm²로 에칭하였을때 선폭 45 μm 를 나타내고 있으나 분사압력이 높아짐에 따라 선폭이 급격하게 감소하고 wedge의 형상도 점점 짧아지고 있다.

이때 에칭factor를 구한 결과는 0.9-1.2정도의 값을 나타내고 있으며 당초 설계한 에칭 factor값과도 비슷하게 나타나고 있다.

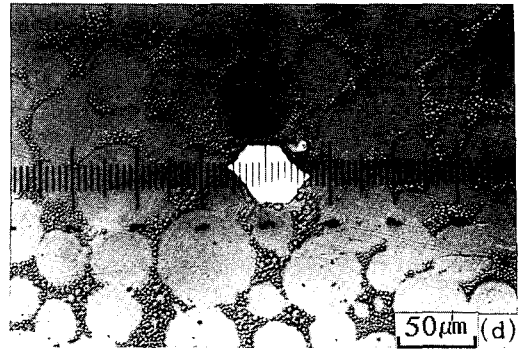
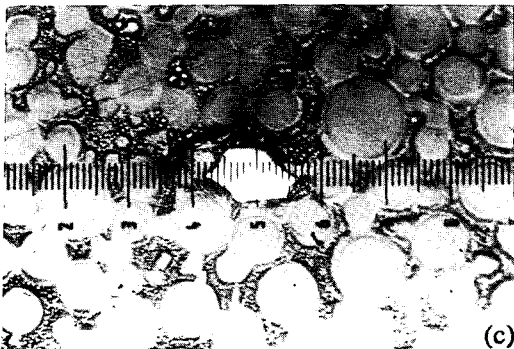
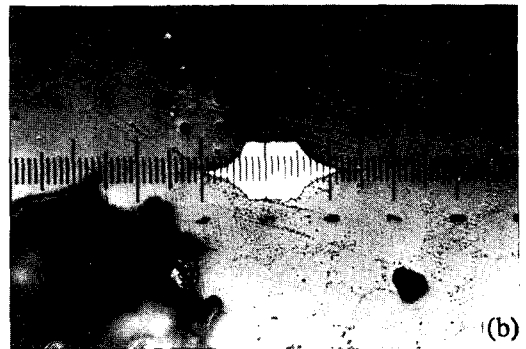
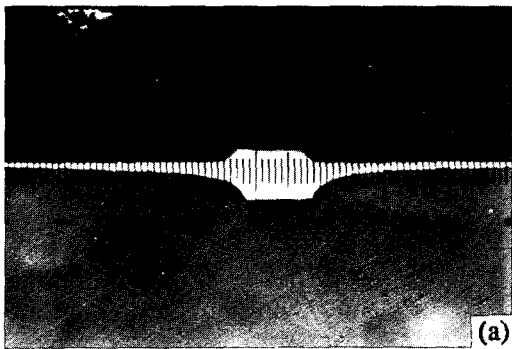


Fig. 10 Cross sections of line width 63 μm double side etching (spray pressure 1.2kg/cm², etching time 3min).
(a) 35 $^{\circ}\text{C}$ (b) 40 $^{\circ}\text{C}$ (c) 45 $^{\circ}\text{C}$ (d) 50 $^{\circ}\text{C}$

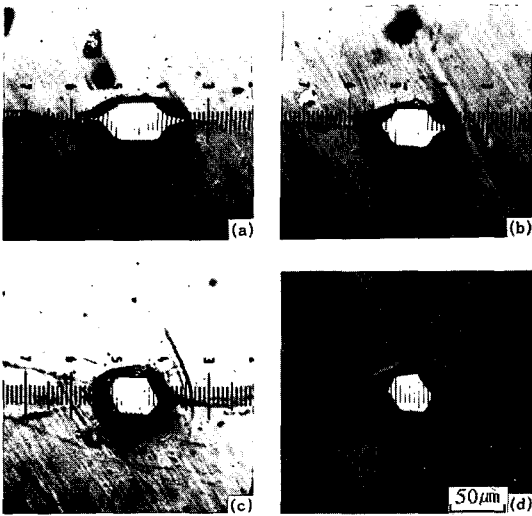


Fig. 11 Cross sections of line width 63µm double side etching (etching time 3min, etching temperature 40°C).

- (a) 0.6kg/cm² (b) 0.9kg/cm²
- (c) 1.2kg/cm² (d) 1.5kg/cm²

3. 3 grid제작

이상에서 얻어진 에칭액의 특성과 양면에칭 결과를 토대로 에칭조건에 따른 에칭상태를 다각도로 검토하여 grid를 포토에칭하여 제작하였다. 최적에칭조건은 40~45°C의 온도에서 분사압력 1.5kg/cm²일때 3~4분 에칭하면 원하는 선폭과 정밀도의 grid를 얻을 수 있었다. Fig. 12는 위의 조건으로 완전하게 에칭되어 10장의 grid가 완성된것을 나타낸 것으로 이러한 상태보다 에칭을 더하면 과에칭되어 선폭이 너무 가늘어지고 부분적으로 끊어지는 곳이 나타나 원하는 형상과 정밀도의 부품을 얻을 수 없었다.

Fig. 13은 에칭상태에 대한 단면사진을 관찰한 것으로 (a)는 미에칭되어 단면이 wedge형상의 전형적인 미에칭상태를 나타내고 있으며 (b)는 적절하게 에칭되어 단면형상이 직선적으로 나타나고 있고 이때 에칭factor를 구한 결과 0.95였으며 (c)는 과에칭되어 선폭의 중간 부분이 안쪽으로 에칭되어 들어간 단면을 잘 나타내고 있다.

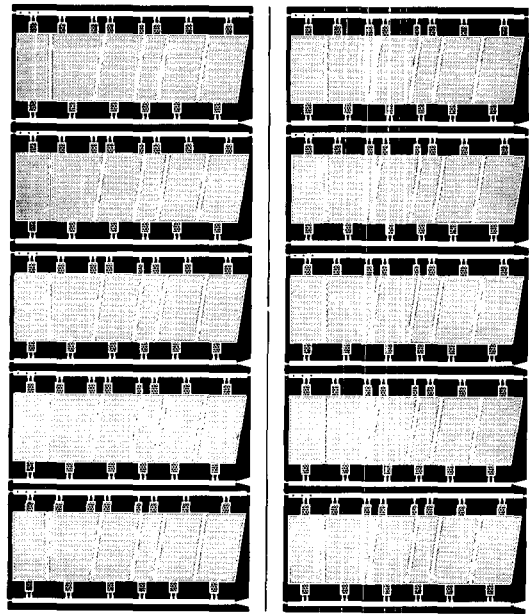


Fig. 12 Manufactured grid by mass production (proper etched).

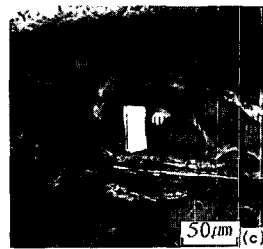
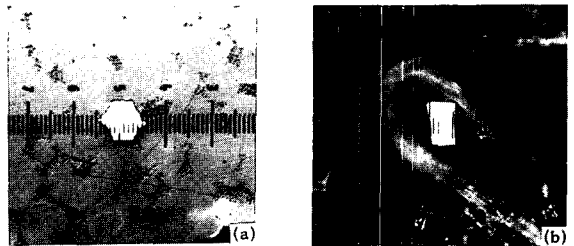


Fig. 13 Etched profiles formed in photoetching.
 (a) under etched
 (b) proper etched
 (c) over etched

4. 결 론

Photoetching 기술을 이용하여 두께 40 μ m의 STS 304판으로 grid를 제조하기 위하여 이상의 연구결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 침적법에 의하여 스테인리스강을 가공할 때에는 2 mol 이상의 염화제2철농도가 적당하다.

2) 염화제2철용액에 염산을 첨가한 경우 부식속도를 촉진시키나 너무 많은 양이 존재하면 오히려 부식속도가 감소하였다.

3) 선폭 63 μ m의 glass mask를 사용하여 양면을 align한 후 PVA base 크롬계 PR을 사용하여 에칭온도 40~45 $^{\circ}$ C, 분사압력 1.5kg/cm², 에칭시간 3~4분으로 작업하였을때 wedge를 최소화하여 선폭 25 μ m로 양면에칭할 수 있었으며 이때 에칭factor는 대략 0.9-1.2를 나타내었다.

후 기

본 연구는 1992년도 국민은행 지원자금으로 수행한 기술개발사업의 기술개발 결과중 일부로서 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Toshikazu Sato and Yoshime Tokahashi: "Aspects of the present status of PCMI in Japan", PCMI, Fall (1983) 8
2. G. W. W. Stevens: "Photofabrication at extreme resolution", Production Engineer, Dec. (1972) 15
3. "The chemistry of etching with ferric chloride", PCMI, Summer (1985) 11
4. D. M. Allen, D. F. Horne and G. W. W. Stevens: J. of Photogra. Sci., 28 (1980) 140
5. D. M. Allen, D. F. Horne and G. W. W. Stevens: "Production of high resolution photoetched stainless steel plaques", PCMI, Fall (1985) 5
6. A. D. Gosling: "The investigation of etching mechanistics using polarization technique, Part 1", PCMI, Fall (1984) 9
7. Burrows W. H. et. al: I & EC Process Design and Development, April, 3 (1964) 149
8. D. M. Allen, Hegarty and D. F. Horne: "Surface texture of annealed AISI 304SS etched by aqueous FeCl₃-HCl solutions", Trans. of Inst. of Met. Fin., 59 (1981) 25
9. R. E. Beaupre: "Observation related to etching 316 S/S and 304 S/S in partially consumed ferric chloride as a function of free acid content", PCMI, Summer (1987) 8
10. Donald F. Ball: "New techniques and development in etching uniformity", PCMI, Spring, issue #32 (1988) 3
11. William M.L ehrer and Sally K. Usher: "A comparision of analytical procedures of ferric chloride etching solution", PCMI, Spring (1986) 14
12. Toshikazu sato and Yoshimi takahashi: "Effect of mixing air with etching solution on characteristics of spray etching", PCMI, Fall (1985) 12
13. M. J. Collie: "Etching compositions and Processes", Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, (1982)
14. M. H. Fishaber and P.C.White: U. S. Patent 3,992,234.
15. D. M. Allen et al: J. of photographic Sci., 28 (1980) 140
16. D. M. Allen et al: J. of photographic Sci., 25 (1977) 254
17. D. M. Allen, D. F. Horne and G. W. W. Stevens: The J. of photographic science, 26 (1987) 72

18. A. Visser : "Spray etching of stainless steel
– The dependence of stock removal rate on
alloying elements and the effects of high
spray jet pressures and high etchant tem-
peratures", PCMI, Winter (1987) 7
19. M. Kim and J. K. Lee : J. Corros Sci. Soc.
of Korea, 24 (1995) 239